







**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ  
ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗΣ  
ΕΝΤΑΤΙΚΗΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΕΙΝΑΙ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ Η ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΟΞΥΜΕΤΡΙΑ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ  
ΠΟΥ ΥΠΟΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΟΡΘΟΠΑΙΔΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ  
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΑΓΜΑΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ; ΠΟΙΟΣ Ο ΡΟΛΟΣ  
ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗΣ ΥΠΟΞΙΑΣ ΚΑΙ  
ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΝΕΥΡΟΓΝΩΣΙΑΚΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ;**

**ΑΝΤΩΝΙΑ ΔΙΑΡΜΑΚΟΠΟΥΛΟΥ**  
Αναισθησιολόγος

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2010**



**Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από την Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα. Νόμος 5343/ /32, άρθρο 202, παράγραφος 2 (νομική κατοχύρωση του Ιατρικού Τμήματος).**

---



**Ημερομηνία αίτησης της κ. Διαρμακοπούλου Αντωνίας:** 19-6-2007

**Ημερομηνία ορισμού Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:** 612<sup>α</sup>/12-7-2007

**Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:**

Επιβλέπων

Παπαδόπουλος Γεώργιος Καθηγητής Αναισθησιολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη

Καμπίλη Μαρία Επίκουρη Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Αρναούτογλου Ελένη Λέκτορα Αναισθησιολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

**Ημερομηνία ορισμού θέματος:** 25-7-2007

*«Είναι απαραίτητη η εγκεφαλική οξυμετρία σε ασθενείς που υποβάλλονται σε ορθοπαιδικές επεμβάσεις αποκατάστασης καταγμάτων κάτω άκρων; Ποιος ο ρόλος στην πρόληψη πρόκλησης εγκεφαλικής υποξίας και την εμφάνιση νευρογνωσιακών διαταραχών»*

**Ημερομηνία ανασυγκρότησης της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:** 650<sup>α</sup>/16-12-2008

Επιβλέπων

Παπαδόπουλος Γεώργιος Καθηγητής Αναισθησιολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη

Ματσάγκας Μιλτιάδης Επίκουρος Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Αρναούτογλου Ελένη Επίκουρη Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

**ΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ :** 695<sup>α</sup>/2-11-2010

**Ασημακόπουλος Δημήτριος** Καθηγητής Ωτορινολαρυγγολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

**Μπερής Αλέξανδρος** Καθηγητής Ορθοπαιδικής Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

**Παπαδόπουλος Γεώργιος** Καθηγητής Αναισθησιολογίας Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

**Λυκούδης Ευστάθιος** Αναπληρωτής Καθηγητής Πλαστικής Χειρουργικής Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

**Ματσάγκας Μιλτιάδης** Αναπληρωτής Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής





**Ντούσιας Βασίλειος**

Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων  
Αναπληρωτής Καθηγητής Μαιευτικής -  
Γυναικολογίας με έμφαση στη Γυναικολογική  
Ογκολογία Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου  
Ιωαννίνων

**Αρναούτογλου Ελένη**

Επίκουρη Καθηγήτρια Αναισθησιολογίας Ιατρικής  
Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Έγκριση Διδακτορικής Διατριβής με βαθμό «ΑΡΙΣΤΑ» στις 29-11-2010

**ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ**

**Ιωάννης Γουδέβενος**

Καθηγητής Παθολογίας- Καρδιολογίας

**Η Γραμματέας της Σχολής**

  
**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΣΒΕΝΤΖΟΥΡΗ - ΖΩΗ**



Αφιέρωσεις

στον καθηγητή μου



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εγκεφαλική οξυμετρία, με την τεχνική της διακρανιακής εγγύς υπέρυθρης φασματοσκοπίας (NIRS), αποτελεί μια νέα μέθοδο άμεσης και μη επεμβατικής παρακολούθησης της εγκεφαλικής οξυγόνωσης. Έκανε την εμφάνισή της πριν 25 χρόνια και στην εξέλιξή της συνέβαλε σημαντικά η τεχνολογική πρόοδος και οι πολυάριθμες κλινικές μελέτες, που κατάφεραν να υπερνικήσουν την παρανόηση και τον σκεπτικισμό του παρελθόντος σχετικά με την αξία της.

Η πρώτη μου επαφή με το εγκεφαλικό οξύμετρο ήταν σε καρδιοχειρουργικούς ασθενείς, κατά τη διάρκεια της ειδικότητάς μου, όπου η αναισθησία καθοδηγούνταν όχι μόνο από ενδείξεις που αφορούσαν την καρδιά, αλλά και από ενδείξεις που πληροφορούσαν άμεσα για την οξυγόνωση του εγκεφάλου. Αμέσως προέκυψε το ερώτημα εάν η εγκεφαλική οξυμετρία ήταν απαραίτητη τόσο σε αυτή όσο και σε άλλες ομάδες ασθενών, καθώς και το όφελος των ασθενών. Μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση ήταν ολοφάνερη η βελτιωμένη έκβαση σε καρδιοχειρουργικούς, αγγειοχειρουργικούς, νευροχειρουργικούς, παιδιατρικούς και ηλικιωμένους ασθενείς με τη χρήση της εγκεφαλικής οξυμετρίας.

Μια ομάδα ασθενών με ιδιαίτερο ενδιαφέρον και για τους οποίους δεν υπήρχαν αναφορές στη βιβλιογραφία σχετικά με τη χρήση της εγκεφαλικής οξυμετρίας, είναι οι ασθενείς με κατάγματα ισχίου. Πρόκειται συνήθως για ηλικιωμένους, με πολλαπλές συνοδούς νόσους, υποογκαιμία, αναιμία, πόνο και υπεραερισμό, αρκετές δηλαδή προϋποθέσεις για φτωχή εγκεφαλική οξυγόνωση παρά το φυσιολογικό αιμοδυναμικό προφίλ.

Ευχαριστώ την τριμελή επιτροπή που μου έδωσε το θέμα αυτής της διατριβής και τη δυνατότητα πραγματοποίησης αυτής της έρευνας σε ορθοπαιδικούς ασθενείς. Αισθάνομαι ιδιαίτερα την ανάγκη να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, που με καθοδήγησε και με βοήθησε στην ολοκλήρωση της διατριβής μου, καθώς επίσης και τους συνειδικευόμενούς μου Παπαθανάκο Γεώργιο, Οικονομοπούλου Εύη και Πολίτη Στυλιανή που με βοήθησαν στη συλλογή των περιστατικών.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1.1 Το εγκεφαλικό οξύμετρο INVOS.....	17
1.2 Το φυσιολογικό εύρος τιμών του rSO <sub>2</sub> .....	21
1.3 Η συμμετρία των τιμών του rSO <sub>2</sub> μεταξύ των δύο ημισφαιρίων.....	23
1.4 Το όριο για τη διόρθωση των τιμών του rSO <sub>2</sub> .....	25
1.5 Εγκεφαλική οξύμετρία και ηλικιωμένοι ασθενείς.....	27
1.6 Ιδιαιτερότητες.....	29
2. ΣΚΟΠΟΣ.....	31
3. ΜΕΘΟΔΟΣ.....	33
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	39
4.1 Βασικές τιμές (baseline) rSO <sub>2</sub> .....	39
4.2 Κατανομή των τιμών ανάλογα με το φύλο.....	43
4.3 Παράγοντες που μπορούν να προβλέψουν τις μεταβολές στις τιμές της εγκεφαλικής οξύμετρίας.....	45
4.4 Σύγκριση με άλλες ομάδες ασθενών.....	49
4.5 Διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές τιμές rSO <sub>2</sub> .....	51
4.5.1 Σύγκριση διεγχειρητικών και μετεγχειρητικών τιμών του rSO <sub>2</sub> με baseline.....	51
4.5.2 Εγκεφαλικοί αποκορεσμοί.....	52
4.6 Σύγκριση των δεδομένων μεταξύ γενικής και υπαραχνοειδούς αναισθησίας.....	55
4.7 Mini Mental State Examination test.....	57
4.8 Χαμηλές τιμές εγκεφαλικής οξύμετρίας και έκβαση.....	59
4.9 Παρουσίαση περιστατικού με Mini Mental State Examination score=20 και με εμφανείς νευρογνωσιακές διαταραχές.....	61
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	65
5.1 Συζήτηση για τις βασικές τιμές.....	65
5.2 Συζήτηση για την διεγχειρητική και μετεγχειρητική πορεία των τιμών του rSO <sub>2</sub> και την έκβαση.....	69

6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	73
7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	75
8. ABSTRACT.....	77
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

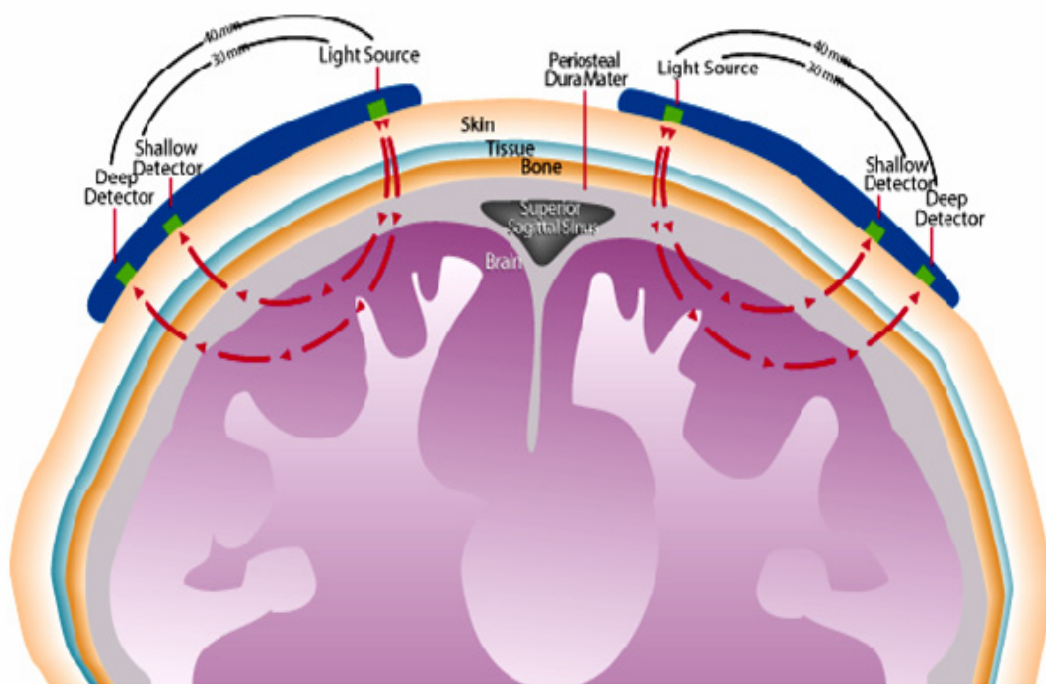
### 1.1 Το εγκεφαλικό οξύμετρο INVOS

Το εγκεφαλικό οξύμετρο INVOS είναι η συσκευή που παρέχει άμεση, συνεχή και μη επεμβατική μέτρηση της οξυγόνωσης του εγκεφάλου. Πρόκειται για νέα μέθοδο λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου που μετρά και απεικονίζει την παράμετρο rSO<sub>2</sub> (regional Saturation of Oxygen), η οποία αντιστοιχεί στην συγκέντρωση της οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης τοπικά στον εγκεφαλικό φλοιό στην περιοχή των μετωπιαίων λοβών.<sup>1-4</sup>

Η εγκεφαλική οξυμετρία για να μετρήσει τις αλλαγές στις συγκεντρώσεις της οξυαιμοσφαιρίνης τοπικά στον εγκεφαλικό φλοιό, χρησιμοποιεί τη φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου, στηριζόμενη στη θεωρία διάχυσης ή σκέδασης.<sup>5</sup> Οι καταγραφές της οπτικής διάχυσης εξαρτώνται από δύο κρίσιμα χαρακτηριστικά του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όταν αλληλεπιδρά με τον βιολογικό ιστό. Πρώτον, το φως στο εγγύς υπέρυθρο, περίπου στα 659-950 nm, απορροφάται ελάχιστα από τον βιολογικό ιστό. Τα δύο κυρίαρχα χρωμοφόρα στο εγγύς υπέρυθρο είναι η οξυγονωμένη και η μη οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη. Έτσι, στο συγκεκριμένο <<οπτικό παράθυρο>> μπορούν να παρατηρηθούν οι αλλαγές στις συγκεντρώσεις των χρωμοφώρων αυτών μορίων.<sup>6</sup> Δεύτερον, τα φωτόνια λόγω σκέδασης διαγράφουν μια καμπύλη διαδρομή σχήματος <<μπανάνας>> κατά τη διάδοσή τους μέσα στον ιστό από την πηγή στον ανιχνευτή και παρατηρείται οπτική εξασθένιση λόγω των πολλαπλών σκεδάσεων.<sup>7</sup> Ο τροποποιημένος νόμος του Beer-Lambert χρησιμοποιείται για να περιγραφεί αυτή η οπτική εξασθένιση.<sup>8</sup> Η τελική μέτρηση βασίζεται στο ότι η οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη απορροφά λιγότερο ερυθρό φως (600-750 nm) και περισσότερη υπέρυθρη ακτινοβολία (850-1000 nm) απ' ό τι η δεοξυαιμοσφαιρίνη. Έτσι η δεοξυαιμοσφαιρίνη εμφανίζει αιχμή απορρόφησης στα 740 nm ενώ η οξυαιμοσφαιρίνη όχι.<sup>9</sup>

Η εγκεφαλική οξυμετρία εκμεταλλευόμενη το γεγονός ότι το φάσμα του φωτός που απορροφά η αιμοσφαιρίνη μεταβάλλεται ανάλογα με το βαθμό της οξυγόνωσης της, χρησιμοποιεί δύο αισθητήρες ( Soma Sensors) οι οποίοι περιέχουν μία φωτεινή πηγή που εκπέμπει φωτόνια με μήκη κύματος στα 730 nm και 805 nm και δύο φωτοανιχνευτές σε απόσταση 3 cm και 4 cm αντίστοιχα από την φωτεινή πηγή. Η αβλαβής ακτινοβολία

διαπερνά το δέρμα, το κρανίο και τους υποκείμενους ιστούς. Με τους δύο φωτοανιχνευτές σε διαφορετικές αποστάσεις από την φωτεινή πηγή επιτυγχάνονται δύο μετρήσεις, μία επιφανειακή και μία εν τω βάθει. Ο πιο απομακρυσμένος ανιχνευτής μετρά τον κορεσμό σε όλο τον ιστό που διαπερνάται από τη δέσμη φωτός, συμπεριλαμβανομένου του δερματικού, του κρανιακού και του μυϊκού ιστού, καθώς και του εγκεφάλου. Ο εγγύτερος στη φωτεινή πηγή ανιχνευτής εκτελεί την ίδια μέτρηση, με τη διαφορά ότι δέχεται φως το οποίο δεν έχει διεισδύσει σε εξίσου μεγάλο βάθος. Αφαιρώντας την επιφανειακή μέτρηση από την εν τω βάθει, η συσκευή μας παρέχει τον κορεσμό του αίματος σε οξυγόνο που αφορά αποκλειστικά τον εγκεφαλικό φλοιό, εξαλείφοντας το κοινό σήμα που σχετίζεται με το δέρμα, το κρανίο και τους υποκείμενους ιστούς. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται "ανάλυση βάθους" (εικόνα 1).<sup>10</sup>



**Εικόνα 1** Σχηματική παράσταση της φωτεινής πηγής και των δύο φωτοανιχνευτών. Η αβλαβής ακτινοβολία διαπερνά το δέρμα, το οστό και τους υποκείμενους ιστούς. Με την τοποθέτηση δύο φωτοανιχνευτών σε διαφορετικές αποστάσεις από την φωτεινή πηγή επιτυγχάνονται δύο μετρήσεις, μία επιφανειακή και μία εν τω βάθει. Η διαφορά των δύο μετρήσεων εξαλείφει το κοινό σήμα που σχετίζεται με το δέρμα, τους υποκείμενους ιστούς και το κρανίο.

Η μέτρηση του rSO<sub>2</sub> είναι ανεξάρτητη από την πίεση και την θερμοκρασία<sup>11-13</sup>, δεν είναι συγχρονισμένη με την παλμικότητα του αρτηριακού παλμού αλλά συνεχής και μετράει την αιμοσφαιρίνη όλου του αγγειακού δικτύου, που κυριαρχείται από αγγεία ανταλλαγής αερίων, κυρίως φλεβίδια. Επειδή η σχέση αρτηριακού και φλεβικού αίματος είναι 15:85 και δεν υπόκειται σε μεταβολές σε συνθήκες υποξίας και υποκαπνίας, η εγκεφαλική οξυμετρία μετρά κατά προσέγγιση τον κορεσμό του φλεβικού αίματος.<sup>10</sup>

Υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ικανοποιητικό βαθμό συμφωνίας με την ιστική οξυγόνωση του εγκεφάλου, τα προκλητά σωματοαισθητικά δυναμικά και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα.<sup>14-17</sup> Η αξία της παρακολούθησης της εγκεφαλικής ιστικής οξυγόνωσης με τη συσκευή της εγκεφαλικής οξυμετρίας έχει επίσης επικυρωθεί από ταυτόχρονες αρτηριακές και σφαγιτιδικές μετρήσεις κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο, σε περιστατικά παιδιατρικά και ενηλίκων.<sup>18-21</sup> Οι μετρήσεις του rSO<sub>2</sub> αντικατοπτρίζουν την ισορροπία μεταξύ παροχής και κατανάλωσης οξυγόνου στον εγκέφαλο και παρέχουν έγκαιρη ένδειξη για ενδεχόμενη εγκεφαλική ισχαιμία.<sup>9</sup> Όταν ελαττώνεται η ροή αίματος στον εγκέφαλο, αυξάνεται η απόσπαση οξυγόνου από το αρτηριακό αίμα και επακόλουθα ελαττώνεται ο κορεσμός του φλεβικού αίματος του εγκεφάλου.

Αυτή τη στιγμή, το INVOS 4100 (ενήλικες) και το 5100 (ενήλικες + παιδιατρικοί ασθενείς) της εταιρείας Somanetics, είναι το μόνο εγκεφαλικό οξύμετρο που αναγνωρίζεται από τον αμερικανικό οργανισμό φαρμάκων (εικόνα 2).<sup>22</sup> Τα φασματόμετρα διπλού μήκους κύματος δεν μπορούν να κάνουν διακρίσεις μεταξύ των διαφόρων μορφών αιμοσφαιρίνης (π.χ. εμβρυική). Επίσης άλλα χρωμοφόρα μόρια με απορρόφηση κοντά σε εκείνη της αιμοσφαιρίνης (δηλ. bilirubin και biliverdin), μπορούν να προκαλέσουν σύγχυση στην ερμηνεία της οξυμετρίας. Τα υπέρυθρης απορρόφησης, ενδοαγγειακά μέσα αντίθεσης, όπως το πράσινο ινδοκυάνιο και το μπλε μεθυλένιο μπορούν επίσης να επηρεάσουν τις μετρήσεις του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο.<sup>23</sup>

Οι αρχικές τιμές του rSO<sub>2</sub> (baseline) ποικίλουν αρκετά μεταξύ των ασθενών, ως αποτέλεσμα των μεγάλων διαφορών στα χαρακτηριστικά της οπτικής σκέδασης και της εγκεφαλικής οξυγόνωσης.<sup>24-26</sup> Αυτό έχει συμβάλλει στην μέχρι σήμερα καθυστέρηση καθιέρωσης φυσιολογικών τιμών.



