

GIÁ TRỊ ĐỘ BẢO HÒA OXY VÙNG TẠI MÔ NÃO TRONG PHẪU THUẬT VAN TIM

Đặng Thế Uyên¹, Võ Đại Quyền¹, Trương Tuấn Anh¹,
Lê Nhật Anh¹, Ngô Thị Trang¹

TÓM TẮT

Mục tiêu: Khảo sát giá trị độ bão hòa oxy vùng tại mô não và xác định mối tương quan với cung lượng tim và chỉ số tim ở bệnh nhân phẫu thuật van tim.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu: 51 bệnh nhân được phẫu thuật van tim được theo dõi đo độ bão hòa oxy tại mô não (SrO₂) bằng kỹ thuật quang phổ cận hồng ngoại, cung lượng tim, chỉ số tim trước khi gây mê, sau khi gây mê, trước lúc khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể, trong khi tuần hoàn ngoài cơ thể, sau khi ngưng tuần hoàn ngoài cơ thể, trước lúc chuyển ra phòng hồi sức.

Kết quả: Giá trị độ bão hòa oxy não lúc tự thở khí trời ở bán cầu não (P) và não (T) lần lượt là $63,5 \pm 7,7\%$ và $62,9 \pm 6,8\%$, ở các thời điểm phẫu thuật thay đổi từ $56,7 \pm 10,5\%$ đến $65,2 \pm 10,5\%$. Giá trị này thấp nhất trong giai đoạn tuần hoàn ngoài cơ thể và ở hai bán cầu não (P) và bán cầu não (T) lần lượt là $56,7 \pm 10,5\%$ và $57,3 \pm 9,8\%$. Độ bão hòa oxy tại mô não tương quan thuận với cung lượng tim và chỉ số tim ở các thời điểm nghiên cứu và không có mối tương quan với cung lượng tim và chỉ số tim trong khi tuần hoàn ngoài cơ thể.

Kết luận: Giá trị nền của độ bão hòa oxy tại mô não trong bệnh nhân phẫu thuật van tim là $63,5 \pm 7,7\%$ ở bán cầu não phải và $62,9 \pm 6,8\%$ ở bán cầu não trái và thấp nhất trong giai đoạn tuần hoàn ngoài cơ thể. Độ bão hòa oxy tại mô não có mối tương quan với CO, CI trong các giai đoạn phẫu thuật ngoại trừ khi tuần hoàn ngoài cơ thể.

Từ khóa: Độ bão hòa oxy vùng tại mô não, cung lượng tim, chỉ số tim

ABSTRACT

REGIONAL CEREBRAL OXYGEN SATURATION VALUES IN VALVE SURGERY

Dang The Uyen¹, Vo Dai Quyen¹, Truong Tuan Anh¹,
Le Nhat Anh¹, Ngo Thi Trang¹

Objective: To investigate regional cerebral oxygen saturation values and determine the correlation between regional cerebral oxygen saturation and cardiac output, cardiac index in valve surgical patients.

Subjects and methods: A total of 51 valve surgical patients were enrolled in the study. Regional cerebral oxygen saturation and cardiac output (CO), cardiac index (CI) were measured during the phases of pre-induction, post-induction, onset of cardiopulmonary bypass (CPB), during CPB, the end of the CPB and before leaving theatre.

1. Bệnh viện TW Huế

- Ngày nhận bài (Received): 1/12/2018; Ngày phản biện (Revised): 3/12/2018;
- Ngày đăng bài (Accepted): 25/12/2018
- Người phản hồi (Corresponding author): Đặng Thế Uyên
- Email: dangtheuyen@gmail.com; ĐT: 0914 042 363

Results: Regional cerebral oxygen saturation when patients breath room air was $63.5 \pm 7.7\%$ in right brain and $62.9 \pm 6.8\%$ in left one, and in the range from $56.7 \pm 10.5\%$ to $65.2 \pm 10.5\%$ during studying points. This values was lowest during CPB, $56.7 \pm 10.5\%$ and $57.3 \pm 9.8\%$ in in right brain and in left one, respectively. Regional cerebral oxygen saturation correlated positively with CO, CI during studying pointsexcept for CPB time.

Conclusion: Baseline regional cerebral oxygen saturation was $63.5 \pm 7.7\%$ in right brain and $62.9 \pm 6.8\%$ in left one. The lowest values were during CPB. Regional cerebral oxygen saturationcorrelated well with CO, CI except for CPB time.

