

Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum
Wydział Lekarski

Tomasz Składzień

**Zastosowanie pomiaru saturacji mózgowej w celu optymalizacji
znieczulenia ogólnego w trakcie dużych operacji w zakresie
jamy brzusznej**

Praca doktorska

Promotor: prof. dr hab. n. med. Janusz Andres

Pracę wykonano w: Katedrze Anestezjologii i Intensywnej Terapii UJ CM
w Krakowie

Kierownik jednostki: prof. dr hab. n. med. Janusz Andres
oraz

I Katedrze Chirurgii Ogólnej i Klinika Chirurgii Ogólnej,
Onkologicznej i Gastroenterologicznej w Krakowie

Kierownik jednostki: prof. dr hab. n. med. Jan Kulig

Kraków 2014

Promotorowi

Prof. dr hab. n. med. Januszowi Andresowi

składam serdeczne podziękowania za pomoc w przygotowaniu tej pracy

Spis treści

Wykaz skrótów	5
1.0. Wstęp	6
1.1. Wprowadzenie	6
1.2. Możliwości monitorowania okołoperacyjnego ośrodkowego układu nerwowego podczas znieczulenia ogólnego.	9
1.3. Spektroskopia bliskiej podczerwieni (NIRS - near infrared spectroscopy) w monitorowaniu ośrodkowego układu nerwowego	11
1.4. Różnice pomiędzy NIRS a pulsoksymetrią i gazometrią krwi tętniczej.	13
1.5. Kliniczne zastosowanie NIRS.	14
2. Cele pracy	18
3. Materiał i Metody	19
3.1. Materiał	19
3.2. Stosowane metody	19
3.3. Metody analizy statystycznej.	23
4. Wyniki	25
4.1. Dane antropometryczne pacjentów podzielonych na podgrupy w zależności od celów badawczych.	25
4.2. Zmiany saturacji mózgowej u chorych poddanych dużym zabiegom operacyjnym w zakresie jamy brzusznej	27
4.3. Śródoperacyjne zmiany saturacji mózgowej u chorych poddanych dużym zabiegom operacyjnym w zakresie jamy brzusznej z zastosowaniem znieczulenia zewnątrzoponowego.	35
4.4. Zastosowanie pomiaru saturacji mózgowej w ocenie krwawienia śródoperacyjnego.	39
4.5. Analiza wpływu chorób towarzyszących na wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego	40
4.6. Analiza występowania pooperacyjnych zaburzeń poznawczych.	42

4.7. Analiza zależności pomiędzy wartościami saturacji mózgowej a częstością akcji serca, średnim ciśnieniem tętniczym, wartością kapnografii oraz poziomem saturacji obwodowej.	45
4.8. Analiza skuteczności wybranych metod w korygowaniu istotnego klinicznie obniżenia oksymetrii mózgowej.	46
4.9. Wyniki wpływu zmian oksymetrii mózgowej na powikłania i rokowanie pooperacyjne.....	46
5. Dyskusja.	49
5.1. Zastosowanie pomiaru oksymetrii mózgowej, a bezpieczeństwo pacjenta podczas znieczulenia ogólnego.	49
5.2. Zastosowanie znieczulenia zewnątrzoponowego u pacjentów operowanych w obrębie jamy brzusznej.....	50
5.3. Wpływ krwawienia śródoperacyjnego na poziom saturacji mózgowej.	51
5.4. Wpływ chorób przewlekłych na śródoperacyjny poziom saturacji mózgowej.	52
5.5. Występowanie zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym.	53
5.6. Ocena ryzyka wystąpienia obniżenia oksygenacji mózgowej przy zastosowaniu standardowego monitorowania pacjenta.	54
5.7. Korygowanie istotnego klinicznie obniżenia oksymetrii mózgowej.....	55
5.8. Ocena wpływu saturacji mózgowej na rokowanie pooperacyjne.....	56
5.9. Zastosowanie pomiaru saturacji mózgowej u pacjentów w wieku powyżej 65 roku życia.....	58
5.10. Ograniczenia pracy oraz miejsce pomiaru saturacji mózgowej w czasie znieczulenia ogólnego w trakcie zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.	59
6. Wnioski.....	61
7. Streszczenie	62
8. Streszczenie pracy w języku angielskim	625
9. Piśmiennictwo	658
Aneks nr 1. test „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” [46]	777

Wykaz skrótów

ASA skala – stosowana w anestezjologii klasyfikacja oceniająca ryzyko operacyjne związane z wystąpieniem poważnych powikłań lub zgonu pacjenta w czasie znieczulenia albo po nim. Została ona opracowana przez American Society of Anaesthesiologists (ASA)