**Εικόνα 2** Εγκεφαλικό οξύμετρο INVOS.

## 1.2 Το φυσιολογικό εύρος τιμών του rSO<sub>2</sub>

Οι περιοχικές τιμές κορεσμού της αιμοσφαιρίνης (rSO<sub>2</sub>) παρουσιάζουν ευρείες διακυμάνσεις μεταξύ φυσιολογικών νευρολογικά ασθενών.<sup>27,28</sup>

Υπάρχει μια εξάρτηση των τιμών του rSO<sub>2</sub> από την ηλικία.<sup>29-31</sup> Στην έρευνα του Yaron et al οι μέσες τιμές του rSO<sub>2</sub> σε 24 νεαρούς ασθενείς ήταν 78±8 %<sup>32</sup>, στην έρευνα του Kim et al σε 44 υγιείς εθελοντές ηλικίας 20 – 36 ετών η βασική τιμή του rSO<sub>2</sub> ήταν 71±6 %<sup>33</sup>, ενώ σε έρευνα του Casati et al σε υπερήλικες ασθενείς ήταν 63±8,5 %<sup>34</sup>. Ο Edmond et al μελέτησαν 1000 καρδιοχειρουργικούς ασθενείς, ηλικίας 21 – 91 ετών, 680 άνδρες και 320 γυναίκες. Οι ασθενείς αυτοί υποβλήθηκαν σε επεμβάσεις αορτοστεφανιαίας παράκαμψης (750 ασθενείς) και αντικατάστασης βαλβίδων, αορτικής ή/και μιτροειδούς (250 ασθενείς). Η μέση βασική τιμή του rSO<sub>2</sub> ήταν 67±10%.<sup>35</sup> Ως φυσιολογικό εύρος τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας όρισαν ο Madsen et al μία κλίμακα rSO<sub>2</sub> από 55% έως 78%.<sup>36</sup>

Στην έρευνα του Kishi et al οι τιμές του rSO<sub>2</sub> παρουσίαζαν θετική συσχέτιση με τη συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης.<sup>37</sup> Παρόμοια συσχέτιση βρέθηκε και στην έρευνα των Liem et al.<sup>38</sup> Όμως, η συσχέτιση αυτή φαίνεται να ισχύει μόνο σε φυσιολογικά ή οριακά χαμηλά επίπεδα αιμοσφαιρίνης, διότι οι Sunghee et al βρήκαν ότι η νορμογκαιμική αιμοραϊώση σε πολυκυτταραιμικούς ασθενείς δεν επηρέαζε τις τιμές του rSO<sub>2</sub>.<sup>39</sup>

Στην έρευνα του Madl et al σε ασθενείς με σηπτικό shock, όταν χαμηλή αιμοσφαιρίνη (<8,56 mg/dL) συνυπήρχε με rSO<sub>2</sub> χαμηλότερο του φυσιολογικού (π.χ. <60%) τότε η μετάγγιση αύξανε και τις δυο μεταβλητές. Η μετάγγιση όμως δεν επηρέαζε τιμές rSO<sub>2</sub> > 65%. Άλλοι ερευνητές πρότειναν τη χρήση του rSO<sub>2</sub> σαν προειδοποίηση για μετάγγιση.<sup>40</sup>

Οι μεταβολές του rSO<sub>2</sub> σε σχέση με την ερυθροκυτταφαίρεση μελετήθηκε σε 16 παιδιατρικούς ασθενείς με δρεπανοκυτταρική αναιμία. Το rSO<sub>2</sub> αυξήθηκε σημαντικά με τη μετάγγιση, σε 2 ασθενείς όμως ο κορεσμός του οξυγόνου του εγκεφάλου μειώθηκε. Αυτές οι απρόσμενες παρατηρήσεις σχετίζονται πιθανώς με δυνητικά αρνητικές επιρροές του αποθέματος, στην ικανότητα των ερυθρών να μεταφέρουν οξυγόνο.<sup>38</sup>

Οι Villafane και Edmonds χρησιμοποίησαν την ιστική οξυμετρία για να εξηγήσουν τα πλεονεκτήματα της χορήγησης όγκου στην εγκεφαλική άρδευση κατά τη διάρκεια του tilt test που είχε ως αποτέλεσμα τη λίμναση φλεβικού αίματος στα κάτω άκρα και την μείωση του rSO<sub>2</sub>. Το ίδιο ισχύει και στην καρδιοχειρουργική. Η ανικανότητα των αγγειοσυσπαστικών να διορθώσουν μια μείωση του rSO<sub>2</sub> μπορεί να σημαίνει ότι ο όγκος

αίματος είναι ανεπαρκής για να υποστηρίξει την απαραίτητη ανταλλαγή αερίων στη μικροκυκλοφορία. Υπό αυτές τις συνθήκες οι χαμηλές τιμές rSO<sub>2</sub> συχνά ανταποκρίνονται σε αύξηση όγκου.<sup>41</sup>

Η χορήγηση ενδοφλέβιων αναισθητικών φαρμάκων για την εισαγωγή στην αναισθησία καταστέλλει τον εγκεφαλικό μεταβολισμό περισσότερο από την αιματική ροή με αποτέλεσμα την αύξηση του rSO<sub>2</sub>. Αντίθετα, μια αυξημένη δραστηριότητα του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια της αναισθησίας μπορεί να οδηγήσει σε πτώση του rSO<sub>2</sub>.<sup>42</sup>

Υπό συνθήκες αναισθησίας, με φυσιολογική αντιδραστικότητα των εγκεφαλικών αγγείων, μια αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> έχει ως αποτέλεσμα την διαστολή των εγκεφαλικών αγγείων και την αυξημένη ροή οξυγονωμένου αίματος σε ένα μεταβολικά κατασταλαμένο εγκέφαλο. Υπό αυτές τις συνθήκες, ακόμη και μια ήπια υπερκαπνία αυξάνει την εγκεφαλική άρδευση και την οξυγόνωση. Αρκετοί ερευνητές έχουν δείξει αύξηση του rSO<sub>2</sub> συσχετιζόμενη με υπερκαπνία, ακόμη και φαρμακοεξαρτώμενη, όπως μετά τη χορήγηση ακεταζολαμίδης, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εγκεφαλικής αιματικής ροής.<sup>43</sup>

Ο Madsen et al παρατήρησαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές στην εγκεφαλική οξυμετρία (rSO<sub>2</sub>) σε ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια σε σχέση με ασθενείς χωρίς καρδιακή ανεπάρκεια.<sup>36</sup> Θετική θεραπευτική απάντηση σχετίστηκε με σημαντική αύξηση rSO<sub>2</sub> και μικρή ή μηδενική αύξηση στις τιμές της παλμικής οξυμετρίας. Αυτή η παρατήρηση είναι σύμφωνη με τα προηγούμενα ευρήματα των Konishi και Kikuchi, ότι δηλαδή το rSO<sub>2</sub> σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τον καρδιακό δείκτη.<sup>44</sup>

Συσχετισμός μιας χαμηλής βασικής τιμής rSO<sub>2</sub> (rSO<sub>2</sub> < 50%) και φτωχής έκβασης, όπως αυξημένη επίπτωση νευρογνωσιακών διαταραχών μετεγχειρητικά και μεγαλύτερη παραμονή στην εντατική θεραπεία και στο νοσοκομείο, έχει αναφερθεί μετά από καρδιακές και μη καρδιακές επεμβάσεις.<sup>34,45</sup>

Στην έρευνα των Misra et al δεν βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ του rSO<sub>2</sub> και του φύλου, του χρώματος του δέρματος, του ύψους, του βάρους, των καπνιστών ή μη καπνιστών και της κατανάλωσης καφεΐνης σε 94 υγιείς ενήλικες.<sup>46</sup>

### 1.3 Η συμμετρία των τιμών του rSO<sub>2</sub> μεταξύ των δύο ημισφαιρίων

Κάποιος βαθμός ασυμμετρίας (2 – 4 σημεία) στις τιμές του rSO<sub>2</sub> μεταξύ δεξιού και αριστερού ημισφαιρίου είναι συχνός. Αντίθετα διαφορές >10 σημεία είναι ασυνήθιστες και υποδηλώνουν, όπως και η απότομη εμφάνιση αυτών, διαταραχή του ισοζυγίου του οξυγόνου.

Σε ασθενείς με καρωτιδική στένωση, κατά την στροφή της κεφαλής, ο Kulier et al παρατήρησαν μια μείωση στο rSO<sub>2</sub> στο αντίθετο ημισφαίριο από την καρωτιδική στένωση, ενώ αυτή η κίνηση δεν επηρέαζε το rSO<sub>2</sub> σε απουσία στένωσης. Η αξονική περιστροφή της κεφαλής σύμφωνα με τους συγγραφείς, καταλήγει σε κίνηση της πλάγιας μοίρας του ετερόπλευρου άτλαντα προς τα εμπρός, πίσω από την καρωτίδα, μόλις κάτω από την είσοδό της στο καρωτιδικό κανάλι στη βάση του κρανίου. Αν αυτή η διαδικασία παραταθεί ή αν η αρτηρία είναι προσκολλημένη στον παρακείμενο ιστό, μπορεί να συμπιεστεί από πίσω και να καταλήξει σε μείωση της ροής.<sup>47</sup>

Μεγάλες διαφορές μπορεί να προκληθούν από στένωση καρωτίδας ή ενδοκρανιακών αρτηριών, βλάβες των υποκείμενων ιστών, παλαιό έμφρακτο και εξωκρανιακές βλάβες (αιμαγγείωμα, υπερβολική συγκέντρωση υγρού στο μετωπιαίο κόλπο).<sup>48-50</sup>





## 1.4 Το όριο για τη διόρθωση των τιμών του rSO<sub>2</sub>

Δεν έχει περιγραφεί μία συγκεκριμένη ουδός των τιμών του rSO<sub>2</sub> για την οποία απαιτείται παρέμβαση, έχουν γίνει όμως προσπάθειες για τον καθορισμό μιας ισχαιμικής – υποξικής ουδού.

Αποκορεσμός κατά 10 μονάδες κάτω των βασικών τιμών ή απόλυτη τιμή κάτω του 50%, σε καρωτιδικό αποκλεισμό κατά τη διάρκεια καρωτιδικής ενδαρτηρεκτομής υπό γενική αναισθησία, συνδυάστηκε με μείωση των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών.<sup>51</sup>

Αποκορεσμός κατά 20 μονάδες κάτω των βασικών τιμών παρατηρήθηκε σε ασθενείς με ισχαιμία μετά αποκλεισμό της καρωτίδας. Σε 4 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε επέμβαση καρωτίδας με τοπική αναισθησία, παρατηρήθηκε πριν τον αποκλεισμό, αποκορεσμός της τάξης του 27 – 31% σε σχέση με τις βασικές τιμές. Στους ασθενείς αυτούς παρατηρήθηκαν νευρολογικά ελλείμματα, τα οποία αποκαταστάθηκαν μετά τη τοποθέτηση του shunt, όπως και ο αποκορεσμός.<sup>52</sup>

Στην έρευνα του Samra et al σε 10 συμπτωματικούς και 90 μη συμπτωματικούς ασθενείς, ο αποκλεισμός της καρωτίδας που σχετίστηκε με νευρολογικά συμπτώματα περιοχικής ισχαιμίας, οδήγησε τις τιμές του rSO<sub>2</sub> σε 20% μείωση κάτω από την φυσιολογική τιμή πριν τον αποκλεισμό, ενώ στους μη συμπτωματικούς ασθενείς βρέθηκε μόνο 9% μείωση. Χρησιμοποιώντας το κριτήριο της 20% μείωσης του rSO<sub>2</sub> για να προβλέψουν κλινικά ευρήματα ισχαιμίας, υπολόγισαν 2,6% ψευδώς αρνητική τιμή με ευαισθησία 80% και ειδικότητα 82%.<sup>53</sup>

Πτώση του rSO<sub>2</sub> κατά 20% παρατηρήθηκε και σε ξύπνιους ασθενείς κατά την πρόκληση κοιλιακής μαρμαρυγής για τον έλεγχο εμφυτεύσιμου απινιδωτή καρδιοανάταξης. Παρόμοιες μεταβολές παρατηρήθηκαν κατά τον έλεγχο αρνητικής δύναμης βαρύτητας και κατά τη διάρκεια του τεστ αποκλεισμού της καρωτίδας με μπαλόνι.<sup>54</sup>

Μία εναλλακτική προσέγγιση στον καθορισμό μιας ισχαιμικής οδού είναι η χρησιμοποίηση συγκεκριμένης τιμής rSO<sub>2</sub>. Στην πράξη και οι δύο προσεγγίσεις μπορεί να είναι κατάλληλες για τους περισσότερους ασθενείς. Για παράδειγμα, 20% μείωση από την φυσιολογική μέση τιμή rSO<sub>2</sub> = 67% θα ήταν rSO<sub>2</sub> = 54%, μια τιμή κοντά στην καθορισμένη ουδό του 50%. Χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε από τα δύο κριτήρια, ο χειρισμός του ασθενούς θα προσαρμοζόταν για να προληφθεί επιπλέον αποκορεσμός.<sup>9</sup>

Είναι δηλαδή η ποσοστιαία μεταβολή του  $rSO_2$  που έχει τη μεγαλύτερη σημασία και μπορεί να καταδείξει τους ασθενείς εκείνους που σε κάποια φάση της επέμβασης εμφανίζουν ελαττωματική οξυγόνωση σε βαθμό τέτοιο που να μπορεί να αποβεί επικίνδυνη.

## 1.5 Εγκεφαλική οξυμετρία και ηλικιωμένοι ασθενείς

Οι ηλικιωμένοι ασθενείς πολύ συχνά αναπτύσσουν νοητική σύγχυση και πτώση των γνωστικών λειτουργιών τους, πρώιμα μετά την επέμβαση και σε μικρότερο ποσοστό ασθενών οι αλλαγές αυτές καταλήγουν σε όψιμη γνωστική δυσλειτουργία. Η φυσιοπαθολογία αυτών των μεταβολών παραμένει άγνωστη, αλλά η ανεπαρκής οξυγόνωση του εγκεφάλου μπορεί δυνητικά να σχετίζεται.<sup>55-61</sup>

Άξια αναφοράς είναι η πολυκεντρική μελέτη των Casati et al, η οποία είχε ως σκοπό την εκτίμηση των μεταβολών του rSO<sub>2</sub> σε ομάδα ασθενών ηλικίας άνω των 65 ετών (72±5 έτη), ASA II - III, που υποβλήθηκαν σε μείζονες χειρουργικές επεμβάσεις κοιλίας με γενική αναισθησία με σεβοφλουράνιο. Μελετήθηκαν 60 ασθενείς, 35 άντρες και 25 γυναίκες, χωρίς προϋπάρχουσα εγκεφαλική παθολογία. Η μέση βασική τιμή (baseline) του rSO<sub>2</sub> ήταν 63±8%. Εγκεφαλικός αποκορεσμός παρατηρήθηκε σε 16 ασθενείς (26%). Ως εγκεφαλικός αποκορεσμός ορίστηκε η μείωση του rSO<sub>2</sub> κάτω από το 75% του baseline ή κάτω από 50%. Διαταραχή στη νοητική λειτουργία των ασθενών παρατηρήθηκε στο 40% των ασθενών με εγκεφαλικό αποκορεσμό και στο 13% των ασθενών χωρίς διεγχειρητικό εγκεφαλικό αποκορεσμό. Οι ασθενείς αυτοί παρουσίασαν αυξημένη παραμονή στο νοσοκομείο. Φαίνεται λοιπόν ότι σε έναν πληθυσμό νευρολογικά υγιών ηλικιωμένων ασθενών που υποβάλλονται σε μη-αγγειοχειρουργικές επεμβάσεις κοιλίας, μπορεί να συμβεί εγκεφαλικός αποκορεσμός σε υψηλό ποσοστό, μέχρι και σε έναν στους τέσσερις ασθενείς, και η εμφάνιση αυτού του αποκορεσμού σχετίζεται με μεγαλύτερη επίπτωση πρώιμης πτώσης των νοητικών λειτουργιών και μεγαλύτερη παραμονή στο νοσοκομείο.<sup>62</sup>

Σε συμφωνία με τα υπάρχοντα ευρήματα, ο Monk και οι συνεργάτες του εκτίμησαν τη μετεγχειρητική γνωστική δυσλειτουργία με ευαίσθητες ψυχομετρικές δοκιμασίες σε ασθενείς διαφορετικών ηλικιών. Οι νευρογνωστικές διαταραχές που παρατηρήθηκαν σε ηλικιωμένους ασθενείς συνδέθηκαν με μια μεγαλύτερη διεγχειρητική επίπτωση αποκορεσμού του rSO<sub>2</sub> και μια μεγαλύτερης διάρκειας νοσηλεία.<sup>63</sup>

Σε άλλη έρευνα, επίσης σε ηλικιωμένους ασθενείς, ο Casati παρατήρησε μια συσχέτιση μεταξύ χαμηλών βασικών τιμών του rSO<sub>2</sub> και μεγαλύτερης διάρκειας νοσηλεία. Στην έρευνα αυτή μελετήθηκε επίσης η χρησιμότητα παρακολούθησης των ασθενών με το rSO<sub>2</sub> σε 122 ασθενείς. Οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στην ομάδα ελέγχου η οθόνη του monitor δεν φαινόταν, ενώ στην ομάδα θεραπείας οι τιμές του monitor ήταν ορατές και γίνονταν θεραπευτικές προσεγγίσεις ώστε να διατηρηθεί η rSO<sub>2</sub> σε τιμές >75%

των τιμών πριν την εισαγωγή στην αναισθησία. Και στις δύο ομάδες παρατηρήθηκε αποκορεσμός του  $rSO_2$  (20 και 23% των ασθενών αντίστοιχα). Οι ασθενείς της ομάδας ελέγχου με διεγχειρητικό αποκορεσμό παρέμειναν για περισσότερο χρόνο για παρακολούθηση στη μονάδα μετεγχειρητικής φροντίδας, εμφάνισαν μεγαλύτερη μείωση του Mini Mental Score την 7<sup>η</sup> μετεγχειρητική μέρα και είχαν μεγαλύτερη διάρκεια νοσηλείας, σε σχέση με την ομάδα στην οποία οι αποκορεσμοί αντιμετωπίστηκαν.<sup>34</sup>

## 1.6 Ιδιαιτερότητες

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι αυξημένη κατανάλωση – ανάγκη σε οξυγόνο στον εγκέφαλο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα χαμηλές τιμές  $rSO_2$  ακόμη και όταν ο κορεσμός της αιμοσφαιρίνης του αρτηριακού αίματος σε οξυγόνο είναι φυσιολογικός. Αντίθετα υψηλές τιμές  $rSO_2$  μπορεί να βρεθούν εάν χρησιμοποιηθεί η οξυμετρία πάνω από μια περιοχή με έμφραγμα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ιστοί και οι νευρώνες που έχουν βλάβη ή είναι νεκρωμένοι καταναλώνουν μικρές ποσότητες οξυγόνου και έτσι δίνουν τιμές  $rSO_2$  άνω του φυσιολογικού. <sup>64</sup>

Ο Schwartz et al εξέτασαν την  $rSO_2$  σε 18 ενήλικα ανθρώπινα πτώματα και διαπίστωσαν ότι οι τιμές στο ένα τρίτο υπερέβησαν εκείνες που καταγράφηκαν προηγουμένως σε υγιή άτομα. <sup>65</sup> Κατά συνέπεια, οι συντάκτες προκάλεσαν ανησυχία με την αναφορά μιας φυσιολογικής τιμής  $rSO_2$  που προέρχονταν από ένα πτώμα. Παράλληλα ο Maeda et al εξέτασαν τον εγκεφαλικό φλεβικό κορεσμό οξυγόνου σε 214 πτώματα και βρήκαν τις τιμές να κυμαίνονται από 0,3 έως 95,1%. Τα αποτελέσματα αυτά εξαρτώνται από τη συνολική περιεκτικότητα σε αιμοσφαιρίνη, την αιτία θανάτου και τις συνθήκες αποθήκευσης των πτωμάτων. <sup>66</sup>

Είναι λοιπόν σημαντικό να γνωρίζουμε ότι ο κορεσμός οξυγόνου σε νεκρωμένο εγκέφαλο μπορεί να βρίσκεται κοντά σε φυσιολογικά όρια. Αντίθετα, ο αποκορεσμός εμφανίζεται στον εγκέφαλο που ισχαιμεί ως αποτέλεσμα ενός ανεφοδιασμού οξυγόνου που είναι ανεπαρκής σε σχέση με τις απαιτήσεις του εγκεφαλικού μεταβολισμού.

Οι μεγάλοι όγκοι αιμοσφαιρίνης στους ιστούς του κρανίου από αιμάτωμα, αιμαγγείωμα, ή τοποθέτηση αιμοστατικού επιδέσμου στο κρανίο, μπορούν να ενεργήσουν ως δεξαμενή φωτονίων και να αποτρέψουν τον προσδιορισμό του  $rSO_2$ . Εντούτοις, εκτός από αυτές τις ασυνήθιστες περιστάσεις, οι αλλαγές στην εξωκρανιακή αιματική ροή έχουν μόνο δευτερεύον αντίκτυπο στην  $rSO_2$ . <sup>48</sup>



## 2. ΣΚΟΠΟΣ

Η εγκεφαλική οξυμετρία, με την τεχνική της διακρανιακής εγγύς υπέρυθρης φασματοσκοπίας (NIRS), αποτελεί μια νέα μέθοδο μη επεμβατικής παρακολούθησης της εγκεφαλικής οξυγόνωσης.<sup>67-70</sup> Μετρά κατά προσέγγιση τον κορεσμό του φλεβικού αίματος στον εγκέφαλο (rSO<sub>2</sub>), αντανακλώντας στο ισοζύγιο προσφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου.<sup>71</sup> Έχει βρεθεί μια εξάρτηση των τιμών του rSO<sub>2</sub> από την ηλικία<sup>37</sup>, την μερική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα και την οξυγόνωση του αίματος<sup>33</sup>, την αιματική ροή στον εγκέφαλο και τις μεταβολές της δραστηριότητάς του<sup>72</sup>, τον καρδιακό δείκτη<sup>73</sup>, την αιμοσφαιρίνη<sup>74</sup> και τον όγκο πλάσματος<sup>75</sup>. Δεν έχουν επίσημα καθιερωθεί συγκεκριμένα όρια για τις φυσιολογικές τιμές του rSO<sub>2</sub>, αλλά από τις μέχρι τώρα διεξαχθείσες μελέτες ως φυσιολογικό εύρος των τιμών του rSO<sub>2</sub> θεωρείται μια κλίμακα από 55% έως 78%.<sup>9,35,36</sup>

Κλινικές μελέτες προτείνουν ότι η διακρανιακή εγκεφαλική ιστική οξυμετρία αποτελεί χρήσιμο μέσο διεγχειρητικής παρακολούθησης σε καρδιοχειρουργικούς, αγγειοχειρουργικούς και ηλικιωμένους ασθενείς. Η διεγχειρητική παρακολούθηση και διόρθωση του rSO<sub>2</sub> σε περίπτωση αποκορεσμού σε ασθενείς που υποβάλλονται σε καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις και ενδαρτηρεκτομής της καρωτίδας, όπως και σε υπερήλικες ασθενείς, σχετίζεται με σημαντική μείωση νευρολογικών βλαβών ή μείωση της διάρκειας της νοσηλείας ή και τα δύο.<sup>9,45,76</sup> Ωστόσο, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του ρόλου μέτρησης της εγκεφαλικής οξυμετρίας στην κλινική πράξη χρειάζονται περισσότερα δεδομένα για τον καθορισμό των βασικών τιμών και την αναγνώριση παραγόντων που τις επηρεάζουν σε διάφορους πληθυσμούς.<sup>9</sup>

Μια ομάδα ασθενών με ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι οι ασθενείς με κατάγματα ισχίου. Πρόκειται συνήθως για υπερήλικες, με προεγχειρητικά σχετικά χαμηλό ενδοαγγειακό όγκο, χαμηλό αιματοκρίτη, πόνο και υπεραερισμό και συνήθως πολλαπλές συνοδούς νόσους. Πέραν αυτού τα κατάγματα συνδυάζονται, αν και σπάνια, με λιπώδεις εμβολές<sup>77</sup>. Δεν υπάρχει καμία μελέτη που να συστήνει την προεγχειρητική αλλά και την διεγχειρητική παρακολούθηση με την εγκεφαλική οξυμετρία, ασθενών με κατάγματα ισχίου.