Key words: Regional cerebral oxygen saturation, cardiac output, cardiac index

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phẫu thuật van tim dưới tuần hoàn ngoài cơ thể(THNCT) có nhiều nguy cơ rối biến loạn huyết động và tình trạng tưới máu mô tạng của cơ thể ở các thời điểm khác nhau trong quá trình phẫu thuật, đặc biệt là ở thời điểm bắt đầu tuần hoàn ngoài cơ thể và thời điểm phục hồi tái tưới máu sau tuần hoàn ngoài cơ thể. Tình trạng biến loạn huyết động và giảm tưới máu mô gây nên sự mất cân bằng cung-cầu oxy của cơ thể, tình trạng này tùy theo mức độ nặng có thể dẫn đến tình trạng tổn thương hoặc suy đa tạng, đây là một biến chứng thường gặp đối với phẫu thuật tim dưới tuần hoàn ngoài cơ thể. Để theo dõi huyết động và tình trạng tưới máu mô tạng cũng như cung cầu oxy của cơ thể ở bệnh nhân phẫu thuật tim hở ngoài các thông số huyết động, khả năng oxy hóa máu, độ bão hòa oxy vùng tại mô não (SrO_2) là một thông số cho phép đánh giá tình trạng tưới máu mô não ở mức độ vi tuần hoàn [1].

Phương pháp đo độ bão hòa oxy tại mô não (SrO_2) bằng kỹ thuật quang phổ cận hồng ngoại (NIRS- Near-Infrared Spectroscopy) được Jobsis giới thiệu năm 1977 là một kỹ thuật không xâm nhập không có biến chứng. Năm 1991, Greeley và cộng sự lần đầu tiên báo cáo sử dụng kỹ thuật này để theo dõi độ bão hòa oxy tại mô não và tình trạng huyết động trong phẫu thuật tim bẩm sinh ở trẻ em [1]. Ngày nay kỹ thuật đo độ bão hòa oxy liên tục tại mô não đã được ứng dụng rộng rãi trong phẫu thuật tim và các phẫu thuật có nguy cơ cao nhờ có kỹ thuật đơn giản và tính năng theo dõi liên tục độ bão hòa oxy tại mô não giúp đưa ra các quyết định điều

trị chính xác kịp thời cho các thay đổi về huyết động và cung cầu oxy của bệnh nhân [4]. Do vậy, chúng tôi tiến hành nghiên cứu đề tài này nhằm mục tiêu:

1. Khảo sát giá trị độ bão hòa oxy vùng tại mô não bằng kỹ thuật quang phổ cận hồng ngoại ở bệnh nhân phẫu thuật van tim.
2. Đánh giá sự tương quan của độ bão hòa oxy vùng tại mô não với cung lượng tim và chỉ số tim ở bệnh nhân phẫu thuật van tim.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu gồm các bệnh nhân có chỉ định phẫu thuật bệnh van tim từ 18 tuổi trở lên tại Trung tâm Tim mạch, Bệnh viện Trung ương Huế từ tháng 1/2017 đến tháng 6/2017. Không lựa chọn bệnh nhân có kèm theo bệnh tim bẩm sinh phức tạp; có các bệnh lý ảnh hưởng đến tưới máu mô não kèm theo như hẹp động mạch cảnh trên 50%, hoặc có tiền sử đột quỵ não; loại ra khỏi nghiên cứu các bệnh nhân có rối loạn chức năng tim do nguyên nhân ngoại khoa dựa vào đánh giá siêu âm tim trong phẫu thuật như còn hở van 2 lá > 2/4, hở van động mạch chủ > 2/4 hoặc có rối loạn vận động lá van cơ học; có tai biến phẫu thuật, hạ thân nhiệt sâu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu mô tả cắt ngang, tiến cứu.

2.2.2. Phương pháp tiến hành.

- Thăm khám và chuẩn bị bệnh nhân trước gây mê.
- + Bệnh nhân sẽ được thăm khám thường quy.

Bệnh viện Trung ương Huế

+ Chuẩn bị bệnh trước phẫu thuật như thường quy như nhịn ăn uống trước mổ, tiền mê bằng hydroxyzin đêm trước mổ và sáng ngày trước lúc chuyển đến phòng mổ.

- Giai đoạn gây mê, phẫu thuật

+ Bệnh nhân được tiến hành đặt các đường truyền để truyền dịch, catheter động mạch và catheter Swan-Ganz dưới gây tê tại chỗ bằng lidocain 1%.