BMI - wskaźnik masy ciała

EEG - elektroencefalografia

EKG - elektrokardiografia

EtCO₂ - końcowo wydechowe stężenie dwutlenku węgla - kapnografia

FDA – Food and Drug Administration - Agencja Żywności i Leków

i.v. – infuzja dożylna

L1 – pierwszy krąg w odcinku lędźwiowym kręgosłupa

MAP – średnie ciśnienie tętnicze

Min% - minutowy procent - jednostka używana do wyrażenia wartości „pola pod krzywą” w przypadku istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej

mmHg – milimetry słupa rtęci

NIR – bliska podczerwień

NIRS – spektroskopia bliskiej podczerwieni

POChP - przewlekła obturacyjna choroba płuc

TCD - dopplerowska ultrasonografia przezczaszkowa

Th5 – piąty krąg w odcinku piersiowym kręgosłupa

TIA - przemijający atak niedokrwienia centralnego systemu nerwowego

1.0. Wstęp.

1.1. Wprowadzenie.

Wszystkie zabiegi operacyjne wykonywane w znieczuleniu ogólnym niosą ze sobą ryzyko powikłań. W przypadku rozległych zabiegów w zakresie jamy brzusznej ich prawdopodobieństwo wzrasta poprzez możliwość naruszenia ciągłości nerwów, dużych naczyń krwionośnych lub innych narządów. Dodatkowo należy wziąć pod uwagę powikłania wynikające ze sposobu znieczulenia i nieprzewidzianych działań leków stosowanych w trakcie zabiegu (np. uczulenie na lek, opatrzna reakcja organizmu, nietolerancja dawki leku znieczulającego itp.), a także z metodyki operacyjnej (np. drogi dojścia do operowanego narządu, sposobu mobilizacji usuwanych tkanek, zastosowania rekonstrukcyjnego materiału, metodyki zamykania powłok, wystąpienia powikłań infekcyjnych itd.). Niezależnie od zdarzeń śródoperacyjnych, większość chorych kierowanych na planowe zabiegi jest leczona przewlekle z powodu schorzeń współistniejących. Główną zasadą kierującą pracą chirurgów i anestezjologów pozostaje „primum non nocere”, która wiąże się z ciągłą potrzebą doskonalenia techniki operacyjnej i znieczulenia.

Celem optymalizacji każdego postępowania lekarskiego powinno być jak najszybsze, trafne rozpoznanie stanu patologicznego i jego skuteczne leczenie. Bez możliwości postawienia pewnej diagnozy pełne wyleczenie pacjenta z uniknięciem powikłań jest niemożliwe. W osiągnięciu tego celu pomaga nam postępowanie diagnostyczne i lecznicze. Do każdego z tych działań wykorzystujemy najnowszą technologię, która w sposób szybki i nieinwazyjny, daje nam coraz więcej informacji o stanie zdrowia pacjenta. Możliwość optymalizacji postępowania anestezjologicznego podczas zabiegu operacyjnego pozwala przede wszystkim zmniejszyć ilość powikłań pooperacyjnych, jak również obniżyć koszty niepotrzebnych dodatkowych procedur leczniczych.

Zmiany hemodynamiczne występujące podczas zabiegów mogą wpłynąć na funkcjonowanie ośrodkowego układu nerwowego. Krążenie mózgowe jest najważniejszym elementem systemu krążenia, gdyż jego zatrzymanie na czas powyżej 5 minut doprowadza do śmierci komórek mózgowych. Choroby naczyniowe ośrodkowego układu nerwowego stają się kluczowym problemem zdrowotnym społeczeństw XXI wieku — co 6 dorosły mieszkaniec globu dozna w swoim życiu udaru mózgu. W Polsce

udar mózgu rocznie występuje u 60–70 tys. osób, przy czym 20–30% chorych umiera w ciągu roku od zachorowania, a połowa z tych, którzy przeżyli, pozostaje trwale niepełnosprawna [1, 2]. Populacja pacjentów w wieku podeszłym jest narażona na zwiększone ryzyko powikłań pooperacyjnych z powodu licznych chorób współistniejących oraz zmniejszenie fizjologicznej rezerwy, która towarzyszy starzeniu [3], w tym wystąpieniu niedokrwienia mózgu i zaburzeń neurodegeneracyjnych [4, 5, 6]. Coraz więcej pacjentów w wieku podeszłym (w tym pacjenci z uogólnioną chorobą naczyń zaburzającą krążenie mózgowe) jest poddawanych niekardiochirurgicznemu zabiegom w znieczuleniu ogólnym. Czynnikiem ryzyka wystąpienia w czasie zabiegu operacyjnego objawowych oraz bezobjawowych przejściowych lub nieodwracalnych zdarzeń mózgowo-naczyniowych (przemijający atak niedokrwienia - TIA/udar mózgu) są zator i hemodynamiczne zaburzenia przepływu krwi w dużych naczyniach (aorta, szyja, kręgosłup i główne wewnątrzczaszkowe tętnice) jak również małych (przeszywających, penetrujących oraz naczyń włosowatych). Częstość występowania takich powikłań może dotyczyć nawet do 6% pacjentów operowanych kardiochirurgicznie [7]. Nie mniejszym problemem okresu pooperacyjnego są zaburzenia poznawcze. Obserwuje się je u 30–79% pacjentów operowanych kardiochirurgicznie [7], a do 56% w przypadku operacji w zakresie jamy brzusznej [8]. Jako główne przyczyny zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym podaje się hipoperfuzję mózgu oraz mikroźatorowość, ale także jako czynniki ryzyka ich wystąpienia: wiek >65 roku życia, niski poziom edukacji, występujące u pacjenta choroby naczyń obwodowych, cukrzycę, uogólnioną reakcję zapalną.