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι:

- 1) να καταγράψουμε το εύρος των βασικών τιμών (baseline) του rSO<sub>2</sub> σε ασθενείς με κατάγματα ισχίου και τους παράγοντες που επηρεάζουν τις βασικές τιμές του rSO<sub>2</sub>

- 2) να μελετήσουμε τις διαφορές μεταξύ των τιμών baseline rSO<sub>2</sub> για το δεξιό (baseline rSO<sub>2</sub> L) και το αριστερό ημισφαίριο (baseline rSO<sub>2</sub> R)
- 3) να συγκρίνουμε τις βασικές τιμές (baseline) του rSO<sub>2</sub> σε ασθενείς με κατάγματα ισχίου με τις τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> σε ειδικές ομάδες (καρδιοχειρουργικοί και ασθενείς που υποβάλλονται σε επεμβάσεις για στένωση καρωτίδας)
- 4) να μελετήσουμε διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές μεταβολές της εγκεφαλικής οξύμετρίας (εμφάνιση αποκορεσμού)
- 5) να μελετήσουμε διαφορές μεταξύ ασθενών που λαμβάνουν γενική ή υπαραχνοειδή αναισθησία
- 6) να απαντήσουμε στο κατά πόσο κρίνεται απαραίτητη η χρήση εγκεφαλικής οξύμετρίας στην ομάδα αυτών των ασθενών



### 3. ΜΕΘΟΔΟΣ

Αυτή η προοπτική, μη τυχαιοποιημένη μελέτη παρατήρησης πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστημιακό νοσοκομείο Ιωαννίνων μεταξύ Φεβρουάριου του 2008 και Νοέμβριου του 2009. Η έρευνα έγινε μετά από έγκριση της επιστημονικής επιτροπής του νοσοκομείου μας. Μετά από προεγχειρητικό έλεγχο και ενημέρωση, όλοι οι ασθενείς συναίνεσαν τόσο για το είδος της αναισθησίας όσο και για την έρευνα. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 69 ασθενείς (27 άνδρες, 42 γυναίκες) με διατροχαντήρια και υποκεφαλικά κατάγματα ισχίου που θα υποβάλλονταν σε επέμβαση αποκατάστασης.

Κριτήρια εισαγωγής ήταν τακτικά και έκτακτα περιστατικά που υποβλήθηκαν σε επέμβαση αποκατάστασης κατάγματος ισχίου, η συναίνεση των ασθενών, ασθενείς κατηγορίας ASA I-III και ηλικία πάνω από 65 έτη.

Κριτήρια αποκλεισμού ήταν η άρνηση των ασθενών για συμμετοχή στην έρευνα, ASA IV-V, νεφρική ανεπάρκεια που απαιτεί αιμοδιάλυση, κίρρωση ήπατος με ηπατική δυσλειτουργία (αυξημένα επίπεδα χολερυθρίνης ή αυξημένο INR), γνωστή άνοια ή σοβαρή ψυχιατρική νόσος, ιστορικό αλκοολισμού ή χρήσης ναρκωτικών ουσιών, πολυτραυματίες, παρουσία τραύματος στο κεφάλι ή δυσλειτουργία ΚΝΣ και ιστορικό αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου.

Προεγχειρητικά σε όλους τους ασθενείς καταγράφηκαν τα σωματομετρικά τους στοιχεία (βάρος, ύψος, φύλο, ηλικία), οι συνοδοί νόσοι, η κατάταξη κινδύνου σύμφωνα με την Αμερικανική Αναισθησιολογική Εταιρεία (ASA), η αιμοσφαιρίνη και ο αιματοκρίτης, η μέση αρτηριακή πίεση, η καρδιακή συχνότητα καθώς και το είδος της αναισθησίας (υπαραχνοειδής ή γενική ενδοτραχειακή). Η αδρή νευρολογική εξέταση των ασθενών περιλάμβανε και την εκτίμηση της γνωσιακής λειτουργίας τους, εφαρμόζοντας το Mini Mental State Examination test (MMSE test).

Κατά την προσέλευση των ασθενών στη χειρουργική αίθουσα τοποθετήθηκε ένας φλεβικός καθετήρας, ηλεκτροκαρδιογραφικό monitor πολλαπλών απαγωγών με ανάλυση του ST – διαστήματος, περιχειρίδα για την μη επεμβατική μέτρηση της αρτηριακής πίεσης, παλμικό οξύμετρο και οι αισθητήρες της εγκεφαλικής οξύμετρίας σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Σε ασθενείς με ένδειξη, τοποθετήθηκε αρτηριακός καθετήρας για την μέτρηση της αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής παροχής με την συσκευή Vigileo. Μετά την μέτρηση των βασικών τιμών της εγκεφαλικής οξύμετρίας τοποθετήθηκε μάσκα οξυγόνου τύπου Ventouri με ροή 3,5-4 lt/min.

Η μέτρηση των βασικών τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας έγινε κατά την άφιξη των ασθενών στο χειρουργείο με την συσκευή INVOS 5100C (Somanetics, Troy, Michigan, USA). Η τοποθέτηση των αισθητήρων έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Μετά από τρία λεπτά και για περίοδο ενός λεπτού πριν την χορήγηση οξυγόνου καταγράφηκαν οι τιμές του  $rSO_2$ . Η μέση τιμή αυτών των τιμών ορίστηκε ως βασική τιμή του  $rSO_2$ . Το  $rSO_2$  καταγράφονταν συνεχώς ανά 10 sec.

Το είδος της αναισθησίας επιλέχθηκε αποκλειστικά από τον αναισθησιολόγο που χορήγησε την αναισθησία, ανάλογα με τις ενδείξεις και τις αντενδείξεις, όπως επίσης και την επιθυμία του ασθενούς. Σε περίπτωση γενικής αναισθησίας, η εισαγωγή έγινε σε όλους τους ασθενείς με 1,5 mg/Kg φαιτανύλη και 1 – 2 mg/Kg προποφόλη και η μυοχάλαση με 0,6 mg/Kg ροκουρόνιο. Η διατήρηση της αναισθησίας έγινε με σεβοφλουράνιο σε δοσολογία 1 – 2,5 %, καθοδηγούμενη από το βάθος αναισθησίας που μετρήθηκε με τη συσκευή INVOS. Επιπλέον χορηγήθηκαν 2 - 3,5 mg/Kg φαιτανύλη. Ο μηχανικός ελεγχόμενος αερισμός των ασθενών έγινε με 0,4  $FiO_2$  σε αέρα, εισπνευστικό όγκο 8 ml/KgΣΒ και συχνότητα 10–12 αναπνοές/min. Ο σκοπός ήταν η διατήρηση του τελοεκπνευστικού  $CO_2$  μεταξύ 35 και 37 mmHg. Σε περίπτωση υπαραχνοειδούς αναισθησίας, η παρακέντηση έγινε με 26 G βελόνα στο διάστημα O2/O3 ή O3/O4 και χορηγήθηκαν 3,5 ml ροπιβακαΐνης 7,5 mg/ml. Οι μεταβολές στην αρτηριακή πίεση και την καρδιακή συχνότητα διατηρήθηκαν εντός 20% επί των αρχικών τιμών και στις δύο περιπτώσεις αναισθησίας.

Ως εγκεφαλική υποξία (εγκεφαλικός αποκορεσμός) ορίζεται η πτώση του  $rSO_2$  κάτω από το 75% των αρχικών τιμών (80% εάν η αρχική τιμή ήταν κάτω από 50%) για περισσότερο από 15 sec.

Η παρακολούθηση της εγκεφαλικής οξυμετρίας είχε ως σκοπό τη διατήρηση των τιμών του  $rSO_2$  κατά τη διάρκεια της αναισθησίας και μετεγχειρητικά σε τιμές άνω του 75% των αρχικών τιμών. Σε περίπτωση αποκορεσμού του  $rSO_2$ , το πρωτόκολλο παρακολούθησης των ασθενών με εγκεφαλική οξυμετρία περιλάμβανε <sup>78</sup>:

- Έλεγχο του αεραγωγού, της θέσης της κεφαλής <sup>79</sup> και του συστήματος σωλήνων αερίων
- Αύξηση της οξυγόνωσης του αίματος με αύξηση του  $FiO_2$
- Διατήρηση του  $CO_2$  στο αρτηριακό αίμα εντός των ανώτερων φυσιολογικών τιμών και αύξηση της μερικής πίεσης του τελοεκπνευστικού  $CO_2$  εάν το  $P_{E}CO_2 \leq 35$  mmHg <sup>80-82</sup>

- Αύξηση των τιμών της αρτηριακής πίεσης σε τιμές 20% άνω των αρχικών τους τιμών με τη χορήγηση όγκων (υποκατάστατα πλάσματος, σε δοσολογία 15 ml/Kg ΣΒ) και σε δεύτερο χρόνο αγγειοσυσπαστικών εάν η συστολική αρτηριακή πίεση παραμένει μικρότερη από 90 mmHg<sup>83-85</sup>
- Χορήγηση αίματος σε αιματοκρίτη < 27%<sup>86-89</sup>
- Εάν με το πρώτο βήμα δεν επιτυγχάνονταν αποδεκτές τιμές rSO<sub>2</sub> εντός 60 sec, το δεύτερο βήμα σε περίπτωση γενικής αναισθησίας περιλάμβανε την μείωση της εγκεφαλικής κατανάλωσης οξυγόνου με ενδοφλέβια bolus χορήγηση προποφόλης (0,5 mg/Kg)
- Σε περίπτωση αιμοδυναμικής αστάθειας, μέτρηση της καρδιακής παροχής μέσω της αρτηριακής γραμμής ή με διοισοφάγειο Doppler

Μετεγχειρητικά οι ασθενείς παρακολουθήθηκαν με την εγκεφαλική οξυμετρία για το χρονικό διάστημα που παρέμειναν στην ανάνηψη.

Οι μετεγχειρητικές καταγραφές αφορούσαν τις τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης την πρώτη και δεύτερη μετεγχειρητική ημέρα, τον χρόνο παραμονής στο νοσοκομείο, την εμφάνιση σύγχυσης ή διέγερσης και την χορήγηση φαρμακευτικής αγωγής για την αντιμετώπισή της, καθώς και την επανεκτίμηση της γνωσιακής λειτουργίας των ασθενών εφαρμόζοντας το MMSE test μια εβδομάδα μετεγχειρητικά. Όταν η παραμονή στο νοσοκομείο ήταν μικρότερη από 7 ημέρες, το MMSE test αξιολογούνταν την τελευταία ημέρα παραμονής στο νοσοκομείο, η οποία και καταγράφονταν. Η διενέργεια του MMSE test έγινε σε όλους τους ασθενείς από τον ίδιο γιατρό. Μείωση στο MMSE test  $\geq 2$  points από την αρχική τιμή, θεωρήθηκε δείκτης μείωσης της γνωσιακής λειτουργίας<sup>62</sup>. Σοβαρές αναπνευστικές, καρδιαγγειακές, χειρουργικές ή νευρολογικές επιπλοκές που απαιτούσαν ξεχωριστή αντιμετώπιση, καταγράφονταν επίσης.

Καθώς πρόκειται για μια μελέτη παρατήρησης (όχι τυχαιοποιημένη, όχι διπλή τυφλή) δεν πραγματοποιήθηκε ανάλυση ισχύος για την εκτίμηση του μεγέθους του δείγματος. Τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε ηλεκτρονική μορφή. Η ανάλυση όλων των δεδομένων έγινε με το ηλεκτρονικό πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης SPSS v. 17 for Windows (SPSS Inc, Chicago, IL). Η κανονικότητα των δεδομένων εκτιμήθηκε με το Kolmogorov–Smirnov τεστ. Ανάλογα με την κατανομή των δεδομένων, συνεχή δεδομένα συγκρίθηκαν με το Student's t test ή το Mann-Whitney U test. Συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών έγιναν με τη βοήθεια του Pearsons' r. Σημαντικό για όλες τις συγκρίσεις θεωρήθηκε το  $p < 0,05$ . Ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε για να εντοπίσει

παράγοντες που σχετίζονται με τις βασικές τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας και να αναλύσει τη σχετική συμμετοχή αυτών των παραγόντων στη μεταβλητότητα των παρατηρούμενων baseline rSO<sub>2</sub> τιμών. Διαγράμματα διασποράς που παρουσιάζουν τις συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων παραγόντων δημιουργήθηκαν με το πρόγραμμα ‘Statistica’ version 7 statistical software package (StatSoft Inc, Tulsa, Oklahoma, USA). Ανάλογα με την κατανομή των δεδομένων, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± τυπική απόκλιση (mean ± SD) ή ως κεντρική τιμή (μέγιστη, ελάχιστη τιμή).

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΟΙΑΣ (MINI MENTAL STATE EXAMINATION TEST)**

<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗ</b>	<b>ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ</b>	<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΑΣΘΕΝΟΥΣ</b>
<b>ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ</b>	Ζητούμε από τον άρρωστο να πεί /καθορίσει: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Χρόνο,εποχή,ημερομηνία,μέρα,μήνα</li> <li>• Πόλη,νομό,χώρα,νοσοκομείο,πάτωμα</li> </ul>	<b>5</b> <b>5</b>	
<b>ΕΓΧΑΡΑΞΗ</b>	Δίνουμε τα ονόματα 3 αντικειμένων και αμέσως ζητούμε από τον άρρωστο να τα επαναλάβει.	<b>3</b>	
<b>ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ</b>	Ζητούμε να κάνει συνεχιζόμενες αφαιρέσεις του 7 από το 100 (σταματούμε στις 5 απαντήσεις). Εναλλακτικά ζητούμε να συλλαβίσει μια λέξη αντίστροφα (“πέτρα”).	<b>5</b>	
<b>ΑΝΑΚΛΗΣΗ</b>	Ζητούμε να επαναλάβει τα ονόματα των αντικειμένων που του δώσαμε προηγουμένως.	<b>3</b>	
<b>ΟΜΙΛΙΑ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Να ονομάσει ένα μολύβι και ένα ρολόι που του δείχνουμε.</li> <li>• Να επαναλάβει τις λέξεις “παιδί, κλειδί, κλαδί”.</li> <li>• Να διαβάσει και να κάνει το παρακάτω “κλείσε τα μάτια σου”.</li> <li>• Να γράψει μια πρόταση.</li> <li>• Να κάνει μια τριπλή παραγγελία:“πάρε ένα χαρτί με το δεξί σου χέρι, δίπλωσέ το στη μέση και ακούμπησέ το στο πάτωμα”.</li> <li>• Να αντιγράψει το παρακάτω σχήμα:</li> </ul>	<b>2</b> <b>1</b> <b>1</b> <b>1</b> <b>3</b> <b>1</b>	
	<b>ΣΥΝΟΛΟ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ</b>	<b>30</b>	



## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 4.1 Βασικές τιμές (baseline) rSO<sub>2</sub>

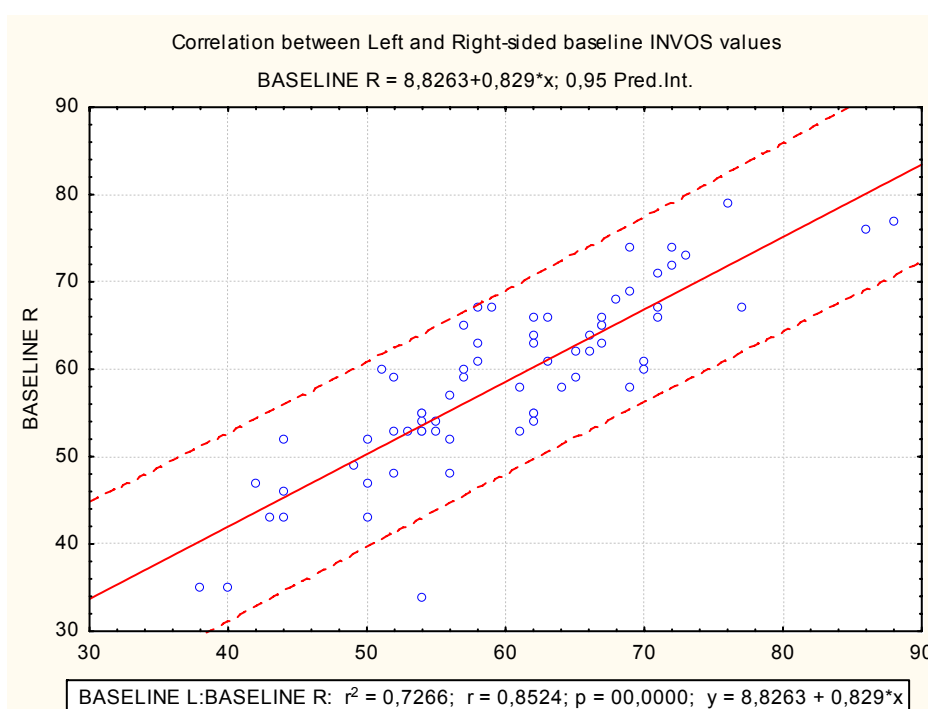
Μελετήθηκαν 69 ασθενείς, 27 άνδρες (39,1%) και 42 γυναίκες (60,9%) με μέση ηλικία 74 ±13 έτη. Το 50% των ασθενών είχε ηλικία κάτω από 75 έτη, ενώ το 75% των ασθενών είχε ηλικία κάτω των 83 ετών. Από τους 69 ασθενείς οι 19 (27,5%) ανήκουν στην κατηγορία ASA I, οι 27 (39,1%) στην κατηγορία ASA II και οι 23 (33,3 %) στην κατηγορία ASA III. Όσον αφορά τις συνοδούς νόσους, 21 ασθενείς (30,4 %) είχαν ιστορικό καρδιακής νόσου, 11 ασθενείς (15,9 %) χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), 15 ασθενείς σακχαρώδη διαβήτη (21,7%) και 10 ασθενείς (14,5%) ιστορικό αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Τα βιομετρικά στοιχεία των ασθενών, οι προεγχειρητικές τιμές αιματοκρίτη και αιμοσφαιρίνης όπως επίσης και το baseline rSO<sub>2</sub> για το αριστερό (baseline rSO<sub>2</sub> L) και δεξιό ημισφαίριο (baseline rSO<sub>2</sub> R) συνοψίζονται στον πίνακα 1.

**Πίνακας 1** Βιομετρικά στοιχεία ασθενών με κατάγματα ισχίου, αιμοσφαιρίνη, αιματοκρίτης και βασικές τιμές εγκεφαλικής οξυμετρίας.

	Mean ± SD	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Κεντρική τιμή
Ηλικία (έτη)	74,38 ± 13,26	30	101	75
Βάρος (Kg)	68,14 ± 11,59	45	110	68
Ύψος (cm)	161,13 ± 8.28	145	186	160
BMI	26,22 ± 3,91	18,73	40,06	26,5
Προεγχειρητικός Ht (%)	35,91 ± 4,77	25	46,9	35,85
Προεγχειρητική Hb (gr/dl)	11,84 ± 1,77	8,4	16,2	11,95
Baseline rSO <sub>2</sub> L (%)	60,09 ± 10,20	38	88	58,50
Baseline rSO <sub>2</sub> R (%)	58,64 ± 9,92	34	79	59

mean = μέση τιμή, SD = τυπική απόκλιση

Η μικρότερη τιμή του baseline rSO<sub>2</sub> L είναι 38 και του baseline rSO<sub>2</sub> R 34. Η μεγαλύτερη τιμή του baseline rSO<sub>2</sub> L είναι 88 και του baseline rSO<sub>2</sub> R 79. Η μέση τιμή του baseline rSO<sub>2</sub> L είναι 60,09 ± 10,20 και η μέση τιμή του baseline rSO<sub>2</sub> R 58,64 ± 9,92. Οι τιμές τόσο του baseline rSO<sub>2</sub> L όσο και του baseline rSO<sub>2</sub> R έχουν κανονική κατανομή. Η συσχέτιση Pearson έδειξε μια σημαντική θετική σχέση μεταξύ baseline rSO<sub>2</sub> L και baseline rSO<sub>2</sub> R ( r=0,85, p<0,001) (εικόνα 3). Ο συσχετισμένος έλεγχος t μεταξύ των μέσων τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> L και του baseline rSO<sub>2</sub> R έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους (p=0,03 δίπλευρη).



**Εικόνα 3** Γράφημα διασποράς που δείχνει τη σχέση μεταξύ baseline rSO<sub>2</sub> L και baseline rSO<sub>2</sub> R.

Το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> μικρότερο του 55, ήταν 31,9% για το αριστερό ημισφαίριο και 34,8% για το δεξιό ημισφαίριο. Το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> μικρότερο του 50, ήταν 11,6% για το αριστερό ημισφαίριο και 17,4% για το δεξιό ημισφαίριο. Το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> μικρότερο του 45, ήταν 10,1% για το αριστερό ημισφαίριο και 8,7% για το δεξιό ημισφαίριο (πίνακες 2 και 3). Το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> μεγαλύτερο του 78 ήταν 2,89% για το αριστερό ημισφαίριο και 1,45% για το δεξιό ημισφαίριο (πίνακας 2).



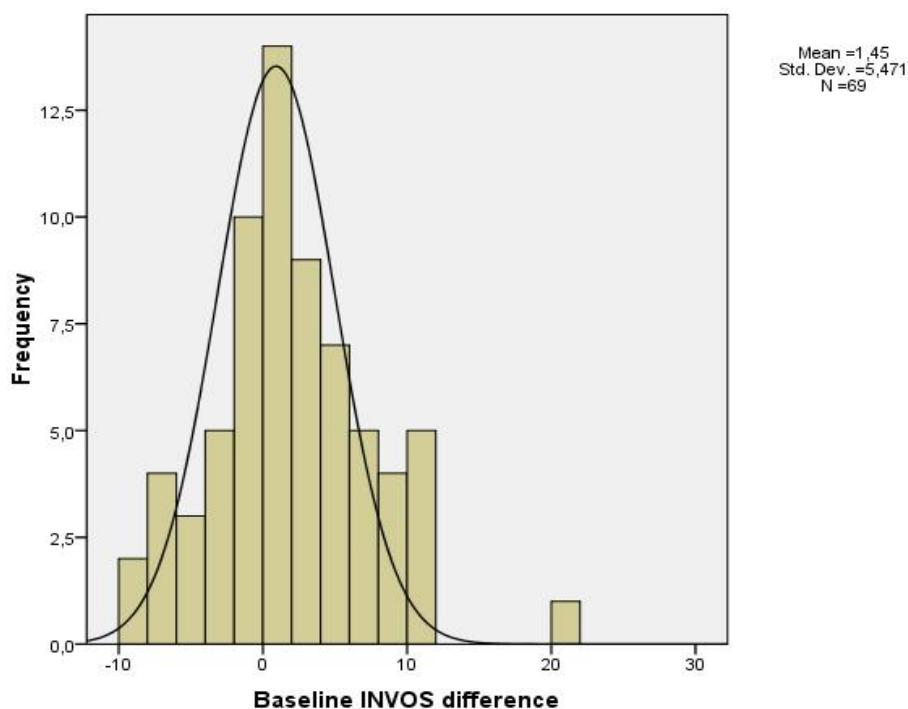
**Πίνακας 2** Συχνότητα εμφάνισης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> στο αριστερό και στο δεξιό ημισφαίριο.