+ Gây mê cân bằng: (1) Khởi mê thường quy với các thuốc midazolam 3-5 mg, etomidate 0,2-0,3 mg/kg, sufentanil 1 microgam/kg, rocuronium 0,6 mg/kg. (2) Đặt nội khí quản cho thở máy với thể tích khí lưu thông 8-10 ml/kg, tần số 10-14 lần/phút, PEEP 5 cmH₂O, FiO₂ 50%, điều chỉnh các thông số để duy trì EtCO₂ từ 35-40 mmHg. (3) Duy trì mê với các thuốc sevofluran, sufentanil, rocuronium. Bù dịch hoặc sử dụng thuốc vận mạch để duy trì huyết động ổn định theo phác đồ thường quy. Trong suốt quá trình gây mê bệnh nhân được theo dõi liên tục các thông số huyết động, các giá trị bão hòa oxy, áp suất riêng phần của khí CO₂ và nồng độ khí mê trong khí thở ra.

- Giai đoạn tuần hoàn ngoài cơ thể

Sau khi tiêm tĩnh mạch heparin liều 300 đơn vị/kg cân nặng, tiến hành thiết lập tuần hoàn ngoài cơ thể. Khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể khi xét nghiệm ACT > 400 giây. Liệt tim thường quy bằng dung dịch máu nóng. Thời điểm này propofol dùng thay

thế sevofluran để duy trì mê cùng với sufentanil và rocuronium, nicardipin thường được dùng để duy trì huyết áp và lưu lượng thích hợp cho bệnh nhân.

Sau khi sửa chữa các thương tổn ngoại khoa, các buồng tim được đóng đũa sạch khí và đóng kín. Mở cặp động mạch chủ, tim được tái tưới máu và hoạt động trở lại. Thuốc vận mạch và chống loạn nhịp thường được sử dụng từ giai đoạn này tùy thuộc vào tình trạng của bệnh nhân.

Khi tình trạng huyết động ổn định và tưới máu mô cân bằng, nhiệt độ toàn thân > 36 độ C. Bệnh nhân được cho thở máy trở lại với các thông số ban đầu. Tuần hoàn ngoài cơ thể sẽ giảm dần lưu lượng, tiến hành cai tuần hoàn ngoài cơ thể và rút bỏ các canuyn, rồi tiến hành trung hòa heparin bằng protamin với liều 1mg cho 100 đơn vị.

- Giai đoạn sau tuần hoàn ngoài cơ thể

Bệnh nhân được làm ấm cho nhiệt độ toàn thân > 36,5 độ C. Điều chỉnh tình trạng huyết động và cân bằng tưới máu mô bằng các thuốc vận mạch, liệu pháp truyền dịch, máu và các sản phẩm... Khi bệnh nhân ổn định sẽ được chuyển về phòng hồi sức tăng cường.

- Phác đồ xử trí tình trạng giảm độ bão hòa oxy vùng tại mô não trong quá trình phẫu thuật: Khi độ bão hòa oxy vùng tại mô não giảm xuống dưới 40% hoặc giảm hơn 20% so với giá trị nền cần phải can thiệp sớm theo các bước sau [5]:

Bước 1	Tăng nồng độ oxy trong khí thở vào (FiO ₂) lên 100%
Bước 2	Kiểm tra vị trí của đầu các canuyn để đảm bảo không có sự tắc nghẽn gây giảm dòng chảy
Bước 3	Nếu PaCO ₂ < 40 mmHg, điều chỉnh để tăng PaCO ₂ > 40 mmHg
Bước 4	Nếu huyết áp động mạch trung bình < 50 mmHg, điều chỉnh để tăng lên trên 60 mmHg
Bước 5	Nếu Hct < 25%, truyền khối hồng cầu để duy trì Hct > 25%
Bước 6	Nếu các can thiệp ở trên không hiệu quả, gia tăng độ mê để giảm tiêu thụ oxy của cơ thể

Theo dõi các biến số SrO₂, cung lượng tim (CO), chỉ số tim (CI) ở các thời điểm:

- T0: Trước lúc khởi mê sau khi đã đặt các đường truyền tĩnh mạch, catheter động mạch và catheter Swan-Ganz.

- T1: Sau khi khởi mê.

- T2: Trước lúc khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể.

- T3: Trong khi tuần hoàn ngoài cơ thể.

- T4: Sau khi ngưng tuần hoàn ngoài cơ thể.