Τιμές rSO <sub>2</sub> (%)	Συχνότητα		Ποσοστιαία συχνότητα		Αθροιστική ποσοστιαία συχνότητα	
	L	R	L	R	L	R
34		1		1,4		1,4
35		2		2,9		4,3
38	1		1,4		1,4	
40	1		1,4		2,9	
42	1		1,4		4,3	
43	1	3	1,4	4,3	5,8	8,7
44	3		4,3		10,1	
46		1		1,4		10,1
47		2		2,9		13,0
48		2		2,9		15,9
49	1	1	1,4	1,4	11,6	17,4
50	3		4,3		15,9	
51	1		1,4		17,4	
52	3	3	4,3	4,3	21,7	21,7
53	1	6	1,4	8,7	23,2	30,4
54	6	3	8,7	4,3	31,9	34,8
55	2	4	2,9	5,8	34,8	40,6
56	3		4,3		39,1	
57	3	1	4,3	1,4	43,5	42,0
58	3	3	4,3	4,3	47,8	46,4
59	1	3	1,4	4,3	49,3	50,7
60		3		4,3		55,1
61	2	3	2,9	4,3	52,2	59,4
62	6	2	8,7	2,9	60,9	62,3
63	2	3	2,9	4,3	63,8	66,7
64	1	2	1,4	2,9	65,2	69,6
65	2	3	2,9	4,3	68,1	73,9
66	2	4	2,9	5,8	71,0	79,7
67	4	4	5,8	5,8	76,8	85,5
68	1	1	1,4	1,4	78,3	87,0
69	3	1	4,3	1,4	82,6	88,4
70	2		2,9		85,5	
71	3	1	4,3	1,4	89,9	89,9
72	2	1	2,9	1,4	92,8	91,3
73	1	1	1,4	1,4	94,2	92,8
74		2		2,9		95,7
76	1	1	1,4	1,4	95,7	97,1
77	1	1	1,4	1,4	97,1	98,6
79		1		1,4		100,0
86	1		1,4		98,6	
88	1		1,4		100,0	

**Πίνακας 3** Ποσοστό ασθενών με τιμές baseline rSO<sub>2</sub> <55%, <50%, <45% και >78%.

	Baseline rSO <sub>2</sub> R (%)	Baseline rSO <sub>2</sub> L (%)
< 55	34,8	31,9
< 50	17,4	11,6
< 45	8,7	10,1
>78	2,89	1,45

Οι διαφορές στις τιμές μεταξύ baseline rSO<sub>2</sub> L και baseline rSO<sub>2</sub> R (baseline rSO<sub>2</sub> L - baseline rSO<sub>2</sub> R) στους 69 ασθενείς με κατάγματα ισχίου παριστάνονται στο γράφημα της εικόνας 4. Η μέση τιμή της διαφοράς [baseline rSO<sub>2</sub> L - baseline rSO<sub>2</sub> R] είναι mean = 1.45, η τυπική απόκλιση SD = 5.47 και το εύρος των διαφορών [baseline rSO<sub>2</sub> L - baseline rSO<sub>2</sub> R] κυμαίνεται από 0 έως 20 μονάδες. Η κατανομή των διαφορών είναι κανονική. Διαφορά >5 μονάδες μεταξύ των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> των δύο ημισφαιρίων είχε το 30,43% των ασθενών και διαφορά ≥10 μονάδες το 8,69%. Η μεγαλύτερη διαφορά που παρατηρήθηκε ήταν 20 μονάδες σε έναν ασθενή, 11 σε δύο ασθενείς και 10 σε τρεις ασθενείς, χωρίς να υπάρχει εμφανής αιτία για την πρόκληση αυτών των παρατηρούμενων διαφορών.



**Εικόνα 4** Γραφική αναπαράσταση της διαφοράς των τιμών μεταξύ baseline rSO<sub>2</sub> L και baseline rSO<sub>2</sub> R.

#### 4.2 Κατανομή των τιμών ανάλογα με το φύλο

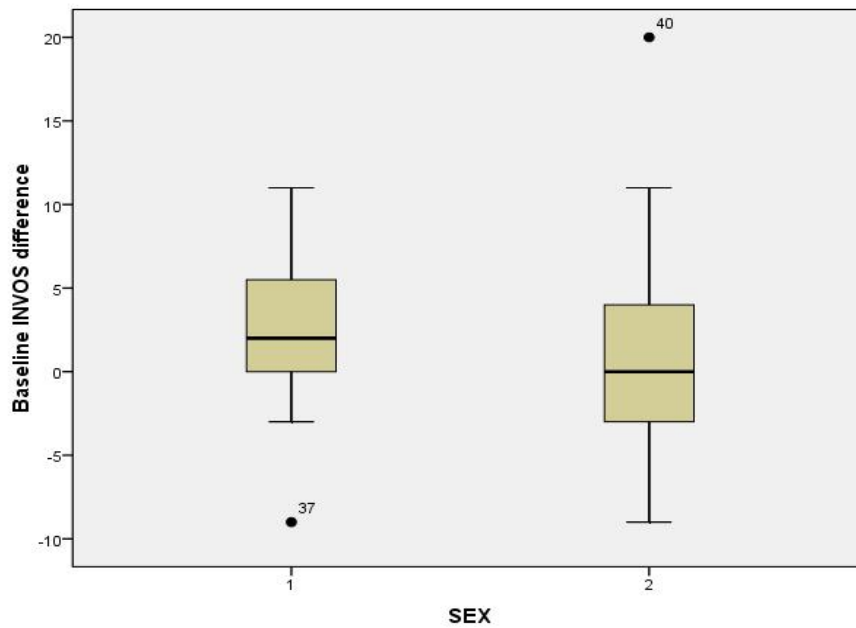
Οι γυναίκες είχαν μεγαλύτερη ηλικία ( $p=0,05$ ), χαμηλότερο σωματικό βάρος ( $p<0,05$ ) και χαμηλότερο ύψος ( $p<0,001$ ) σε σχέση με τους άνδρες. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών ως προς την αιμοσφαιρίνη, τον αιματοκρίτη και την κατηγορία ASA ( $p>0,05$ ). Όσον αφορά τις τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο φύλων ( $p>0,05$ ).

**Πίνακας 4** Σύγκριση βιομετρικών στοιχείων, αιματοκρίτη, αιμοσφαιρίνης, βασικών τιμών rSO<sub>2</sub> και κατάταξης κατά ASA, μεταξύ ανδρών και γυναικών.

	Άνδρες (mean ± SD)	Γυναίκες (mean ± SD)
Ηλικία (έτη)	71,18 ± 16,52	77,89 ± 6,71
Βάρος (kg)	72,36 ± 10,33	64,89 ± 11,63
Ύψος (cm)	167,71 ± 4,75	156,76 ± 7,24
BMI	25,71 ± 3,26	26,34 ± 4,06
Προεγχειρητικός Ht (%)	35,99 ± 5,95	35,80 ± 3,91
Προεγχειρητική Hb (gr/dl)	11,81 ± 1,95	11,83 ± 1,48
Baseline rSO <sub>2</sub> L (%)	62,36 ± 10,00	58,00 ± 10,33
Baseline rSO <sub>2</sub> R (%)	60,25 ± 9,12	57,05 ± 10,59

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως mean ± SD

Οι διαφορές baseline rSO<sub>2</sub> L - baseline rSO<sub>2</sub> R μεταξύ των δύο φύλων απεικονίζονται στην εικόνα 5. Δεν διαφέρουν μεταξύ ανδρών και γυναικών ( $p < 0.206$ ) και δεν βρέθηκε καμία συσχέτιση με την ηλικία.



**Εικόνα 5** Απεικόνιση σε θηκόγραμμα των διαφορών του baseline rSO<sub>2</sub> μεταξύ δεξιού και αριστερού ημισφαιρίου, στους άνδρες (ομάδα 1, n = 27) και στις γυναίκες (ομάδα 2, n = 42) που υποβλήθηκαν σε ορθοπαιδική επέμβαση. Θηκόγραμμα = 50% των τιμών, μαύρη γραμμή στο θηκόγραμμα = διάμεσος, γραμμές εκατέρωθεν θηκογράμματος = διάστημα διασποράς για το 99% των τιμών.

### 4.3 Παράγοντες που μπορούν να προβλέψουν τις μεταβολές στις τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> L και του βάρους (r=0,086, p=0,49), του ύψους (r=0,083, p=0,51) και του BMI (r=0,042, p=0,735).

Παρατηρήθηκε σημαντική θετική σχέση μεταξύ του baseline rSO<sub>2</sub> L και του προεγχειρητικού αιματοκρίτη (r=0,50, p<0,001). Ασθενείς με υψηλότερες τιμές προεγχειρητικού αιματοκρίτη είχαν υψηλότερες τιμές baseline rSO<sub>2</sub> L. Ο μη συσχετισμένος έλεγχος t έδειξε ότι στο αριστερό ημισφαίριο οι ασθενείς με τιμές baseline rSO<sub>2</sub> < 55 είχαν σημαντικά χαμηλότερο προεγχειρητικό αιματοκρίτη συγκριτικά με τους ασθενείς που είχαν τιμές baseline rSO<sub>2</sub> ≥ 55 (33,11 ± 3,99 έναντι 37,21 ± 4,57, p = 0,001).

Σημαντική θετική σχέση παρατηρήθηκε και μεταξύ SpO<sub>2</sub> και baseline rSO<sub>2</sub> L (r = 0,587, p<0,001) (εικόνα 6).

Βρέθηκε επίσης μια αρνητική σχέση μεταξύ του baseline rSO<sub>2</sub> L και της ταξινόμησης κατά ASA (r=-0,42, p<0,001), καθώς επίσης και μεταξύ του baseline rSO<sub>2</sub> L και της ηλικίας (r=-0,39, p=0,001).

Από την βηματική πολλαπλή παλινδρόμηση (πίνακας 5) προκύπτει ότι από τις πιθανές μεταβλητές πρόβλεψης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> L, ο προεγχειρητικός αιματοκρίτης και το SpO<sub>2</sub> είναι θετικές μεταβλητές πρόβλεψης (B=0,31 και B=0,41 αντίστοιχα), ενώ η ταξινόμηση κινδύνου κατά ASA και η ηλικία είναι αρνητικές μεταβλητές πρόβλεψης (B= -0,18 και B= -0,24 αντίστοιχα). Το φύλο επηρεάζει επίσης τις προβλεπόμενες τιμές baseline rSO<sub>2</sub> L: οι γυναίκες γενικά έχουν χαμηλότερες τιμές. Ο προεγχειρητικός αιματοκρίτης είναι υπεύθυνος για το 23 % της διακύμανσης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> L (R<sup>2</sup>=0,23). Ο προεγχειρητικός αιματοκρίτης μαζί με το SpO<sub>2</sub> είναι υπεύθυνοι για το 44 % της διακύμανσης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> L (R<sup>2</sup>=0,44). Ο συνδυασμός προεγχειρητικός αιματοκρίτης μαζί με το SpO<sub>2</sub> και μαζί με την ηλικία είναι υπεύθυνος για το 51,3 % της διακύμανσης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> L (R<sup>2</sup>=0,513). Η προσθήκη της ταξινόμησης κατά ASA αυξάνει την πολυπλοκότητα του μοντέλου παλινδρόμησης χωρίς όμως να το βελτιώνει ουσιαστικά (αυξάνει το R<sup>2</sup> από 0,513 σε 0,532) και αυτό το αποτέλεσμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό (p=0,063). Όλες οι μεταβλητές πρόβλεψης είναι σημαντικές σε επίπεδο 5% (πίνακες 5 και 6).

**Πίνακας 5** Βηματική πολλαπλή παλινδρόμηση μεταβλητών πρόβλεψης για τις τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> L.

Μεταβλητές	Πολλαπλό R	B	Std. error	Beta	T	p
			B			
SpO <sub>2</sub>	0,67	1,8	0,4	0,41	4,5	<0,001
Ht	0,49	0,67	0,19	0,31	3,54	0,001
ASA	0,73	-2,27	1,2	-0,18	-1,9	> 0,05
Age	0,75	-0,18	0,07	-0,24	-2,65	< 0,05

**Πίνακας 6** Ποσοστό στο οποίο ο αιματοκρίτης, η κατάταξη ASA και το φύλο μπορούν να επηρεάσουν/προβλέψουν τις τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> L.

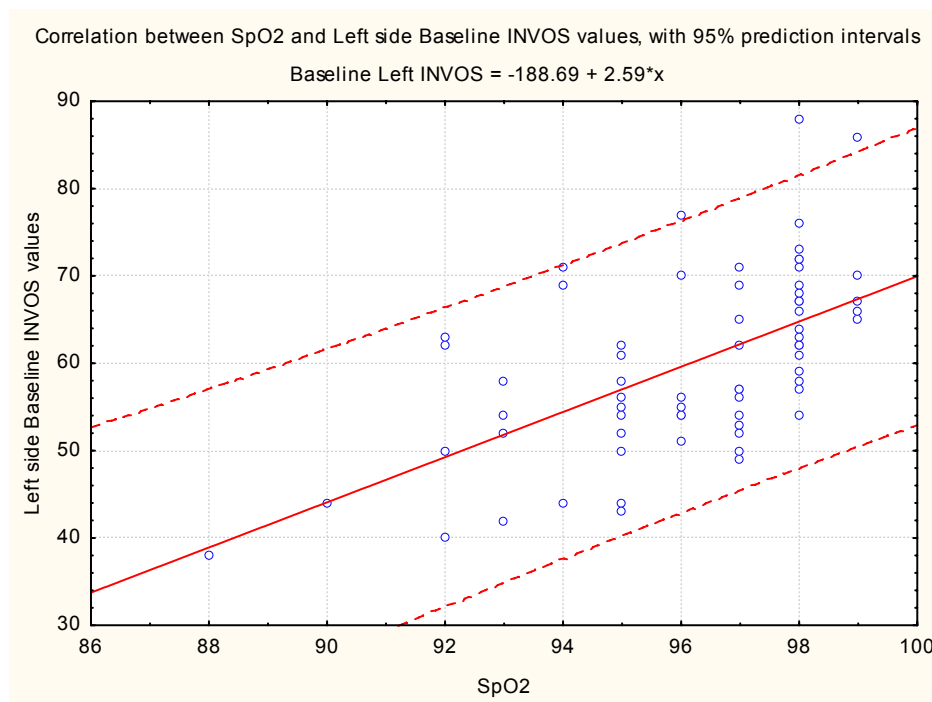
Μεταβλητές	Προσαρμοσμένο	p
	R <sup>2</sup>	
Ht	0,23	0,001
Ht + SpO <sub>2</sub>	0,44	<0,001
Ht + SpO <sub>2</sub> + Age	0,51	0,01
Ht + SpO <sub>2</sub> + Age + ASA	0,53	0,063

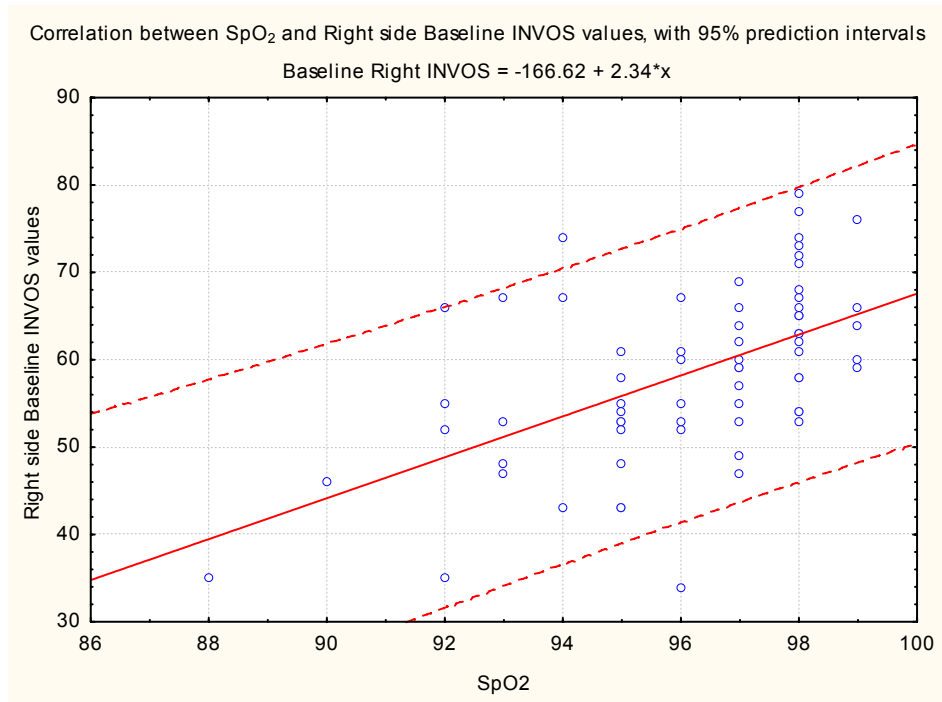
Ομοίως και για το δεξιό ημισφαίριο, δεν παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> R και του βάρους (r=0,097, p=0,437), του ύψους (r=0,042, p=0,736) και του BMI (r=0,082, p=0,51).

Η ανάλυση με το Pearson's r έδειξε ότι υπάρχει πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ SpO<sub>2</sub> και baseline rSO<sub>2</sub> R (Pearson's r = 0,547, p < 0,001)(εικόνα 6). Η απλή συσχέτιση Pearson έδειξε επίσης ότι οι τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> R εμφανίζουν θετική συσχέτιση με τον

προεγχειρητικό αιματοκρίτη ( $r = 0,541$ ,  $p < 0,0001$ ) και αρνητική με την ηλικία ( $r = -0,334$ ,  $p < 0,005$ ) και την κατάταξη κατά ASA ( $r = -0,455$ ,  $p < 0,0001$ ).

Η ανάλυση παλινδρόμησης έδειξε ότι το SpO<sub>2</sub>, ο αιματοκρίτης, η κατάταξη κατά ASA και η ηλικία, είναι σημαντικοί παράγοντες πρόβλεψης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> R. Το SpO<sub>2</sub> ( $B=0,473$ ,  $p < 0,001$ ) και ο προεγχειρητικός αιματοκρίτης ( $B=0,49$ ,  $p < 0,001$ ) παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με τις τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> R, ενώ η κατάταξη κατά ASA ( $B=-0,382$ ,  $p < 0,01$ ) και η ηλικία ( $B=-0,272$ ,  $p < 0,01$ ) αρνητική. Επομένως, αυξημένες τιμές SpO<sub>2</sub> και προεγχειρητικού αιματοκρίτη σχετίζονται με υψηλότερες τιμές baseline rSO<sub>2</sub> R, ενώ η μεγάλη ηλικία και η μεγάλη κατάταξη κατά ASA σχετίζονται με χαμηλές τιμές baseline rSO<sub>2</sub> R. Ο προεγχειρητικός αιματοκρίτης μπορεί να προβλέψει το 28,8% της μεταβλητότητας των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> R και με την προσθήκη της κατάταξης κατά ASA το 42,4% ( $\text{Adjusted } R^2 = 0,424$ ,  $p < 0,0001$ ).





**Εικόνα 6** Συσχέτιση SpO<sub>2</sub> με baseline rSO<sub>2</sub> L και baseline rSO<sub>2</sub> R.



#### 4.4 Σύγκριση με άλλες ομάδες ασθενών

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις βασικές τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας στις τρεις ομάδες ασθενών που μελετήθηκαν στην κλινική μας για να ακολουθήσει η μεταξύ τους σύγκριση.

Η ομάδα των ορθοπαιδικών ασθενών απαρτίζονταν από μεγαλύτερο ποσοστό γυναικών, ενώ στην ομάδα των καρδιοχειρουργικών όπως και στην ομάδα των αγγειοχειρουργικών ασθενών υπερίσχυαν οι άνδρες. Οι ασθενείς με κατάγματα ισχίου είχαν μεγαλύτερη ηλικία συγκριτικά με τις άλλες δύο ομάδες. Οι βασικές τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας ήταν χαμηλότερες στους ορθοπαιδικούς ασθενείς, τόσο στο αριστερό όσο και στο δεξιό εγκεφαλικό ημισφαίριο, σε σύγκριση με τους καρδιοχειρουργικούς και πολύ περισσότερο με τους αγγειοχειρουργικούς ασθενείς.

**Πίνακας 7** Δημογραφικά δεδομένα και τιμές baseline rSO<sub>2</sub> L και baseline rSO<sub>2</sub> R των καρδιοχειρουργικών, των αγγειοχειρουργικών και των ορθοπαιδικών ασθενών.