- T5: Trước lúc chuyển ra phòng hồi sức.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Có 51 bệnh nhân thỏa mãn các tiêu chuẩn chọn bệnh được đưa vào nhóm nghiên cứu có các đặc điểm sau:

Bảng 3.1. Đặc điểm chung của nhóm nghiên cứu

Thông số	Giá trị (n =51)
Tuổi	45,4 ± 13,2 (19 - 71)
Giới (Nam/Nữ)	20/31 (39,2/60,8%)
BMI	20,6 ± 2,4
NYHA (I/II/III)	2/36/13 (3,9/70,6/25,5%)
FE	53,5 ± 7,3 (38 - 68%)
EUROSCORE	1,3 ± 1,2 (0 - 5)

Bệnh nhân chủ yếu ở nhóm tuổi trung niên, nữ nhiều hơn nam, chức năng thất trái còn bảo tồn.

Bảng 3.2. Loại phẫu thuật

Loại phẫu thuật	n =51
Thay van hai lá	27 (52,9%)
Thay van hai lá, sửa van 3 lá	1 (2%)
Thay van hai lá, thay van động mạch chủ	11 (21,6%)
Thay van hai lá, thay van động mạch chủ, sửa van 3 lá	6 (11,8%)
Thay van động mạch chủ	(11,8%)

Phẫu thuật thay van hai lá đơn thuần chiếm ưu thế 27/51 trường hợp (52,9%), phẫu thuật thay van hai lá phối hợp với các van khác chiếm 24/51 trường hợp (47,1%).

Bảng 3.3. Đặc điểm gây mê, phẫu thuật

Thông số	Giá trị
Thời gian phẫu thuật	234,7 ± 41,4 (phút)
Thời gian THNCT	110,7 ± 37,4 (phút)
Thời gian cặp động mạch chủ	80,4 ± 33,5 (phút)
Thời gian gây mê	267,7 ± 47,5 (phút)

Bảng 3.4. Giá trị của độ bão hòa oxy vùng tại mô não qua các giai đoạn phẫu thuật

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
SrO ₂ _P	63,5 ± 7,7 (48 - 79)	63,8 ± 10,2 (37 - 90)	62,0 ± 8,8 (43 - 85)	56,7 ± 10,5 (32 - 81)	61,0 ± 9,5 (42 - 90)	65,2 ± 10,5 (42 - 88)
SrO ₂ _T	62,9 ± 6,8 (51 - 78)	64,5 ± 7,9 (46 - 82)	62,2 ± 8,4 (43 - 85)	57,3 ± 9,8 (40 - 81)	61,2 ± 7,8 (44 - 78)	64,9 ± 8,6 (45 - 88)

P: phải; T: Trái

- Giá trị độ bão hòa oxy não qua các thời điểm phẫu thuật ở cả 2 bán cầu não (P) và bán cầu não (T) từ 56,7 ± 10,5% đến 65,2 ± 10,5%.

- Giá trị độ bão hòa oxy não thấp nhất ở thời điểm T3 cho cả hai bán cầu não (P) và bán cầu não (T) (56,7 ± 10,5% và 57,3 ± 9,8%).

Bảng 3.5. Giá trị của CO, CI ở bệnh nhân phẫu thuật van tim qua các giai đoạn phẫu thuật

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
CO	3,8 ± 1,1	2,8 ± 0,8	2,5 ± 0,8	3,2 ± 0,4	3,9 ± 1,2	4,2 ± 1,2
CI	2,3 ± 0,8	1,8 ± 0,5	1,7 ± 0,5	2,1 ± 0,2	2,6 ± 0,8	2,8 ± 0,7

Giá trị CO, CI thấp nhất ở giai đoạn sau khởi mê và giai đoạn trước khi khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể.

Bảng 3.6. Tương quan giữa SrO_2 với CO, CI qua các giai đoạn phẫu thuật

Thông số	CO_T0	CO_T1	CO_T2	CO_T3	CO_T4	CO_T5
SrO_2 _P	r:0,62 p<0,05	r:0,384 p < 0,05	r:0,398 p < 0,05	r:0,063 p > 0,05	r:0,393 p < 0,05	r:0,353 p < 0,05
SrO_2 _T	r:0,59 p < 0,05	r:0,423 p < 0,05	r:0,433 p < 0,05	r:0,026 p > 0,05	r:0,451 p < 0,05	r:0,357 p < 0,05