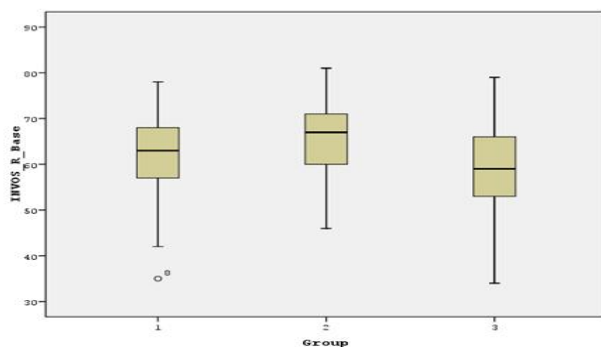
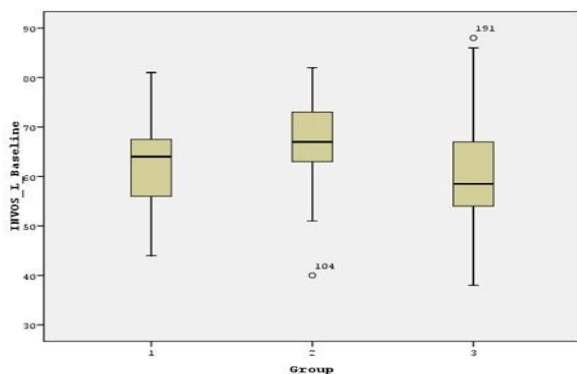
	Καρδιοχειρουργικοί ασθενείς (n=100)	Αγγειοχειρουργικοί ασθενείς (n=57)	Ορθοπαιδικοί ασθενείς (n=69)
Άνδρες/γυναίκες	70/30	46/11	27/42
Ηλικία	65,72±11,04	71,05±8,69	74,38 ± 13,26
Ht	38,9 ± 4,3	40 ± 2,77	35,91 ± 4,77
Baseline rSO <sub>2</sub> L	63,25 ± 7,28	66,81 ± 8,17	60,09 ± 10,20
Baseline rSO <sub>2</sub> R	62,25 ± 8,04	65,91 ± 8,06	58,64 ± 9,92

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως mean ± SD

Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) χρησιμοποιήθηκε για να συγκρίνει τις τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> μεταξύ ασθενών που υποβλήθηκαν σε ορθοπαιδική επέμβαση αποκατάστασης κατάγματος ισχίου (ομάδα 3), σε αγγειοχειρουργική επέμβαση στις καρωτίδες (ομάδα 2) και σε επέμβαση καρδιάς (ομάδα 1). Οι τιμές του baseline rSO<sub>2</sub>

στους ορθοπαιδικούς ασθενείς, είναι σημαντικά χαμηλότερες ( $p < 0,001$ ) σε σύγκριση τόσο με τους καρδιοχειρουργικούς όσο και με τους αγγειοχειρουργικούς ασθενείς.

Στην εικόνα 7 απεικονίζονται γραφικά σε θηκογράμματα οι τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> L και του baseline rSO<sub>2</sub> R για τις τρεις ομάδες ασθενών της κλινικής μας.



**Εικόνα 7** Διαγράμματα κατανομής των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> για το δεξιό και αριστερό ημισφαίριο σε καρδιοχειρουργικούς (αριστερά), αγγειοχειρουργικούς (μέση) και ασθενείς με κατάγματα ισχίου (δεξιά). Θηκόγραμμα = 50% των τιμών, μαύρη γραμμή στο θηκόγραμμα = διάμεσος, γραμμές εκατέρωθεν θηκογράμματος = διάστημα διασποράς για το 99% των τιμών. Ομάδα 1 = καρδιοχειρουργικοί ασθενείς, Ομάδα 2 = αγγειοχειρουργικοί ασθενείς, Ομάδα 3 = ορθοπαιδικοί ασθενείς.

## 4.5 Διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές τιμές rSO<sub>2</sub>

### 4.5.1 Σύγκριση διεγχειρητικών και μετεγχειρητικών τιμών του rSO<sub>2</sub> με baseline

Μετά την εισαγωγή στην αναισθησία παρατηρείται μια σημαντική αύξηση των τιμών του rSO<sub>2</sub> τόσο για το δεξιό, όσο και για το αριστερό ημισφαίριο ( $p < 0,001$ ). Οι τιμές του rSO<sub>2</sub> στα 20 λεπτά μετά την εισαγωγή στην αναισθησία και στο τέλος της χειρουργικής επέμβασης, όπως επίσης και στην ανάνηψη, είναι σημαντικά υψηλότερες συγκριτικά με τις βασικές και στα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια ( $p < 0,05$ ).

Οι ελάχιστες τιμές που καταγράφηκαν διεγχειρητικά ήταν  $50,36 \pm 9,7$  (27 - 65) για το rSO<sub>2</sub> R και  $51,36 \pm 9,47$  (32 - 64) για το rSO<sub>2</sub> L (πίνακας 8).

**Πίνακας 8** Μέσες τιμές, σταθερή απόκλιση και εύρος τιμών του baseline rSO<sub>2</sub>, του rSO<sub>2</sub> 20 λεπτά μετά την εισαγωγή στην αναισθησία, στο τέλος της επέμβασης και στην ανάνηψη, όπως επίσης των μέγιστων και ελάχιστων τιμών που καταγράφηκαν διεγχειρητικά.

	Δεξιό ημισφαίριο	Αριστερό ημισφαίριο	p
Baseline rSO <sub>2</sub> (%)	$58,64 \pm 9,91$ [34-79]	$60,09 \pm 10,2$ [38-88]	0,031
Μέγιστο rSO <sub>2</sub> (%)	$72,25 \pm 9,02$ [52-90]	$73,39 \pm 8,92$ [55-89]	>0,05
Ελάχιστο rSO <sub>2</sub> (%)	$50,36 \pm 9,7$ [27-73]	$51,36 \pm 9,47$ [32-77]	0,017
rSO <sub>2</sub> στα 20' (%)	$61,99 \pm 8,88^*$ [36-78]	$62,86 \pm 9,0^*$ [44-87]	>0,05
rSO <sub>2</sub> τέλος (%)	$61,14 \pm 9,51^*$ [37-86]	$62,03 \pm 9,18^*$ [35-86]	>0,05
rSO <sub>2</sub> ανάνηψης (%)	$63,42 \pm 11,18^*$ [28-86]	$64,33 \pm 10,60^*$ [34-89]	>0,05

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως mean  $\pm$  SD

\*  $p < 0,05$  μεταξύ των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> και του rSO<sub>2</sub> στα σημεία μέτρησης 20 λεπτά μετά την εισαγωγή στην αναισθησία, στο τέλος της επέμβασης και στην ανάνηψη.

Ο συσχετισμένος έλεγχος t μεταξύ του rSO<sub>2</sub> L και του rSO<sub>2</sub> R έδειξε ισχυρότατη συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης  $> 0,8$ ) στα σημεία μέτρησης.

Από τον ίδιο έλεγχο προέκυψε ότι οι τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> καθώς και οι ελάχιστες τιμές του rSO<sub>2</sub> μεταξύ των δύο ημισφαιρίων διαφέρουν σημαντικά ( $p = 0,031$  και  $p = 0,017$  αντίστοιχα) μεταξύ τους, χωρίς ωστόσο αυτό να είναι κλινικά σημαντικό.

Σε όλα τα άλλα χρονικά σημεία μέτρησης (20 λεπτά μετά την εισαγωγή στην αναισθησία, στο τέλος της επέμβασης και στην ανάνηψη) οι τιμές του rSO<sub>2</sub> L και του rSO<sub>2</sub> R δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ( $p > 0,05$ ).

#### 4.5.2 Εγκεφαλικοί αποκορεσμοί

Το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> μικρότερο του 50, ήταν 11,6% για το αριστερό ημισφαίριο και 17,4% για το δεξιό ημισφαίριο. Το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> μικρότερο του 45, ήταν 10,1% για το αριστερό ημισφαίριο και 8,7% για το δεξιό ημισφαίριο.

Τιμές rSO<sub>2</sub> <50% ή <75% των βασικών τιμών διεγχειρητικά εμφανίστηκε στο 38% των ασθενών στο αριστερό ημισφαίριο και στο 45% στο δεξιό ημισφαίριο (πίνακας 9). Με την ανίχνευσή του, ο αποκορεσμός αντιμετωπίστηκε άμεσα, εφαρμόζοντας το πρωτόκολλο που αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο (αύξηση οξυγόνου, αύξηση διοξειδίου, αύξηση αρτηριακής πίεσης, χορήγηση όγκων, αγγειοσυσπαστικών και αίματος). Σημειώνεται ότι τα επεισόδια του αποκορεσμού δεν βρέθηκε να σχετίζονται με ταυτόχρονη μείωση των τιμών της παλμικής οξυμετρίας.

Μείωση των τιμών του rSO<sub>2</sub> > 10 μονάδες παρατηρήθηκε στο 34,78 % των ασθενών για το αριστερό και στο 30,43 % για το δεξιό ημισφαίριο.

Ελάχιστες τιμές rSO<sub>2</sub> <50% εμφάνισε το 40% των ασθενών στο αριστερό ημισφαίριο και το 50% των ασθενών στο δεξιό ημισφαίριο.

**Πίνακας 9** Ποσοστό ασθενών με τιμές baseline rSO<sub>2</sub> < 50%, <45%, όπως επίσης με διεγχειρητική πτώση του rSO<sub>2</sub> >10 μονάδες.

	< 50	< 45	Πτώση rSO <sub>2</sub> > 10 μονάδες
Baseline rSO <sub>2</sub> L	11,6	10,1	
Baseline rSO <sub>2</sub> R	17,4	8,7	
Διεγχειρητικό rSO <sub>2</sub> L *	37,68	15,94	34,78
Διεγχειρητικό rSO <sub>2</sub> R*	44,93	18,84	30,43
Μετεγχειρητικό rSO <sub>2</sub> L	5,8	2,89	
Μετεγχειρητικό rSO <sub>2</sub> R	11,6	4,35	

\* Τιμές rSO<sub>2</sub> <50% ή <75% των βασικών τιμών διεγχειρητικά

Στην ανάλυση το ποσοστό των ασθενών με τιμές rSO<sub>2</sub> <50% ή <75% ήταν 5,8% για το αριστερό και 11,6% για το δεξιό ημισφαίριο, ενώ rSO<sub>2</sub> <45% είχε το 2,89% των ασθενών στο αριστερό ημισφαίριο και το 4,35% στο δεξιό ημισφαίριο. Οι διαφορές με τις αντίστοιχες βασικές και διεγχειρητικές τιμές είναι σημαντικές (p <0,001).



#### 4.6 Σύγκριση των δεδομένων μεταξύ γενικής και υπαραχνοειδούς αναισθησίας

Γενική αναισθησία έλαβαν 52 ασθενείς και υπαραχνοειδή αναισθησία 17 (πίνακας 10).

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στα βιομετρικά στοιχεία, στον προεγχειρητικό αιματοκρίτη, όπως επίσης και στον μετεγχειρητικό αιματοκρίτη ( $p>0,05$ ). Δεν παρατηρήθηκαν επίσης διαφορές ως προς τις βασικές τιμές εγκεφαλικής οξυμετρίας μεταξύ των δύο ομάδων ( $p>0,05$ ).

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις τιμές του  $rSO_2$  στα σημεία μέτρησης: 20 λεπτά μετά την εισαγωγή στην αναισθησία, στο τέλος της επέμβασης και στην ανάνηψη (πίνακες 10 και 11).

Δεν παρατηρήθηκε επίσης σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στις ελάχιστες τιμές του  $rSO_2$  που καταγράφηκαν διεγχειρητικά και στη διάρκεια εμφάνισής τους.

Οι ημέρες παραμονής στο νοσοκομείο μεταξύ των ασθενών που έλαβαν γενική ή υπαραχνοειδή αναισθησία, δεν εμφάνισαν καμία σημαντική διαφορά ( $p >0,05$ ).

**Πίνακας 10** Βιομετρικά στοιχεία, βασικές τιμές του rSO<sub>2</sub> καθώς και στα σημεία μέτρησης, ελάχιστες και μέγιστες τιμές, διάρκεια ελάχιστης τιμής και χρόνος παραμονής στο νοσοκομείο.

	Γενική (n=52)	Υπαραχνοειδής (n=17)	P
Φύλο(άνδρες/γυναίκες)	20 / 32	7 / 10	
Ηλικία	73,81 ± 14,52	76,12 ± 8,38	0,423
Βάρος	67,06 ± 9,88	71,47 ± 15,65	0,287
Προεγχειρητικός Ht	35,82 ± 4,8	36,18 ± 4,82	0,79
Μετεγχειρητικός Ht	33,41 ± 3,86	31,5 ± 1,3	0,212
Baseline rSO <sub>2</sub> L(%)	59,73 ± 10	61,18 ± 11	0,637
Baseline rSO <sub>2</sub> R (%)	58,23 ± 9,85	59,88 ± 10	0,568
Ελάχιστο rSO <sub>2</sub> L (%)	50,83 ± 9,32	53 ± 10	0,415
Ελάχιστο rSO <sub>2</sub> R (%)	50,06 ± 9,79	51,29 ± 9,67	0,652
Διάρκεια ελάχιστου rSO <sub>2</sub> L (%)	49,9 ± 42,54	51,18 ± 24,6	0,91
Μέγιστο rSO <sub>2</sub> R (%)	72,96 ± 9,07	70,06 ± 8,74	0,252
rSO <sub>2</sub> L στα 20' (%)	62,79 ± 8,56	63,06 ± 10,53	0,915
rSO <sub>2</sub> R στα 20' (%)	61,83 ± 8,96	62,47 ± 8,86	0,797
rSO <sub>2</sub> L ανάνηψη (%)	65,38 ± 10,39	61,12 ± 10,9	0,151
rSO <sub>2</sub> R ανάνηψη (%)	64,48 ± 11,48	60,18 ± 9,81	0,17
Ημέρες παραμονής	9,90 ± 4,53	8,94 ± 2,54	0,41

Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως mean ± SD

**Πίνακας 11** Εύρος τιμών rSO<sub>2</sub> L και rSO<sub>2</sub> R στα σημεία μέτρησης και εύρος ελάχιστων τιμών rSO<sub>2</sub>, ανάλογα με το είδος της αναισθησίας.

	Γενική		Υπαραχνοειδής	
	rSO <sub>2</sub> L	rSO <sub>2</sub> R	rSO <sub>2</sub> L	rSO <sub>2</sub> R
Baseline rSO <sub>2</sub>	40-88	34-79	38-86	35-76
20 λεπτά μετά εισαγωγή	44-87	36-78	47-79	48-77
Τέλος επέμβασης	35-86	37-86	45-76	47-71
Ανάνηψη	34-89	28-86	39-78	37-76
Min rSO <sub>2</sub>	32-77	27-73	32-68	31-64
Max rSO <sub>2</sub>	57-89	52-90	55-88	56-82



#### 4.7 Mini Mental State Examination test

Στο σύνολο των ασθενών μας το MMSE score κυμάνθηκε από  $26,23 \pm 2,77$  πριν την επέμβαση, σε  $25,94 \pm 2,52$  μία εβδομάδα μετεγχειρητικά. Προεγχειρητικές και μετεγχειρητικές τιμές δεν παρουσίασαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ( $p=0,326$ ).

Mini mental state examination test  $< 23$  προεγχειρητικά καταγράφηκε σε 6 ασθενείς (8,69%). Πρόκειται για ασθενείς που προεγχειρητικά είχαν  $rSO_2 < 50\%$ . Μετεγχειρητικά σε 4 από αυτούς αυξήθηκε και σε 2 παρέμεινε σταθερό, χωρίς να ξεπεράσει σε κανέναν το 23.

Μετεγχειρητική μείωση της νευρογνωσιακής λειτουργίας (μείωση του MMSE  $> 2$  μονάδες) παρατηρήθηκε σε 9 ασθενείς (13,04%). Νευρογνωσιακή διαταραχή μετεγχειρητικά (MMSE  $< 23$ ) εμφάνισαν επίσης 9 ασθενείς (13,04%).

Το Mini mental state examination test μειώθηκε μετεγχειρητικά σε 21 ασθενείς (30,43%), αυξήθηκε σε 19 ασθενείς (27,54%), ενώ παρέμεινε σταθερό σε 29 ασθενείς (42,03%).

Από τους ασθενείς που εμφάνισαν έστω και έναν αποκορεσμό διεγχειρητικά ( $rSO_2 < 50\%$ ), τουλάχιστον σε ένα εγκεφαλικό ημισφαίριο, το 23,53% εμφάνισε νευρογνωσιακές διαταραχές μετεγχειρητικά (MMSE test  $< 23$  μονάδες), ενώ στο 20,59% παρατηρήθηκε επιδείνωση της νευρογνωσιακής λειτουργίας (μείωση MMSE test  $> 2$  μονάδες).

Οι ασθενείς που παρουσίασαν μετεγχειρητική νευρογνωσιακή διαταραχή, σε σύγκριση με εκείνους που δεν εμφάνισαν, είχαν προεγχειρητικά χαμηλότερο αιματοκρίτη, αιμοσφαιρίνη,  $SpO_2$  και χαμηλότερες τιμές  $rSO_2$  σε όλες τις χρονικές στιγμές μέτρησης. Ο χρόνος παραμονής στο νοσοκομείο μετεγχειρητικά καθώς και η εμφάνιση σύγχυσης ή διέγερσης και η λήψη φαρμάκων για την αντιμετώπισή τους δεν διαφέρουν μεταξύ ασθενών που εμφάνισαν και ασθενών που δεν εμφάνισαν νευρογνωσιακές διαταραχές μετεγχειρητικά.

Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις τιμές του MMSE test μεταξύ ασθενών που έλαβαν γενική και υπαραχοειδή αναισθησία ( $p > 0,05$ ).



#### 4.8 Χαμηλές τιμές εγκεφαλικής οξυμετρίας και έκβαση

Στο σύνολο των ασθενών, η ανάλυση παλινδρόμησης δεν έδειξε καμία συσχέτιση μεταξύ των τιμών baseline rSO<sub>2</sub> και της έκβασης των ασθενών (ημέρες παραμονής στο νοσοκομείο, εμφάνιση διέγερσης ή σύγχυσης). Ανάλογα ευρήματα προέκυψαν και με το Pearson's correlation Kendall's tau, καθώς και με το Spearman's rho.

Δεν προέκυψε επίσης καμία συσχέτιση μεταξύ χαμηλών τιμών baseline rSO<sub>2</sub> (<55%) και παραμονής στο νοσοκομείο ή εμφάνισης μετεγχειρητικής διέγερσης.

Ωστόσο, ο μη συσχετισμένος έλεγχος t έδειξε ότι οι ασθενείς με baseline rSO<sub>2</sub> < 55% (22 ασθενείς) είχαν σημαντικά χαμηλότερο προεγχειρητικό αιματοκρίτη ( $33,11 \pm 3,99$  έναντι  $37,21 \pm 4,57$ ,  $p < 0,001$ ) και σημαντικά χαμηλότερες ελάχιστες, μέγιστες, διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές (ανάνηψη) τιμές rSO<sub>2</sub> σε σύγκριση με τους ασθενείς με baseline rSO<sub>2</sub>  $\geq 55\%$  (47 ασθενείς) ( $p < 0,05$ ). Επιπλέον, οι ασθενείς με baseline rSO<sub>2</sub> < 55% (μη παραμετρικός έλεγχος - Mann-Whitney test) χρειάστηκαν μεγαλύτερο αριθμό φαρμάκων για την αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής διέγερσης όταν εκδηλώθηκε. Ωστόσο, η παραμονή στο νοσοκομείο δεν διέφερε μεταξύ αυτών των δύο ομάδων.

Επίσης, η έκβαση μεταξύ ομάδων ασθενών μελετήθηκε και με τη δοκιμασία t-test. Και η δοκιμασία αυτή έδειξε ίδια ευρήματα, ακριβώς όπως και ο έλεγχος συσχέτισης. Δεν υπήρξε δηλαδή καμία διαφορά ως προς την έκβαση (ημέρες παραμονής στο νοσοκομείο, εμφάνιση σύγχυσης/διέγερσης) μεταξύ ασθενών των οποίων το rSO<sub>2</sub> έπεσε κάτω από 50 ή κάτω από 45, σε σύγκριση με εκείνους στους οποίους δεν έπεσε.



#### 4.9 Παρουσίαση περιστατικού με Mini mental score = 20 και με εμφανείς νευρογνωσιακές διαταραχές<sup>90</sup>

Ασθενής 75 ετών με κάταγμα ισχίου παραπέμφθηκε για επείγουσα ημιολική αρθροπλαστική. Στο ιστορικό της αναφέρονταν ήπια χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, μη ινσουλινοεξαρτώμενος σακχαρώδης διαβήτης και αρτηριακή υπέρταση. Κατά την άφιξη στο χειρουργείο ήταν εμφανής η νευρογνωσιακή διαταραχή καθώς η αδρή νευρολογική εξέταση με το mini mental state examination test άγγιζε τις 20 μονάδες και η ασθενής εμφάνιζε δυσarthρία. Οι κύριες εργαστηριακές διαταραχές ήταν: προεγχειρητικός αιματοκρίτης 27 %, αιμοσφαιρίνη 9 g/dl και γλυκόζη ορού 160 mg/dl. Η ασθενής αντιμετωπίστηκε σαν επείγον περιστατικό. Επιπρόσθετα, αποκλείστηκαν κλινικές καταστάσεις που σχετίζονται με υπερπυρεξία (συμπεριλαμβανομένου λοίμωξης), ηλεκτρολυτικές διαταραχές και εκτεταμένο αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Η κλινική εικόνα της ασθενούς αποδόθηκε σε εγκεφαλική υποάρδευση στο γενικό πλαίσιο της απώλειας αίματος και της μικροαγγειοπάθειας του σακχαρώδη διαβήτη ή σε πιθανή λιπώδη εμβολή.

Το εγκεφαλικό οξύμετρο (INVOS 5100) χρησιμοποιήθηκε για ταυτόχρονη, αμφοτερόπλευρη παρακολούθηση της εγκεφαλικής ιστικής οξυγόνωσης, τοπικά στον μετωπιαίο λοβό (rSO<sub>2</sub>). Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν στο μέτωπο, ένας σε κάθε πλευρά, με τέτοιο τρόπο ώστε οι πηγές φωτός να απέχουν τουλάχιστον 3 cm από τη μέση γραμμή. Οι βασικές τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας ήταν 44% στο αριστερό και 46% στο δεξιό ημισφαίριο και το SpO<sub>2</sub> 96% (εικόνα 8A). Το βασικό monitoring χρησιμοποιήθηκε καθόλη τη διάρκεια του χειρουργείου, συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (απαγωγή II), της καρδιακής συχνότητας (HR) και της παλμικής οξυμετρίας. Η αρτηριακή πίεση μετριόνταν μη επεμβατικά με μεσοδιαστήματα των 2 λεπτών. Τα χρονοδιαγράμματα των μεταβολών της μέσης αρτηριακής πίεσης (MAP) και του τελοεκπνευστικού διοξειδίου (End-tidal CO<sub>2</sub>) απεικονίζεται στις εικόνες 8B και 8Γ, αντίστοιχα.

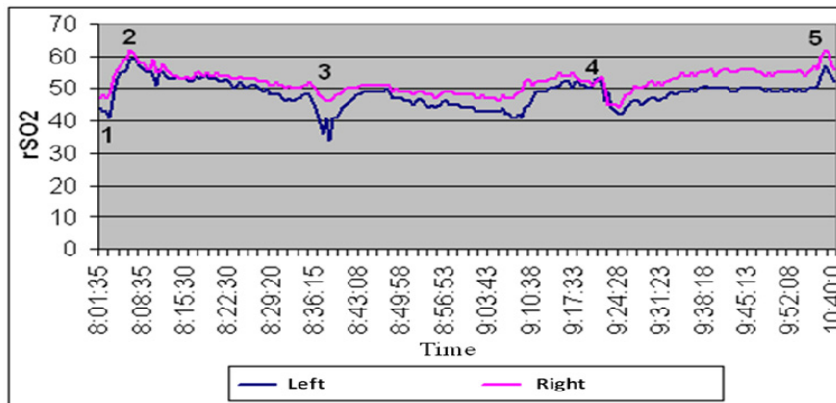
Η χορήγηση οξυγόνου προεγχειρητικά με μάσκα Ventouri (FiO<sub>2</sub>: 50%) δεν επηρέασε τις βασικές τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας (χρονική στιγμή 1). Μετά από προοξυγόνωση με FiO<sub>2</sub>: 100%, έγινε εισαγωγή στην γενική αναισθησία με ενδοφλέβια χορήγηση 2μg/kg φαιντανύλης και 1,5 mg/kg προποφόλης. Μετά τη χορήγηση 0,2 mg/kg cis-ατρακούριου, ο ασθενής διασωληνώθηκε και ο μηχανικός αερισμός ξεκίνησε με μίγμα

50% οξυγόνο-αέρα (αναπνεόμενος όγκος, 7 ml/kg; Συχνότητα αναπνοών, 10 bpm; Χρόνος εισπνοής-εκπνοής, 1/1,5 με 10% εισπνευστική παύση). Η διατήρηση της αναισθησίας έγινε με σεβοφλουράνιο προσαρμόζοντας τις τελοεκπνευστικές συγκεντρώσεις στα κλινικά σημεία επαρκούς συγκέντρωσης.

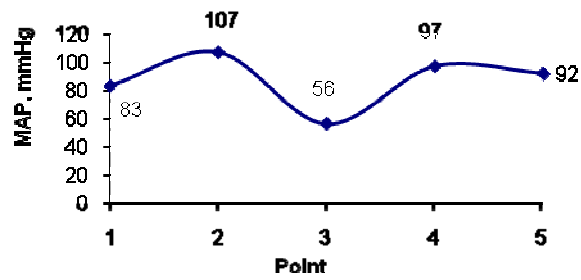
Μετά την εισαγωγή στην αναισθησία και τον μηχανικό αερισμό για λίγα λεπτά με  $FiO_2$ : 100% και την χορήγηση κρυσταλλοειδών υγρών, η εγκεφαλική οξυγόνωση της ασθενούς αυξήθηκε (60% αριστερά και 62% δεξιά (χρονική στιγμή 2)). Αργότερα, η τιμή της εγκεφαλικής οξυγόνωσης επέστρεψε στις βασικές τιμές για περίπου 30 λεπτά. Μία ξαφνική πτώση στην αρτηριακή πίεση προκάλεσε μια περαιτέρω πτώση στην εγκεφαλική οξυγόνωση, φτάνοντας το 35% στο αριστερό και το 48% στο δεξιό ημισφαίριο (χρονική στιγμή 3), ακολουθούμενη από ήπιες διακυμάνσεις στις τιμές. Μία σταθερή αύξηση στην εγκεφαλική οξυγόνωση παρατηρήθηκε μόνο μετά από αύξηση της αρτηριακής πίεσης με τη συνεχή ενδοφλέβια χορήγηση υγρών και αγγειοσυσπαστικών και μετά την αύξηση της μερικής πίεσης του τελοεκπνευστικού διοξειδίου όταν το  $P_ECO_2$  ήταν  $< 35$ mm Hg (χρονική στιγμή 4). Ωστόσο, η μέγιστη αύξηση των τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας παρατηρήθηκε μόνο μετά τη χορήγηση δύο μονάδων συμπυκνωμένων ερυθρών στον ασθενή, πριν το τέλος της επέμβασης (χρονική στιγμή 5). Οι παραπάνω θεραπευτικοί χειρισμοί καθοδηγήθηκαν κυρίως από τις χαμηλές παρατηρούμενες τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας.

Μετά τη διακοπή χορήγησης του σεβοφλουρανίου στο τέλος του χειρουργείου και μετά την αποσωλήνωση, η ασθενής μεταφέρθηκε στην ανάνηψη, όπου δεν παρουσίασε καμία νευρογνωσιακή διαταραχή. Δεν εμφάνισε δυσαρθρία και το mini mental state examination τεστ ήταν 28 μία ώρα μετά το τέλος της επέμβασης. Οι τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας της ασθενούς ήταν 60% στο αριστερό και 58% στο δεξιό ημισφαίριο και η αιμοδυναμική κατάστασή της παρέμεινε σταθερή. Η ασθενής παρουσίασε μετεγχειρητικά σύγχυση που αντιμετωπίστηκε φαρμακευτικά.

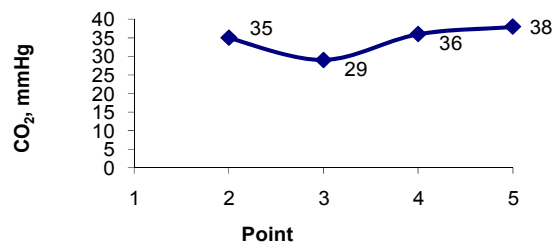
A)



B)



Γ)



Εικόνα 8 Πορεία των τιμών των A = rSO<sub>2</sub>, B = MAP και Γ = End-tidal CO<sub>2</sub>.





## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1 Συζήτηση για τις βασικές τιμές

Κλινικές μελέτες προτείνουν ότι η διακρανιακή εγκεφαλική ιστική οξυμετρία αποτελεί χρήσιμο μέσο διεγχειρητικής παρακολούθησης σε καρδιοχειρουργικούς<sup>91-100</sup>, σε αγγειοχειρουργικούς<sup>35, 101-105</sup> καθώς και σε ηλικιωμένους ασθενείς<sup>62</sup>. Ωστόσο, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του ρόλου μέτρησης της εγκεφαλικής οξυμετρίας στην κλινική πράξη χρειάζονται περισσότερα δεδομένα για τον καθορισμό των βασικών τιμών και την αναγνώριση παραγόντων που τις επηρεάζουν σε διάφορους πληθυσμούς.<sup>106</sup>

Στην έρευνά μας, σε ασθενείς με κατάγματα ισχίου, οι βασικές τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας ήταν για το επικρατούν (αριστερό) ημισφαίριο  $rSO_2 = 60,09 \pm 10,20$ , για το δεξιό ημισφαίριο  $rSO_2 R = 58,64 \pm 9$  και είχαν καλή συσχέτιση μεταξύ τους. Οι τιμές αυτές είχαν αρνητική συσχέτιση με την ηλικία και την κατάταξη κατά ASA και θετική συσχέτιση με το  $SpO_2$  και τον αιματοκρίτη. Οι βασικές τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας ήταν χαμηλότερες και από την ομάδα των καρδιοχειρουργικών και από την ομάδα των αγγειοχειρουργικών ασθενών, που είχαν μικρότερη ηλικία και υψηλότερο αιματοκρίτη.

Προσπαθώντας να προσδιορίσουν τις βασικές τιμές του  $rSO_2$  σε υγιείς εθελοντές ηλικίας 20 – 36 ετών ο Kim et al αναφέρουν μία μέση τιμή  $rSO_2 71 \pm 6\%$ .<sup>33</sup> Αντίθετα ο Casati et al σε σχετικά υγιείς ηλικιωμένους ασθενείς (72 $\pm$ 5 έτη) της γενικής χειρουργικής αναφέρουν μια μέση βασική τιμή  $rSO_2 63 \pm 8\%$ <sup>62</sup>, ενώ ο Edmonds et al σε 1000 καρδιοχειρουργικούς ασθενείς ηλικίας 20 έως 90 ετών αναφέρουν τιμές  $rSO_2 67 \pm 10\%$ <sup>35</sup>.

Μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ του  $rSO_2$  και της ηλικίας καθώς και θετική συσχέτιση με την αιμοσφαιρίνη παρατήρησαν ο Kishi et al.<sup>37</sup> Θετική συσχέτιση με την τιμή του αιματοκρίτη βρέθηκε και στην έρευνα του Liem et al σε νεογνά<sup>38</sup>, ενώ ο Yoshitani et al αναφέρουν θετική συσχέτιση του  $rSO_2$  με την αιμοσφαιρίνη και την μέση αρτηριακή πίεση<sup>74</sup>. Αντίθετα οι Sunghee et al βρήκαν ότι η νορμοογκαιμική αιμοαραίωση σε πολυκυτταραιμικούς ασθενείς δεν επηρεάζει τις τιμές  $rSO_2$ <sup>39</sup>, ενώ ο Green αναφέρει θετική συσχέτιση τόσο με την αιμοσφαιρίνη όσο και με τις απώλειες αίματος<sup>75</sup>. Σημαντική συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού μείωσης του  $rSO_2$  και του  $SpO_2$  κατά τη διάρκεια υποξίας σε υγιείς ενήλικες αναφέρουν ο Germon et al<sup>107</sup>.

Βρέθηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του  $SpO_2$  και των βασικών τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας. Η εμφάνιση όμως εγκεφαλικού αποκορεσμού διεγχειρητικά δεν

βρέθηκε να σχετίζεται με καμία αλλαγή στο παλμικό οξύμετρο. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία και με την έρευνα του Pedersen et al ο οποίος απέτυχε να αναδείξει σημαντικές διαφορές μεταξύ διεγχειρητικών επιπλοκών και παραμονής στο νοσοκομείο στηριζόμενος στην διεγχειρητική παρακολούθηση του παλμικού οξυμέτρου<sup>108</sup>.

Ως φυσιολογικό εύρος τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας όρισαν ο Madsen et al μία κλίμακα rSO<sub>2</sub> από 55% έως 78%.<sup>36</sup> Στην έρευνά μας το εύρος των τιμών του rSO<sub>2</sub> κυμάνθηκε από 34% έως 88%, το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> < 55 ήταν 32%, <50 11,6%, ενώ το εύρος των διαφορών μεταξύ δεξιού και αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου 0 έως 20 (mean = 1,45, SD = 5,47).

Στην έρευνα του Edmond et al μόνο το 5,4% των ασθενών είχε βασικές τιμές <50% και στο 1,6% των ασθενών οι τιμές ήταν <40%, ενώ στο 1,5% των ασθενών οι τιμές ήταν >85%. Η μέση διαφορά των βασικών τιμών μεταξύ των δύο ημισφαιρίων ήταν 0 και μόνο το 5% των ασθενών παρουσίαζαν διαφορές στις βασικές τιμές μεταξύ του δεξιού και αριστερού ημισφαιρίου περισσότερο από 10 σημεία. Από στατιστικής σκοπιάς βρέθηκε επίσης ότι τιμές baseline rSO<sub>2</sub> <50% ή >85% ή διαφορά μεταξύ των τιμών των δύο ημισφαιρίων >10 μονάδες ήταν παθολογικές.<sup>35</sup>

Κάποιος βαθμός ασυμμετρίας (2 – 4 σημεία) στις τιμές του rSO<sub>2</sub> μεταξύ δεξιού και αριστερού ημισφαιρίου παρατηρείται συχνά και μπορεί να οφείλεται στην θέση τοποθέτησης των αισθητήρων.<sup>37</sup> Αντίθετα διαφορές >10 μονάδες είναι ασυνήθιστες και υποδηλώνουν, όπως και η απότομη εμφάνιση αυτών, διαταραχή του ισοζυγίου του οξυγόνου.<sup>9</sup> Στην έρευνά μας το ποσοστό ασυμμετρίας >5 μονάδες ήταν 30,43% και το ποσοστό ασυμμετρίας ≥10 μονάδες ήταν 8,69%.

Τα αποτελέσματά μας θα μπορούσαν εν μέρει να εξηγηθούν από την μεγάλη ηλικία των ασθενών μας, τον χαμηλό αιματοκρίτη και την κατάταξη κατά ASA. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να προβλέψουν, σύμφωνα με την ανάλυση παλινδρόμησης μόνο κατά 40% τις βασικές τιμές rSO<sub>2</sub>. Το SpO<sub>2</sub> μαζί με την προεγχειρητική αιμοσφαιρίνη και μαζί με την ηλικία μπορούν να προβλέψουν κατά 55% τις βασικές τιμές rSO<sub>2</sub>. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ασθενείς με κατάγματα έχουν προεγχειρητικά συχνά σχετικά χαμηλό ενδοαγγειακό όγκο καθώς οι απώλειες αίματος μπορεί να φθάσουν τα 750 ml - 1 lt, κάτι το οποίο συμβάλει σημαντικά στη μειωμένη προσφορά οξυγόνου στον εγκέφαλο. Σπάνια, τα κατάγματα επιπλέκονται και με λιπώδεις εμβολές<sup>77</sup>, κάτι το οποίο θα μπορούσε σε μερικές περιπτώσεις να εξηγήσει τις χαμηλές τιμές του baseline rSO<sub>2</sub> ή τις μεγάλες διαφορές μεταξύ των δύο ημισφαιρίων.

Στην παρούσα μελέτη περισσότεροι από το 32% των ασθενών είχαν baseline rSO<sub>2</sub> < 55%. Δηλαδή ένας στους τρεις ηλικιωμένους ασθενείς με κατάγματα ισχίου, ήδη προεγχειρητικά, φαίνεται να διατρέχει κίνδυνο εμφάνισης βαριάς μετεγχειρητικής νευρογνωσιακής διαταραχής. Το σημαντικά υψηλό ποσοστό εγκεφαλικού αποκορεσμού προεγχειρητικά καθώς και το υψηλό ποσοστό χαμηλών τιμών baseline rSO<sub>2</sub> μπορεί εν μέρει να εξηγηθεί από την μεγάλη ηλικία, τον χαμηλό προεγχειρητικό αιματοκρίτη των ορθοπαιδικών ασθενών, την έλλειψη όγκων και την ανεπαρκή προεγχειρητική αντιμετώπιση.



## 5.2 Συζήτηση για την Διεγχειρητική και Μετεγχειρητική πορεία των τιμών του rSO<sub>2</sub> και την έκβαση

Ο αριθμός των ηλικιωμένων ασθενών που υποβάλλονται σε γενική αναισθησία για χειρουργική επέμβαση έχει αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας της αύξησης του μέσου όρου επιβίωσης.<sup>62</sup> Σε σύγκριση με τους νεότερους ασθενείς, οι ηλικιωμένοι άνω των 65 ετών, εκτίθενται σε αυξημένο κίνδυνο διεγχειρητικών επιπλοκών και μετεγχειρητικής νευρογνωσιακής μείωσης.<sup>109-112</sup> Επιπλέον, η προχωρημένη ηλικία είναι δείκτης μειωμένων καρδιαγγειακών εφεδρειών και πολλαπλών συνοδών νόσων.<sup>72,113</sup> Στην έρευνά μας η μέση ηλικία των ασθενών ήταν 74 έτη.

Τα κυριότερα ευρήματα στην έρευνά μας ήταν το μεγάλο εύρος των τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας (baseline rSO<sub>2</sub> 60±10, εύρος 34 - 88) και το υψηλό ποσοστό ασθενών με τιμές rSO<sub>2</sub> < 55. Επιπλέον υψηλό ήταν το ποσοστό νευρογνωσιακών διαταραχών που καταγράφηκε ήδη προεγχειρητικά (8,69%). Το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 13% μετεγχειρητικά, παρά την εφαρμογή αλγορίθμου για τη διόρθωση των τιμών του rSO<sub>2</sub> και την αντιμετώπιση των διεγχειρητικών αποκορεσμών.<sup>78,114</sup>

Ως φυσιολογικό εύρος τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας όρισαν ο Madsen et al μία κλίμακα rSO<sub>2</sub> από 55% έως 78%.<sup>36</sup> Προσπαθώντας να προσδιορίσουν τις βασικές τιμές του rSO<sub>2</sub> ο Kim et al αναφέρουν μία μέση τιμή rSO<sub>2</sub> 71±6% σε υγιείς εθελοντές ηλικίας 20 – 36 ετών<sup>33</sup>, ο Casati et al 63±8% σε σχετικά υγιείς ηλικιωμένους ασθενείς (72±5 έτη) της γενικής χειρουργικής<sup>62</sup>, ενώ ο Edmonds et al σε 1000 καρδιοχειρουργικούς ασθενείς ηλικίας 20 έως 90 ετών αναφέρουν τιμές rSO<sub>2</sub> 67±10% και μια διαφορά μεταξύ των ημισφαιρίων ίση με μηδέν<sup>35</sup>.

Τα ευρήματα μας μπορούν να ερμηνευτούν από την μεγάλη ηλικία των ασθενών μας και τον χαμηλότερο αιματοκρίτη, χωρίς να αποκλεισθεί η συμβολή λιπώδους εμβολής, έστω και σε ελάχιστες περιπτώσεις, στις οποίες παρατηρήθηκαν εξαιρετικά ακραίες τιμές εγκεφαλικής οξυμετρίας ή μεγάλες διαφορές μεταξύ των δύο ημισφαιρίων.

Οι τιμές της εγκεφαλικής οξυμετρίας μετεγχειρητικά, μετά τη διεγχειρητική χορήγηση αίματος βελτιώθηκαν σημαντικά. Μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ rSO<sub>2</sub> και ηλικίας καθώς και θετική συσχέτιση με την αιμοσφαιρίνη παρατήρησαν ο Kishi et al.<sup>37</sup> Θετική συσχέτιση με την τιμή του αιματοκρίτη βρέθηκε και στην έρευνα του Liem et al σε νεογνά<sup>38</sup>, ενώ ο Yoshitani et al αναφέρουν θετική συσχέτιση του rSO<sub>2</sub> με την αιμοσφαιρίνη και την μέση αρτηριακή πίεση<sup>74</sup>. Ο Green αναφέρει θετική συσχέτιση τόσο

με την αιμοσφαιρίνη όσο και με τις απώλειες αίματος.<sup>75</sup> Στην έρευνά μας οι ασθενείς με τιμές  $rSO_2 < 55$  είχαν σημαντικά χαμηλότερο αιματοκρίτη σε σχέση με τους ασθενείς με τιμές  $rSO_2 > 55$ .

Σημαντική συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού μείωσης του  $rSO_2$  και του  $SpO_2$  κατά τη διάρκεια υποξίας σε υγιείς ενήλικες αναφέρουν ο Germon et al.<sup>107</sup> Στην έρευνά μας η εμφάνιση εγκεφαλικού αποκορεσμού διεγχειρητικά δεν βρέθηκε να σχετίζεται με αλλαγές στο παλμικό οξύμετρο. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία και με την έρευνα του Pedersen et al.<sup>108</sup> Όλα τα ενδοφλέβια αναισθητικά προκαλούν καρδιακή καταστολή, η οποία σε συνδυασμό με διεγχειρητική αιμορραγία ή ανεπαρκή χορήγηση όγκων μπορεί να είναι αυξημένη στους ηλικιωμένους και δυνητικά να τους εκθέσει σε ανεπαρκή εγκεφαλική άρδευση, σε διεγχειρητικούς αποκορεσμούς του  $rSO_2$  και μετεγχειρητικές νευρογνωσιακές διαταραχές.<sup>115,116</sup>

Η χορήγηση γενικής ή υπαραχνοειδούς αναισθησίας επηρεάζει με τον ίδιο τρόπο την εγκεφαλική οξυγόνωση και την έκβαση των ασθενών μας. Στα ίδια αποτελέσματα κατέληξε και η έρευνα του Hoppenstein et al σε 60 ασθενείς ASA I-III και ηλικίας άνω των 60 ετών, που υποβλήθηκαν σε χειρουργική αποκατάσταση της κεφαλής του μηριαίου. Στην έρευνα αυτή η υπαραχνοειδής αναισθησία σχετίστηκε με υψηλότερο ποσοστό εγκεφαλικών αποκορεσμών. Ωστόσο ο αριθμός των ασθενών στους οποίους παρατηρήθηκε τουλάχιστον μία πτώση κάτω από τις βασικές τιμές ήταν παρόμοιος μεταξύ των ομάδων.<sup>117</sup>

Η γνωσιακή λειτουργία των ασθενών μας εκτιμήθηκε με τη χρήση του MMSE test. Εμφανή νευρογνωσιακή διαταραχή είχαν ασθενείς με MMSE score  $< 23$  μονάδες. Η δοκιμασία MMSE test συνδυάζει μεγάλη ισχύ και εγκυρότητα με συντομία και ευκολία εφαρμογής και μπορεί να καταδείξει μείωση της γνωσιακής λειτουργίας μετά από επαναλαμβανόμενες εφαρμογές.<sup>118</sup> Η επιλογή του MMSE test για την εκτίμηση της γνωσιακής λειτουργίας αποτελεί αναμφίβολα ένα μειονέκτημα της μελέτης μας, καθώς πιο ειδικές και ευαίσθητες δοκιμασίες εκτίμησης για κάθε παράμετρο της γνωσιακής λειτουργίας έχουν προταθεί.<sup>62,63</sup> Ωστόσο μείωση στο MMSE test  $\geq 2$  μονάδες από τις βασικές τιμές σε επαναλαμβανόμενες εφαρμογές καταδεικνύει την εμφάνιση μείωσης της γνωσιακής λειτουργίας.<sup>63</sup>

Στους ασθενείς μας δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη μέση τιμή του MMSE test μετεγχειρητικά σε σχέση με τις προεγχειρητικές τιμές ( $p > 0,05$ ) κάτι που θα μπορούσε να αποδοθεί στη χρήση του διορθωτικού αλγόριθμου για το  $rSO_2$ .