Thông số	CI_T0	CI_T1	CI_T2	CI_T3	CI_T4	CI_T5
SrO_2 _P	r:0,644 p < 0,05	r:0,37 p < 0,05	r:0,361 p < 0,05	r:0,02 p > 0,05	r:0,41 p < 0,05	r:0,379 p < 0,05
SrO_2 _T	r:0,608 p < 0,05	r:0,409 p < 0,05	r:0,395 p < 0,05	r:0,06 p > 0,05	r:0,472 p < 0,05	r:0,374 p < 0,05

CO, CI tương quan thuận với độ bão hòa oxy não ở cả hai bán cầu ở các giai đoạn: trước khởi mê (T0), sau khởi mê (T1), trước khi khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể (T2), sau khi ngưng tuần hoàn ngoài cơ thể (T4) và trước lúc chuyển bệnh nhân sang phòng hồi sức (T5) với $p < 0,05$ và không tương quan với độ bão hòa oxy não ở cả hai bán cầu ở thời điểm trong khi tuần hoàn ngoài cơ thể (T3).

IV. BÀN LUẬN

4.1. Giá trị độ bão hòa oxy vùng tại mô não

Thể tích máu ở mô não chủ yếu là máu tĩnh mạch chiếm đến 70%, máu động mạch chỉ chiếm 25% nên đường biểu diễn độ bão hòa oxy mô não là một đường biểu diễn không mạch đập(non-pulsatile) của máu trộn [9].

Giá trị độ bão hòa oxy mô não là thay đổi tùy thuộc vào từng nhà sản xuất khác nhau cho các loại máy đo độ bão hòa oxy vùng khác nhau, do đó trên lâm sàng thường dùng chỉ số giảm hay tăng bao nhiêu phần trăm so với giá trị nền để có các quyết định xử trí thích hợp.

Edmonds và cộng sự nghiên cứu trên 1000 bệnh nhân người lớn phẫu thuật tim có giá trị độ bão hòa oxy vùng tại mô não là $67 \pm 10\%$, và đưa ra khuyến cáo cần phải can thiệp khi giá trị này giảm xuống dưới 20% so với giá trị nền hoặc độ bão hòa oxy vùng ở mô não nhỏ hơn 40% [3].

Trong nghiên cứu của chúng tôi, giá trị độ bão hòa oxy của mô não được đo ở các giai đoạn phẫu thuật là tương đồng với Edmonds. Giá trị độ bão

hòa oxy vùng tại mô não thấp nhất ở thời điểm trong khi tuần hoàn ngoài cơ thể do trong thời điểm này có tình trạng hòa loãng máu và hạ thân nhiệt, hoặc có thể do sự thay đổi dòng chảy của tưới máu não do sự di lệch vị trí canuyn động mạch chủ khi cặp để khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể [6].

Giá trị CO, CI là thấp nhất ở giai đoạn sau khởi mê và giai đoạn trước lúc khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể, điều này lý giải cho hậu quả tác dụng ức chế tim mạch của các thuốc gây mê và các thao tác của phẫu thuật viên trong khi bóc tách đặt các canuyn để thiết lập hệ thống tuần hoàn ngoài cơ thể làm ảnh hưởng đến chu chuyển tim.

Giá trị CO, CI cao nhất ở các thời điểm sau khi ngưng tuần hoàn ngoài cơ thể và giai đoạn kết thúc phẫu thuật trước khi chuyển bệnh nhân về phòng hồi sức điều này giải thích cho hiệu quả của việc phẫu thuật sửa chữa ngoại khoa, và việc sử dụng các thuốc vận mạch trong giai đoạn này.

4.2. Tương quan giữa SrO_2 với CO, CI qua các giai đoạn phẫu thuật

Brady và cộng sự nghiên cứu thấy có mối tương quan thuận chặt chẽ giữa độ bão hòa oxy vùng tại mô não bằng kỹ thuật quang phổ cận hồng ngoại với dòng máu não qua theo dõi tốc độ dòng máu đi qua động mạch não giữa bằng kỹ thuật Doppler xuyên sọ (TCD) ở bệnh nhân phẫu thuật tim trong giai đoạn tuần hoàn ngoài cơ thể khi duy trì huyết áp trung bình (HATB) trong khoảng 45 - 80 mmHg [2].