Νευρογνωσιακές διαταραχές παρατηρήθηκαν προεγχειρητικά σε 6 ασθενείς οι οποίοι είχαν baseline  $rSO_2 < 50\%$  και οι οποίες παρέμειναν και μετεγχειρητικά. Από τους ασθενείς με φυσιολογικές βασικές τιμές εγκεφαλικής οξυμετρίας, 3 παρουσίασαν διεγχειρητικά εγκεφαλικούς αποκορεσμούς οι οποίοι μετεγχειρητικά είχαν MMSE  $< 23$ . Οι ασθενείς αυτοί παρουσίασαν μετεγχειρητικά διέγερση που αντιμετωπίστηκε φαρμακευτικά.

Στο σύνολο των ασθενών δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση χαμηλών τιμών baseline  $rSO_2$  ή διεγχειρητικών αποκορεσμών και έκβασης (ημέρες παραμονής στο νοσοκομείο, εμφάνιση διέγερσης ή σύγχυσης). Τα αποτελέσματά μας είναι σε αντίθεση με εκείνα των Casati et al, οι οποίοι παρατήρησαν αύξηση της παραμονής στο νοσοκομείο σε ασθενείς με χαμηλές τιμές baseline ή εγκεφαλικό αποκορεσμό.<sup>62</sup> Στην έρευνά μας μοναδικό κριτήριο για την έξοδο του ασθενών από το νοσοκομείο ήταν η πλήρης αποκατάσταση του κατάγματος και η σχετικά καλή κατάσταση των ασθενών με φυσιολογική λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος, των πνευμόνων και των νεφρών. Ωστόσο ένα σημαντικό εύρημα της έρευνάς μας είναι ότι οι ασθενείς με baseline  $rSO_2 < 55\%$  χρειάστηκαν μεγαλύτερο αριθμό φαρμάκων για την αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής διέγερσης όταν εκδηλώθηκε, ενώ η παραμονή στο νοσοκομείο δεν διέφερε μεταξύ αυτών των δύο ομάδων.

Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η εγκεφαλική οξυμετρία αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την παρακολούθηση των ασθενών με κατάγματα ισχίου, τόσο προεγχειρητικά όσο και διεγχειρητικά. Περισσότερες μελέτες είναι απαραίτητες για να καθοριστεί η χρησιμότητα της εγκεφαλικής οξυμετρίας στην ομάδα ασθενών με κατάγματα ισχίου, όπως επίσης εάν η μέθοδος αυτή μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη προεγχειρητική προετοιμασία των ασθενών.





## 6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Πολύ συχνά οι ηλικιωμένοι ασθενείς αναπτύσσουν σύγχυση και γνωσιακές διαταραχές στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο.<sup>119,120</sup> Οι διαταραχές αυτές καταλήγουν σε μικρότερο ποσοστό ασθενών σε μόνιμες νευρογνωσιακές διαταραχές.<sup>36</sup> Η φυσιοπαθολογία αυτών των διαταραχών δεν έχει πλήρως εξακριβωθεί, αλλά οι άμεσες και έμμεσες επιδράσεις της αναισθησίας στον εγκέφαλο μαζί με την ανεπαρκή εγκεφαλική οξυγόνωση, σχετίζονται δυνητικά με αυτές τις επιπλοκές.

Με την αύξηση του ορίου ζωής τις τελευταίες δεκαετίες ο αριθμός των ηλικιωμένων που υποβάλλεται σε αναισθησία για χειρουργείο, έχει αυξηθεί και αυτός ο πληθυσμός ασθενών διατρέχει αυξημένο κίνδυνο μετεγχειρητικών επιπλοκών εξαιτίας των πολλαπλών συνοδών νόσων και της μείωσης των φυσιολογικών αποθεμάτων που συνοδεύουν την μεγάλη ηλικία, όπως εγκεφαλική ισχαιμία και νευρολογικές διαταραχές.<sup>33,56,57</sup> Ωστόσο, ο εγκέφαλος είναι το λιγότερο παρακολουθούμενο όργανο σε αυτούς τους ασθενείς, όπου συνήθως χρησιμοποιούνται έμμεσοι δείκτες επαρκούς εγκεφαλικής οξυγόνωσης όπως η καρδιακή συχνότητα, η αρτηριακή πίεση και η περιφερική οξυγόνωση. Η προσθήκη της εγκεφαλικής οξυμετρίας στο αναισθησιολογικό monitoring και η παρακολούθηση του  $rSO_2$  μειώνει την έκθεση του εγκεφάλου σε πιθανή υποξία. Οι αλλαγές στην ισορροπία οξυγόνωσης του εγκεφάλου παραμένει απόλυτα αδιάγνωστη αν δεν παρακολουθήσουμε συγκεκριμένα τον εγκέφαλο. Η δυνατότητα παρακολούθησης της ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης οξυγόνου στον εγκέφαλο μέσω μιας απλής και μη επεμβατικής μεθόδου με το εγκεφαλικό οξύμετρο, μας δίνει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης της αναισθησιολογικής τεχνικής σε ότι αφορά τις πραγματικές ανάγκες του ανθρώπινου εγκεφάλου.<sup>5</sup>

Η χρησιμότητα του εγκεφαλικού οξύμετρου έχει εκτιμηθεί σε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε αγγειοχειρουργικές και καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις, όπου ο κίνδυνος διεγχειρητικής εγκεφαλικής υποάρδευσης είναι πολύ υψηλός. Λίγες πληροφορίες σχετικά με τη χρησιμότητά του σε ηλικιωμένους ασθενείς που υποβάλλονται σε μη καρδιολογικές και μη αγγειακές επεμβάσεις είναι διαθέσιμες. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα της χρήσης του εγκεφαλικού οξύμετρου συνεχώς πληθαίνουν καθώς περισσότερες δημοσιεύσεις καταδεικνύουν βελτιωμένη έκβαση και μεγαλύτερη ασφάλεια για τον ασθενή. Παρότι η πλειοψηφία των δημοσιεύσεων αναφέρεται σε βελτίωση της έκβασης σε καρδιοχειρουργικούς και αγγειοχειρουργικούς ασθενείς, μελέτες σε διαφορετικούς

πληθυσμούς ασθενών αποδεικνύουν τη χρησιμότητά του σε άλλες κλινικές περιπτώσεις, όπως οι παιδιατρικοί ασθενείς, νευροχειρουργικά περιστατικά, επεμβάσεις γενικής χειρουργικής, λαπαροσκοπικά χειρουργεία, επεμβάσεις που απαιτούν την υπερύψωση της κεφαλής. Τα ορθοπαιδικά περιστατικά είναι ένα από αυτά τα πεδία. Στους ασθενείς αυτούς παρατηρήθηκε υψηλό ποσοστό χαμηλών τιμών baseline rSO<sub>2</sub> και αποκορεσμών διεγχειρητικά. Ασθενείς με rSO<sub>2</sub> <55 χρειάστηκαν περισσότερα φάρμακα για την αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής σύγχυσης και διέγερσης σε σχέση με τους ασθενείς με rSO<sub>2</sub> > 55. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν την αναγκαιότητα παρακολούθησης των ασθενών αυτών με τη μέθοδο αυτή. Περαιτέρω έρευνες που θα εξακριβώσουν και θα ισχυροποιήσουν τα πλεονεκτήματα της εγκεφαλικής οξυμετρίας σε μη καρδιοχειρουργικούς και μη αγγειοχειρουργικούς ασθενείς, αποτελούν πρόκληση και σημαντική ευκαιρία για την εξερεύνηση της χρησιμότητας αυτής της νέας τεχνολογίας.

## 7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Σκοπός:** Αυτή η μελέτη διεξήχθη για να εκτιμήσει τις βασικές τιμές του rSO<sub>2</sub>, να προσδιορίσει παράγοντες που μπορούν να τις επηρεάσουν, να μελετήσει διεγχειρητικές και μετεγχειρητικές μεταβολές της εγκεφαλικής οξυμετρίας και να απαντήσουμε στο κατά πόσο κρίνεται απαραίτητη η χρήση εγκεφαλικής οξυμετρίας στην ομάδα ασθενών με κατάγματα ισχίου.

**Μέθοδος:** Πρόκειται για μια προοπτική μελέτη παρατήρησης σε 69 ασθενείς. Συλλέχθηκαν δεδομένα πάνω σε παράγοντες δυνητικά σχετιζόμενους με τις βασικές τιμές rSO<sub>2</sub>. Έγινε καταγραφή του rSO<sub>2</sub> από τις βασικές τιμές μέχρι και την άμεση μετεγχειρητική πορεία, του MMSE προεγχειρητικά και 7 μέρες μετεγχειρητικά, της μετεγχειρητικής σύγχυσης και διέγερσης και της φαρμακευτικής αντιμετώπισής τους, όπως και το είδος της αναισθησίας. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του student's t test, τη συσχέτιση Pearson και την πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης.

**Αποτελέσματα:** Η μέση ηλικία των ασθενών μας ήταν  $74 \pm 13$  έτη. Μεταξύ baseline rSO<sub>2</sub> L και rSO<sub>2</sub> R παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση ( $r=0,852$ ,  $p<0,001$ ). Οι μέσες τιμές του rSO<sub>2</sub> L είναι  $60 \pm 10$ . Το ποσοστό των ασθενών με baseline rSO<sub>2</sub> < 55 ήταν 31,9%. Παρατηρήθηκε θετική σχέση του baseline rSO<sub>2</sub> με τον αιματοκρίτη ( $r=0,50$ ,  $p<0,001$ ) και το SpO<sub>2</sub> ( $r= 0,587$ ,  $p<0,001$ ). Αρνητική συσχέτιση βρέθηκε με την ταξινόμηση κινδύνου κατά ASA ( $r=-0,42$ ,  $p<0,001$ ) και την ηλικία ( $r=-0,39$ ,  $p=0,001$ ). Από την ανάλυση παλινδρόμησης προκύπτει ότι το SpO<sub>2</sub> είναι υπεύθυνο για το 35 % της διακύμανσης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> L ( $R^2=0,35$ ), ο αιματοκρίτης για το 23 % ( $R^2=0,23$ ). Η ηλικία, ο αιματοκρίτης και η κατάταξη ASA είναι υπεύθυνοι για το 39 % της διακύμανσης των τιμών του baseline rSO<sub>2</sub> ( $R^2=0,39$ ). Το SpO<sub>2</sub>, η αιμοσφαιρίνη και η ηλικία ευθύνονται για το 55% ( $R^2=0,55$ ) της διακύμανσης του baseline rSO<sub>2</sub>.

Δεν παρατηρήθηκε διαφορά στις τιμές του rSO<sub>2</sub> μεταξύ των ασθενών που έλαβαν γενική ή περιοχική αναισθησία. Οι τιμές του rSO<sub>2</sub> ήταν σημαντικά βελτιωμένες στα σημεία μέτρησης και μετεγχειρητικά. Εγκεφαλικοί αποκορεσμοί παρουσιάστηκαν στο 40 % των ασθενών. Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ χαμηλών τιμών rSO<sub>2</sub> και παραμονής στο νοσοκομείο, όμως οι ασθενείς με baseline rSO<sub>2</sub> <55% χρειάστηκαν μεγαλύτερο αριθμό φαρμάκων για την αντιμετώπιση της μετεγχειρητικής διέγερσης.

**Συμπέρασμα:** Το υψηλό ποσοστό χαμηλών τιμών baseline rSO<sub>2</sub> και αποκορεσμών, όπως και η σχέση μεταξύ των τιμών της εγκεφαλικής οξυμετρίας και της φαρμακευτικής

αντιμετώπισης της μετεγχειρητικής σύγχυσης και διέγερσης, υποδεικνύει την αναγκαιότητα παρακολούθησης των ασθενών αυτών με τη μέθοδο αυτή. Περισσότερες μελέτες με μεγαλύτερο αριθμό ασθενών είναι απαραίτητες για να καθοριστεί αφενός μεν η χρησιμότητα της εγκεφαλικής οξύμετρίας στην ομάδα ασθενών με κατάγματα ισχίου, αφετέρου εάν η μέθοδος αυτή μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη προεγχειρητική προετοιμασία.

## 8. ABSTRACT

**Aim:** This study was conducted to evaluate baseline rSO<sub>2</sub> values, identify factors that could potentially influence them, evaluate perioperative and postoperative changes in rSO<sub>2</sub> values and validate whether monitoring rSO<sub>2</sub> values is needed in patients with hip fractures.

**Methods:** This is a prospective observational study on 69 patients. Data were collected on factors potentially related to baseline rSO<sub>2</sub> values. Collected and stored data referred to rSO<sub>2</sub> values from baseline until early postoperative period, MMSE score preoperatively and 7 days postoperatively, appearance of postoperative excitation or confusion and their pharmaceutical treatment, as well as to the type of anesthesia. Data were analyzed with student's t test, Pearson correlation and multiple regression analysis as appropriate.

**Results:** The mean age of our patients is 74 ±13 years. A significant correlation between baseline rSO<sub>2</sub> L and baseline rSO<sub>2</sub> R values (r=0,852, p<0,001) was observed. Mean baseline rSO<sub>2</sub> L was 60 ± 10. The percentage of the patients with baseline rSO<sub>2</sub> < 55 was 31, 9%. Baseline rSO<sub>2</sub> has a positive correlation with hematocrit (r=0,50 , p<0,001) and SpO<sub>2</sub> (r= 0,587 , p<0,001) and a negative correlation with ASA (r=-0,42 , p<0,001) and age (r=-0,39, p=0,001). From regression analysis resulted that SpO<sub>2</sub> is responsible for the 35 % of the variance on baseline rSO<sub>2</sub> values (R<sup>2</sup>=0,35) and preoperative hematocrit for the 23% (R<sup>2</sup>= 0,23). Age, hematocrit and ASA together are responsible for the 39% of the variance on baseline rSO<sub>2</sub> values (R<sup>2</sup>=0,39). SpO<sub>2</sub> together with hematocrit and age can predict the 55% (R<sup>2</sup>=0,55) of the baseline rSO<sub>2</sub> values.

No difference was observed on rSO<sub>2</sub> values between patients that underwent general or regional anesthesia. rSO<sub>2</sub> values were significantly improved on every measurement during and after surgery. Cerebral desaturations had the 40 % of the patients. There was no correlation between low rSO<sub>2</sub> values and hospital stay, but patients with baseline rSO<sub>2</sub> <55% needed more medicine to treat their postoperative excitation.

**Conclusion:** The high percentage of low baseline rSO<sub>2</sub> values and desaturations as well as the correlation between rSO<sub>2</sub> values and pharmaceutical treatment for the postoperative excitation or confusion, indicates the need of these patients to be assessed with cerebral oximetry monitoring. The baseline rSO<sub>2</sub> values can be predicted in high percentage by the patient's age, hematocrit, SpO<sub>2</sub> and ASA classification. More and larger studies are needed

to define the usefulness of cerebral oximetry in this group of patients with hip fractures and also whether this monitoring can contribute to a better preoperative preparation.

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Daubeney PE, Pilkington SN, Janke E, Charlton GA, Smith DC, Webber SA. Cerebral Oxygenation Measured by Near-Infrared Spectroscopy: Comparison With Jugular Bulb Oximetry. *Ann Thorac Surg* 1996;61:930-934
2. Duffy CM, Manninen PH, Chan A, Kearns CF. Comparison of cerebral oximeter and evoked potential monitoring in carotid endarterectomy. *Can J Anaesth* 1997;44:1077-81
3. Ekelund A, Kongstad P, Saveland H, Rommer B, Reinstrup P, Kristiansson KA et al. Transcranial cerebral oximetry related to transcranial Doppler after aneurismal subarachnoid hemorrhage. *Acta Neurochir* 1998;140:1029-36
4. Kurth CD, Steven JM, Sweldlow D. New frontiers in oximetry. *Am J Anesthesiol* 1996;23:169-75
5. Tamura M, Hoshi Y, Okada F. Localized near-infrared spectroscopy and functional optical imaging of brain activity. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 1997;352:737-742
6. Strangman G, Boas DA, Sutton JP. Review: Non-invasive Neuroimaging using Near-Infrared light. *Society of Biological Psychiatry* 2002;52:679-693
7. Tuchin VV. *Handbook of Optical Biomedical Diagnostics* 2002;8:455-486
8. Cope M, Depty DT, Reynolds EOR, Wray S, Wyatt JV. Methods of quantitation cerebral near infrared spectroscopy data. *Adv Exp Med Biol* 1987;222:183-189
9. Casati A, Spreafico E, Putzu M, Fanelli G. New technology for noninvasive brain monitoring: continuous cerebral oximetry. *Minerva Anesthesiol* 2006;72:605-625
10. Παπαδόπουλος Γ. Η παρακολούθηση της εγκεφαλικής οξυμετρίας με τη συσκευή INVOS. Εκδόσεις Εφύρα – Ιωάννινα 2007
11. Fukada J, Morishita K, Kawaharada N, et al. Isolated cerebral perfusion for intraoperative cerebral mal perfusion in Type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg* 2003;75:266-268
12. Shinoka T, Nollert G, et al. Utility of near infrared spectroscopic measurements during deep hypothermic circulatory arrest. *Ann Thorac Surg* 2000;69:578-83
13. Lassnigg A, Hiesmayr M, Keznickl P, et al. Cerebral oxygenation during cardiopulmonary bypass measured by near-infrared spectroscopy: Effects of hemodilution, temperature and flow. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:5445-48

14. Botes K, Le Royx DA, Van MJ. Cerebral monitoring during carotid endarterectomy - a comparison between electroencephalography, transcranial cerebral oximetry and carotid stump pressure. *S Afr J Surg*. 2007;45:43-46
15. Kaminogo M, Ochi M, Onizuka M, Takahata H, Shibata S. An additional monitoring of regional cerebral oxygen saturation to HMPAO SPECT study during balloon test occlusion. *Stroke* 1999;30:407-13
16. De Vries JW, Visser GH, Bakker PFA, et al. Neuromonitoring in defibrillation threshold testing. A comparison between EEG, near-infrared spectroscopy and jugular bulb oximetry. *J Clin Monitor* 1997;13:303-307
17. Beese U, Langer H, Lang W, Dinkel M. Comparison of near-infrared spectroscopy and somatosensory evoked potentials for the detection of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Stroke* 1998;29:2032-7
18. Daubeney PE, Pilkington SN, Janke E, et al. Cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy: Comparison with jugular bulb oximetry. *Ann Thorac Surg* 1996;61:930-934
19. Dunham CM, Ransom KJ, McAuley CE, Gruber BS, Mangalat D, Flowers LL. Severe brain injury ICU outcomes are associated with Cranial-Arterial Pressure Index and noninvasive Bispectral Index and transcranial oxygen saturation: a prospective, preliminary study. *Critical Care* 2006;10:159
20. Ekelund A, Kongstad P, Saveland H, Rommer B, Reinstrup P, Kristiansson KA, et al. Transcranial cerebral oximetry related to transcranial Doppler after aneurismal subarachnoid hemorrhage. *Acta Neurochir* 1998;140:1029-36
21. Abdul-Khaliq H, Troitzsch D. Regional transcranial oximetry with near infrared spectroscopy (NIRS) in comparison with measuring oxygen saturation in the jugular bulb in infants and children for monitoring cerebral oxygenation. *Biomed Tech (Berl)* 2000;45:328-332
22. Grubhofer G, Tonninger P, Keznickl P, et al. A comparison of the monitors INVOS 3100 and NIRO 500 in detecting changes in cerebral oxygenation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43:470-475
23. Hongo K, Kobayashi S, Okudera H, et al. Noninvasive cerebral optical spectroscopy: Depth-resolved measurements of cerebral haemodynamics using indocyanine green. *Neurol Res* 1995;17:89-93



24. Azakie A, Muse J, Gardner M, Skidmore KL, Miller SP, Karl TR, McQuillen PS. Cerebral oxygen balance is impaired during repair of aortic coarctation in infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;130:830-836
25. Moka E. Cerebral oximetry and laparoscopic surgery. *J Min Access Surg* 2006;2:47-8
26. Edmonds HL Jr. Pro: All cardiac surgical patients should have intraoperative cerebral oxygenation monitoring. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2006;20:445-449
27. Balaguru D, Myatt M, Passi V, Hashmi S, Lambert M, Nathan M, Verma R. Normal Values of Regional Oxygen Saturation Indices (rSO<sub>2</sub>) Using near Infra-Red Spectroscopy in Ambulatory Setting. *American Academy of pediatrics* 2010
28. Pollard V, Prough D, DeMelo A, et al: Validation in volunteers of a near-infrared spectroscope for monitoring brain oxygenation in vivo. *Anesth Analg* 1996;82:269-277
29. Austin EH, Edmonds HL, Auden SM, Niznik G, Sehic A, Sowell MK et al. Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;114:707-15
30. Baikoussis NG, Karanikolas M, Siminelakis S, Matsagas M, Papadopoulos G. Baseline cerebral oximetry values in cardiac and vascular surgery patients: a prospective observational study. *J Cardiothorac Surg* 2010;24:41
31. Chakravarti S, Srivastava S, Mittnacht AJ. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) in Children. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2008;12:70-79
32. Yaron M, Niermeyer S, Lindgren KN, et al. Physiologic responses to moderate altitude exposure among infants and young children. *High Altitude Med Biol* 2003;4:53-59
33. Kim MB, Ward DS, Cartwright CR, et al. Estimation of jugular venous saturation from cerebral oximetry or arterial saturation during isocapnic hypoxia. *J Clin Monitor* 2002;16:191-199
34. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, Proietti R, Tufano R. Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesth Analg* 2005;101:740-7
35. Edmonds HL, Ganzel BL, Austin EH. Cerebral oximetry for cardiac and vascular surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2004;8:147-66

36. Madsen PL, Nielsen HB, Christiansen P. Well-being and cerebral oxygen saturation during acute heart failure in humans. *Clinical Physiology* 2000;20:158-164
37. Kishi K, Kawaguchi M, Yoshitani K, Nagahata T, Furuya H. Influence of patient variables and sensor location on regional oxygen saturation measured by INVOS 4100 near-infrared spectrometer. *J Neurosurg Anesth* 2003;15:302-6
38. Liem KD, Hopman JC, Oeseburg B, et al. The effect of blood transfusion and haemodilution on cerebral oxygenation and haemodynamics in new born infants investigated by near infrared spectroscopy. *Eur J Pediatr* 1997;156:305-310
39. Sung-hee, Hyun KJ, Young-Seok HO. Changes in cerebral oxygenation during normo-volemic hemodilution in patients with polycythemia. *Anesthesiology* 2002;96:280
40. Madl C, Eisenhuber E, Kramer L. Impact of different hemoglobin levels on regional cerebral oxygen saturation, cerebral extraction of oxygen and sensory evoked potentials in septic shock [abstract]. *Crit Care Med* 1997;25:4
41. Edmonds HL, Villafane J, Sehic A, Singer I. Near-infrared spectroscopy detects cerebral ischemia. *Anesthesiology* 2000;93:272
42. Edmonds HJ. Multi-modality neurophysiologic monitoring for cardiac surgery. *Heart surg forum* 2002;5:225-8
43. Holzschuh M, Woertgen C, Metz C, et al. Dynamic changes of cerebral oxygenation measured by brain tissue oxygen pressure and near infrared spectroscopy. *Neurol res* 1997;19:246-248
44. Konishi A, kikuchi K. Cerebral oxygen saturation (rSO<sub>2</sub>) during open heart surgery and postoperative brain dysfunction. *Masui* 1995;44:1322-6
45. Yao FS, Tseng CC, Ho CY, Levin SK, Illner P. Cerebral oxygen desaturation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2004;18:552-8
46. Misra M, Stark J, Dujovny M, Widman R, Ausman JI. Transcranial cerebral oximetry in random normal subjects. *Neurol Res* 1998;20:137-41
47. Kulier A, Fuchs G, Schwartz G. Regional cerebral oxygen saturation may be impaired by body positioning for surgery. *Anesthesiology* 1999;91:601
48. Brawanski A, Faltermeier R, Rothoerl RD, Woertgen C. Comparison of near-infrared spectroscopy and tissue PO<sub>2</sub> time series in patients after severe head injury and aneurismal subarachnoid hemorrhage. *J Cerebral Blood Flow Metab* 2002;22:605-11

49. Lee ES, Melnyk DL, Kuskowski MA. Correlation of cerebral oximetry measurement with carotid artery stump pressures during carotid endarterectomy. *Vasc Surg* 2000;34:403-409
50. Dunham CM, Sosnowski C, Porter JM, Siegal J, Kohli C. Correlation of non-invasive cerebral oximetry with cerebral perfusion in the severe head injured patient: a pilot study. *J Trauma* 2002;52:40-6
51. Cho H, Nemoto E, Yonas H, Balzer J, Sclabassi RJ. Cerebral monitoring by means of oximetry and somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 1998;89:533-8
52. Roberts KW, Crnkowic AP, Linneman LJ. Near-infrared spectroscopy detects critical cerebral hypoxia during carotid endarterectomy in awake patients. *Anesthesiology* 1998;89:934
53. Samra SK, Dy EA, Welch K, Dorje P, Zelenock GB, Stanley JC. Evaluation of a cerebral oximeter as a monitor of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Anesthesiology* 2000;93:964-70
54. Levy WJ, Levin S, Chance B. Near-infrared measurement of cerebral oxygenation. Correlation with EEG ischemia during ventricular fibrillation. *Anesthesiology* 1986;83:738-46
55. Ancelin ML, Deroquefeuil G, Ledesert B et al. Exposure to anesthetic agents, cognitive functioning and depressive symptomatology in the elderly. *Br J Psychiatr* 2001;178:360-366
56. Burton DA, Nicholson G, Hall GM. Anesthesia in elderly patients with neurodegenerative disorders: special considerations. *Drug Aging* 2004;21:229-242
57. Dijkistra JB, Houx PJ, Jolles J. Cognition after major surgery in the elderly: test performance and complaints. *Br J Anesth* 1999;82:867-874
58. Klopfenstein CE, Hermann FR, Michel JP, et al. The influence of aging surgical population on the anesthesia workload: a ten-year survey. *Anesth Analg* 1998;86:1165-1170
59. Moller JT, Clutimans P, Rasmussen LS, et al. Long-term postoperative cognitive dysfunction in the elderly: Ispocd1 study. *Lancet* 1998;351:857-861
60. Rooke GA. Cardiovascular aging and anesthetic implications. *J Cardiothorac Vas Anesth* 2003;17:512-523

61. Tonner PH, Kampen J, Scholz J. Pathophysiological changes in the elderly. *Best Pract Res Clin Anesthesiol* 2003;17:163-177
62. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, Proietti R, Tufano R, Montanini S. Monitoring cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing general abdominal surgery: a prospective cohort study. *European Journal of Anaesthesiology* 2007; 24:59-65
63. Monk TG, Weldon BC, Weldon JE. Cerebral oxygen desaturations are associated with postoperative cognitive dysfunction in elderly patients [Abstract]. *Anesthesiology* 2002;97:40
64. Nemoto E, Yonas H, Kassam A. Clinical experience with cerebral oximetry in stroke and cardiac arrest. *Crit Care Med* 2000;28:1052-4
65. Schwarz G, Litscher G, Kleinert R, Jobstmann R. Cerebral oximetry in dead subjects. *J Neurosurg Anesthesiol.* 1996;8:189-93
66. Maeda H, Fukita K, Oritani S. Evaluation of post-mortem oximetry with references to the causes of death. *Forensic Sci Internat* 1997;87:201-210
67. Fuchs G, Schwarz G, Kulier A, et al. The influence of positioning on spectroscopic measurements of brain oxygenation. *J Neurosurg Anesthesiol* 2000;12:75-80
68. Germon TJ, Young AE, Manara AR, et al: Extracerebral absorption of near infrared light influences the detection of increased cerebral oxygenation monitored by near infrared spectroscopy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995;58:477-479
69. Schwarz G, Litscher G: Transcranial Cerebral Oximetry During Surgical Procedures: A New Matrix Model For Minimization Of Problems Of Interpretation And Intervention In Desaturation Events . *The Internet Journal of Neuromonitoring* 2004;3:2
70. Murkin JM. Perioperative multimodality neuromonitoring: an overview. *Semin Cardiothorac Vase Anesth* 2004;8:167-71
71. Murkin JM, Arango M. Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *British Journal of Anaesthesia* 2009;103:3-13
72. Goldman S, Sutter F, Ferdinand F, Trace C. Optimizing intraoperative cerebral oxygen delivery using non invasive cerebral oximetry decreases the incidence of stroke for cardiac surgical patients. *Heart Surg Forum* 2004;7:376-81
73. Moritz S, Rochon J, Volkel S, Hilker M, Hobbhahn J, Graf BM, Arlt M. Determinants of cerebral oximetry in patients undergoing off-pump coronary artery

- bypass grafting: an observational study. *European Journal of Anesthesiology* 2010;27:542-549
74. Yoshitani K, Kawaguchi M, Miura N, Okuno T, Kanoda T, Ohnishi Y, Kuro M. Effects of Hemoglobin Concentration, Skull Thickness, and the Area of the Cerebrospinal Fluid Layer on Near-infrared Spectroscopy Measurements. *Anesthesiology* 2007;106:458-462
  75. Green DW. A retrospective study of changes in cerebral oxygenation using a cerebral oximeter in older patients undergoing prolonged major abdominal surgery. *European Journal of Anaesthesiology* 2007;24:230-234
  76. Bhasker Rao B, Van Himbergen D, Jaber S, Jaber S, Ali AT, Pagni S, et al. Evidence for improved cerebral function after minimally invasive bypass surgery. *J Cardiac Surg* 1998;13:27-31
  77. Volpin G, Gorski A, Shtarker H, Makhoul N. Fat embolism syndrome following injuries and limb fractures. *Harefuah* 2010;149:304-8,335
  78. Denault A, Deschamps A, Murkin JM. A Proposed Algorithm for the Intraoperative Use of Cerebral Near-Infrared Spectroscopy. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2007;11:274-281
  79. Misra M, Dujovny M, Alp MS. Changes in cerebral oxygen saturation with change in posture: a preliminary report. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 1997;6:337-340
  80. Grubb R Jr, Raichle M, Eichling J, et al. The effects of changes in PaCO<sub>2</sub> on cerebral blood volume, blood flow and vascular mean transit time. *Stroke* 1974;5:630-639
  81. Pollard V, Prough DS, DeMelo AE, Deyo DJ, Uchida T, Widman R. The influence of carbon dioxide and body position on near-infrared spectroscopic assessment of cerebral hemoglobin oxygen saturation. *Anesth Analg* 1996;82:278-87
  82. Vijay V, McCurker K, et al. Cerebral oximetry directed permissive hypercapnia enhances cerebral perfusion during CPB for heart failure surgery. Presented at Outcomes 2003: The key West Meeting, Florida.
  83. Hung YC, Huang CJ, Kuok CH, Chen CC, Hsu YW. The effect of hemodynamic changes induced by propofol induction on cerebral oxygenation in young and elderly patients. *J Clin Anesth* 2005;17:353-7
  84. Tanaka H, Kazui T, Sato H, et al. Experimental study on the optimum flow rate and pressure for selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg* 1995;59:651-657

85. Lucas SJ, Tzeng YC, Galvin SD, Thomas KN, Ogoh S, Ainslie PN. Influence of Changes in Blood Pressure on Cerebral Perfusion and Oxygenation. *Hypertension* 2010;55:698
86. Lee Y, Lee S, In J, Chung S-H, Yon JH. Prediction of Plasma Hemoglobin Concentration by Near-Infrared Spectroscopy. *J Korean Med Sci* 2008;23:674-677
87. Yoshitani K, Kawaguchi M, Iwata M, Sasaoka N, Inoue S, Kurumatani N, Furuya H. Comparison of changes in jugular venous bulb oxygen saturation and cerebral oxygen saturation during variations of haemoglobin concentration under propofol and sevoflurane anaesthesia. *Br J Anaesth* 2005;94:341-6
88. McCusker K, Chalafant A, Foe G, Gunaydin S, Vijay V. Influence of hematocrit and pump prime on cerebral oxygen saturation in on-pump coronary revascularization. *Perfusion* 2006;21:149-155
89. McEwen J. Anemia and cerebral outcomes: many questions, fewer answers. *Anesth Analg* 2008;107:1356-1370
90. Tzimas P, Liarmakopoulou A, Arnaoutoglou E, Papadopoulos G. Importance of perioperative monitoring of cerebral tissue saturation in elderly patients: an interesting case. *Minerva Anesthesiol* 2010;76:232-5
91. Konishi A, Kikuchi K: Significance of regional cerebral oxygen saturation (rSO<sub>2</sub>) during open heart surgery. *J Clin Anesth Jpn* 1995;19:1759-1762
92. Iglesias I, Murkin JM, Bainbridge D, Adams S. Monitoring oxygen saturation significantly decreases postoperative length of stay: a prospective randomized blinded study. *Heart Surg Forum* 2003;6:204-8
93. Higami T, Kozawa S, Asada T, Obo H, Gan K, Iwahashi K, et al. Retrograde cerebral perfusion versus selective cerebral perfusion as evaluated by cerebral oxygen saturation during aortic arch reconstruction. *Ann Thor Surg* 1999;67:1091-6
94. Farouk A, Karimi M, Henderson M, Ostrowsky J, Siwik E, Hennein H. Cerebral regional oxygenation during aortic coarctation repair in pediatric population. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34:26-31
95. Saydjari R, Upp JR, Wolma FJ. Coronary-subclavian steal syndrome following coronary artery bypass grafting. *Cardiology* 1991;78:53-57
96. Scholl FG, Webb D, Christian K, Drinkwater DC. Rapid diagnosis of cannula migration by cerebral oximetry in neonatal arch repair. *Ann Thorac Surg* 2006;82:325-327

97. Tan ST. Cerebral oximetry in cardiac surgery. *Hong Kong Med J* 2008;14:220-225
98. Austin EH, Edmonds HL, Auden SM, Niznik G, Sehic A, Sowell MK, et al. Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;114:707-15
99. Borst HC, Laas J, Heinemann M. Type A aortic dissection: Diagnosis and management of malperfusion phenomena. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1991;3:238-241
100. Fischer GW. Recent Advances in Application of Cerebral Oximetry in Adult Cardiovascular Surgery. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 2008;12:60-69
101. Lam JM, Smielewski P, Al-Rawi P, Griffiths P, Pickard JD, Kirkpatrick PJ. Internal and External Carotid Contributions to Near-Infrared Spectroscopy During Carotid Endarterectomy. *Stroke* 1997;28:906-911
102. Lee TS, Hines GL, Feuerman M. Significant correlation between cerebral oximetry and carotid stump pressure during carotid endarterectomy. *Ann Vasc Surg* 2008;22:58-62
103. Botes K, Le Roux DA, Van MJ. Cerebral monitoring during carotid endarterectomy - a comparison between electroencephalography, transcranial cerebral oximetry and carotid stump pressure. *S Afr J Surg* 2007;45:43-46
104. Rigamonti A, Scandroglio M, Minicucci F, Magrin S, Torri G, Casati A. Monitoring cerebral perfusion during carotid endarterectomy: a clinical evaluation of near-infrared cerebral oximetry as compared with electroencephalography. *J Clin Anesth* 2005;17:426-430
105. Samra SK, Dorje P, Zelenock GB, Stanley JC. Cerebral Oximetry in Patients Undergoing Carotid Endarterectomy Under Regional Anesthesia. *Stroke* 1996;27:49-55
106. Murkin JM. Near infrared cerebral oxygenation monitoring. *Cardiopulmonary Pathophysiology* 2009;13:152-154
107. Germon TJ, Kane NM, Manara R, Nelson RJ. Near-infrared spectroscopy in adults: effects of extracranial ischaemia and intracranial hypoxia on estimation of cerebral oxygenation. *British Journal of Anaesthesia* 1994;73:503-506
108. Pedersen T, Pedersen D, Moller AM. Pulse oximetry for perioperative monitoring. *Cochran Database Syst Rev* 2003;3:CD002013

109. Bateman BT, Schumacher HC, Wang S, Shaefi S, Berman MF. Perioperative acute ischemic stroke in noncardiac and nonvascular surgery. *Anesthesiology* 2009;110:231-8
110. Monk TG, Weldon BC, Garvan CW, Dede DE, van der Aa MT, Heilman KM, et al. Predictors of cognitive dysfunction after major noncardiac surgery. *Anesthesiology* 2008;108:18-30
111. Morimoto Y, Yoshimura M, Utada K, Setoyama K, Matsumoto M, Sakabe T. Prediction of postoperative delirium after abdominal surgery in the elderly. *J Anesth* 2009;23:51-6
112. Newman MF, Kirchner JL, Phillips-Bute B, Gaver V, Grocott H, Jones RH, et al. Longitudinal assessment of neurocognitive function after coronary artery bypass surgery. *N Engl J Med* 2001;344:395-402
113. Minville V, Asehnoune K, Salau S, et al. The Effects of Spinal Anesthesia on Cerebral Blood Flow in the Very Elderly. *Anesthesia and Analgesia* 2009;108:1291-1294
114. Murkin JM, Bainbridge D, Novick R. Adequacy of Brain Oxygen Saturation for Goal-Directed Therapy. *Anesth Analg* 2007;105:538-539
115. Lovell AT, Owen-Reece H, Elwell CE, Smith M, Goldstone JC. Continuous Measurement of Cerebral Oxygenation by Near Infrared Spectroscopy During Induction of Anesthesia. *Anesth Analg* 1999;88:554
116. Murkin JM. Postoperative cognitive dysfunction: aprotinin, bleeding and cognitive testing. *Can J Anaesth* 2004;51:957-962
117. Hoppenstein D, Zohar E, Ramaty E, Shabat S, Fredman B. The effects of general vs spinal anesthesia on frontal cerebral oxygen saturation in geriatric patients undergoing emergency surgical fixation of the neck of femur. *J Clin Anesth.* 2005;17:431-8
118. Folstein M, Folstein S, McHugh P. Mini Mental State. A practical method for grading the cognitive state of patients for clinician. *J Psychiatr Res* 1975;12:189 – 198
119. Hammon JW, Stump DA, Kon ND, Cordell AR, Hudspeth AS, Oaks TE, et al. Risk factors and solutions for the development of neurobehavioral changes after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1997;63:1613-1618



120. Hong SW, Shim JK, Choi YS, Kim DH, Chang BC, Kwak YL. Prediction of cognitive dysfunction and patients' outcome following valvular heart surgery and the role of cerebral oximetry. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;33:560-565
121. Grubhofer G, Tonninger P, Keznickl P, et al. A comparison of the monitors INVOS 3100 and NIRO 500 in detecting changes in cerebral oxygenation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43:470-475
122. Jensen BO, Rasmussen LS, Steinbruchel DA. Cognitive outcomes in elderly high-risk patients 1 year after off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting. A randomized trial. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34:1016-1021
123. Kazan R, Bracco D, Hemmerling TM. Reduced cerebral oxygen saturation measured by absolute cerebral oximetry during thoracic surgery correlates with postoperative complications. *BJA* 2009;103:811-816
124. Casati A, Aldegheri G, Vinciguerra E, Marsan A, Frascini G, Torri G. Randomized comparison between sevoflurane anaesthesia and unilateral spinal anaesthesia in elderly patients undergoing orthopaedic surgery. *Eur J Anaesthesiol*. 2003;20:640-6
125. Peduto VA, Chevallier P, Casati A, and the VIMA Group. A multicenter survey on anaesthesia practice in Italy. *Minerva Anesthesiol* 2004;70:473-91
126. Liu LL, Wiener-Kronish JP. Perioperative anesthesia issues in the elderly. *Crit Care Clin* 2003;19:641-56
127. Williams LM, Mead G, Picton AJ, et al. The influence of contralateral carotid stenosis and occlusion on cerebral oxygen saturation during carotid artery surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995;10:198-206
128. Vernieri F, Tibuzzi F, Pasqualetti P, Rosato N, Passarelli F, Rossini PM, Silvestrini M. Transcranial Doppler and Near-Infrared Spectroscopy Can Evaluate the Hemodynamic Effect of Carotid Artery Occlusion. *Stroke* 2004;35:64
129. Henning Bay Nielsen and Jens Børghlum. Cerebral Oxygenation in Heart Surgery. *Anesth Analg* August 2007;105:537
130. Murkin JM. Perioperative detection of brain oxygenation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;8:13-4
131. Prabhune A, Sehic A, Spence PA, et al. Cerebral oximetry provides early warning of oxygen delivery failure during cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vase Anesth* 2002;16:204-206

132. Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ, Quantz M, et al. Monitoring Brain Oxygen Saturation During Coronary Bypass Surgery: A Randomized, Prospective Study. *Anesth Analg*. 2007;104:51-8
133. Yao FSF, Levin SK, Wu D. Maintaining cerebral oxygen saturation during cardiac surgery shortened ICU and hospital stay. *Anesth Analg* 2001;92:SCA86 (abstr)
134. Deeb GM, Jenkins E, Bolling SF, et al. Retrograde cerebral perfusion during hypothermic circulatory arrest reduces neurologic morbidity. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;109:259-268
135. Vohra HA, Modi A, Ohri SK. Does use of intra-operative cerebral regional oxygen saturation monitoring during cardiac surgery lead to improved clinical outcomes? *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 2009;9:318–322
136. Kussman BD, Wypij D, DiNardo JA, Newburger JW, et al. Cerebral Oximetry During Infant Cardiac Surgery: Evaluation and Relationship to Early Postoperative Outcome. *Anesthesia and Analgesia* 2009;108:1122-1131
137. Tobias JD. Cerebral Oximetry Using Near-Infrared Spectroscopy Aids in the Diagnosis of Interrupted Aortic Arch. *J Intensive Care Med* 2008;23:335-337
138. Daubeney PE, Smith DC, Pilkington SN, et al. Cerebral oxygenation during paediatric cardiac surgery: Identification of vulnerable periods using near-infrared spectroscopy. *Eur J of Cardiothorac Surg* 1998;13:370-7
139. Edmonds HL, Jr. Protective effect of neuromonitoring during cardiac surgery. *Ann N Y Acad Sci* 2005;1053:12-19
140. Kussman BD, Wypij D, DiNardo JA, Newburger J, Jonas RA, Bartlett J, McGrath E, Laussen PC. An Evaluation of Bilateral Monitoring of Cerebral Oxygen Saturation During Pediatric Cardiac Surgery. *Anesth Analg* 2005;101:1294-1300
141. Newburger JW, Jonas RA, Soul J, Kussman BD, Bellinger DC, et al. Randomized trial of hematocrit 25% versus 35% during hypothermic cardiopulmonary bypass in infant heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135:347-354
142. Toma G, Amcheslavski V, Lukianov V, Ostrovski A, DeWitt D. Transcranial cerebral oximetry (TCCO) monitoring in neurosurgical critically ill patients. *Critical Care* 2003;7:81
143. Plachky J, Hofer S, Volkmann M, Martin E, Bardenheuer HJ, Weigand MA. Regional cerebral oxygen saturation is a sensitive marker of cerebral hypoperfusion during orthotopic liver transplantation. *Anesth Analg* 2004;99:344-9

144. Park EY, Koo BN, Min KT, Nam SH. The effect of pneumoperitoneum in the steep Trendelenburg position on cerebral oxygenation. *Acta Anaesthesiol Scand* 2009;53:895-899
145. Gipson CL, Johnson GA, Fisher R, Stewart A, Giles G, Johnson JO, Tobias JD. Changes in cerebral oximetry during peritoneal insufflation for laparoscopic procedures. *Journal of Minimal Access Surgery* 2006;2:67-72
146. Fuchs G, Schwarz G, Kulier A, et al. The influence of positioning on spectroscopic measurements of brain oxygenation. *J Neurosurg Anesthesiol* 2000;12:75-80