Cơ chế tự điều hòa giúp cho dòng máu não là tương đối hằng định trong điều kiện HATB từ 50

- 150 mmHg [8]. Do đó trong điều kiện này thì độ bão hòa oxy vùng tại mô não sẽ phụ thuộc vào cung lượng tim, nồng độ hemoglobin và áp lực riêng phần của oxy máu động mạch. Như vậy nếu điều chỉnh PaO_2 và hemoglobin thỏa đáng thì độ bão hòa oxy mô não sẽ phụ thuộc chính vào cung lượng tim và chỉ số tim. Điều này lý giải cho mối tương quan thuận giữa độ bão hòa oxy não ở cả hai bán cầu não với cung lượng tim và chỉ số tim qua các giai đoạn: trước khi khởi mê (T0), sau khi khởi mê (T1), trước khi khởi động tuần hoàn ngoài cơ thể (T2), sau khi ngưng tuần hoàn ngoài cơ thể (T4), và trước lúc chuyển bệnh nhân ra phòng hồi sức (T5) có được ở trong nghiên cứu của chúng tôi.

Trong nghiên cứu của chúng tôi độ bão hòa oxy vùng ở mô não ở cả hai bán cầu não đều không tương quan với cung lượng tim(CO) và chỉ số tim (CI). Kết quả này có thể được lý giải do việc hòa loãng máu trong giai đoạn tuần hoàn ngoài cơ thể, ngoài ra cũng có thể do sự sai lệch vị trí của canuyn động mạch chủ khi cặp động mạch chủ để khởi

động tuần hoàn ngoài cơ thể làm thay đổi dòng chảy và lưu lượng tưới máu não mặc dù lưu lượng bơm ở máy tuần hoàn ngoài cơ thể là không thay đổi.

Một trong ý nghĩa quan trọng của theo dõi sự thay đổi SrO_2 là khi SrO_2 giảm ở giai đoạn phẫu thuật có ảnh hưởng đến chức năng thần kinh sau phẫu thuật không nghiên cứu này chưa trả lời được câu hỏi đó. Cần có nghiên cứu để đánh giá về vấn đề này.

V. KẾT LUẬN

Giá trị nền của độ bão hòa oxy tại mô não trong bệnh nhân phẫu thuật van tim là $63,5 \pm 7,7\%$ ở bán cầu não phải và $62,9 \pm 6,8\%$ ở bán cầu não trái. Giá trị này thấp nhất trong giai đoạn tuần hoàn ngoài cơ thể $56,7 \pm 10,5\%$ ở bán cầu não phải và $57,3 \pm 9,8\%$ ở bán cầu não trái. Độ bão hòa oxy tại mô não với cung lượng tim và chỉ số tim ở các thời điểm nghiên cứu và không có mối tương quan cung lượng tim và chỉ số tim trong giai đoạn tuần hoàn ngoài cơ thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bhutta A.T., Ford J.W., Parker J.G., et al (2007), "Noninvasive cerebral oximeter as a surrogate for mixed venous saturation in children", *Pediatr Cardiol*, 28, pp.34-41.
2. Brady K., Joshi B., Zweifel C. et al (2010), "Real Time Continuous Monitoring of Cerebral Blood Flow Autoregulation using Near-Infrared Spectroscopy in Patients Undergoing Cardiopulmonary Bypass", *Stroke*, 41(9), pp. 1951-6.
3. Edmonds H.L., Ganzel B.L., Austin E.H. (2004), "Cerebral oximetry for cardiac and vascular surgery", *Seminars in cardiothoracic and vascular anesthesia*, 8(2), pp.147-66.
4. Heringlake M., Garbers C., Kaber J.H. et al (2011), "Preoperative cerebral oxygen saturation and clinical outcome in cardiac surgery", *Anesthesiology*; 114(1), pp.58-69.
5. Murkin J.M., Arango M., (2009), "Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation", *British Journal of Anaesthesia*, 103,i3-i13.
6. Orihashi K. et al (2005), "Malposition of selective cerebral perfusion catheter is not a rare event", *Eur J Cardiothoracic Surg*, 27, pp.644-8.
7. Scheeren T.W.L, Schober P., Schwarte L.A. (2012), "Monitoring tissue oxygenation by near infrared spectroscopy (NIRS): Background and current applications", *J Clin Monit Comput*, 26, pp. 279-87.
8. Tameen A., Krowidi H. (2013), "Cerebral physiology", *Continuing Education in Anesthesia, Critical Care & Pain*, 13(4).
9. Tripodaki E.S., Tasoulis A., Koliopoulou A. (2012), "Microcirculation and macrocirculation in cardiac surgical patients", *Critical Care Research and Practice*, Article ID 654381.