Ryzyko wystąpienia w czasie niekardiochirurgicznego zabiegu operacyjnego powikłań ze strony układu sercowo-naczyniowego jest szacowane na od 1 do 5% i zależy od typu zabiegu operacyjnego i istniejących schorzeń [9]. Ryzyko wystąpienia powikłań ze strony centralnego systemu nerwowego jest trudne do określenia. Największym czynnikiem ryzyka dla wystąpienia zawału mózgu jako powikłania okołoperacyjnego jest przebyte udaru mózgu, bądź TIA [10]. Innym czynnikiem ryzyka wystąpienia udaru mózgu po operacji jest czas trwania zabiegu. Dla jego zmniejszenia proponuje się dostosowanie techniki operacji i typu znieczulenia do operowanego chorego uwzględniając jego schorzenia. Wiele okołoperacyjnych zawałów mózgu pozostaje nierozpoznanych ze względu na brak obecności dużych sensoryczno-motorycznych objawów albo z powodu obecności tylko bardzo subtelnych neuro-psychologicznych ubytków. Wbrew powszechnemu mniemaniu większość udarów mózgu zależy nie tylko od zmniejszonego przepływu krwi przez naczynie mózgowe, ale także od współistnienia uszkodzenia

autoregulacji krążenia mózgowego. Ma to znaczenie szczególnie u osób starszych, u których autoregulacja krążenia mózgowego jest często zaburzona. Do czynników ryzyka sprzyjających wystąpieniu udaru zalicza się: wiek, stopień zaawansowania choroby serca, choroby naczyń obwodowych, cukrzycę, niewydolność nerek, migotanie przedsionków.

Dodatkowo należy zwrócić uwagę, iż wszystkie zaburzenia, które wywołują nieprawidłową perfuzję przez mózg operowanego, wpływają także na zmiany przepływu krwi przez pozostałe narządy.

Regulacja przepływu mózgowego zależy od czterech głównych mechanizmów: autoregulacji, regulacji chemicznej, regulacji metabolicznej i regulacji neurogennej [11].

Autoregulacja przepływu mózgowego to zdolność organizmu do utrzymywania stabilnych wartości perfuzji mózgowej, niezależnie od zmian parametrów jej składowych. Polega ona na wyrównywaniu powstałych zaburzeń w celu zapewnienia adekwatnego przepływu mózgowego. Dotyczy to osób z prawidłowym ciśnieniem tętniczym. Przy wartościach średniego ciśnienia 60-150 mmHg, ciśnienie perfuzyjne powinno wynosić 50-140 mm Hg. Autoregulacja może być zaburzona przez czynniki patologiczne takie jak: nadciśnienie tętnicze, wystąpienie udaru bądź urazu głowy. W przypadku przewlekłego nadciśnienia tętniczego, mimo dobrej jego kontroli farmakologicznej może dojść do utrwalonych zmian w strukturze naczyń. Taką sytuację obserwujemy u osób w wieku podeszłym.

Regulacja chemiczna oparta jest na wpływie zmian pCO_2 i pO_2 w krwi tętniczej oraz różnic w stężeniu jonów wodorowych w mózgu. Zmiany metabolizmu mózgu dotyczą zmian miejscowego przepływu krwi w mózgu, nie wpływając na jego przepływ całkowity. Jest to związane z aktywnością mózgu, gdzie obszar aktywny wymaga większego przepływu krwi. Także czynniki, takie jak: gorączka, wystąpienie drgawek, śpiączka czy znieczulenie ogólne zmieniają metabolizm mózgu oraz jego perfuzję.

Czynniki neurogenne są ostatnio uważane za jednych z najważniejszych czynników determinujących przepływ mózgowy. Naczynia krwionośne mózgu posiadają bogate unerwienie. Za zmniejszenie średnicy naczyń odpowiedzialne są włókna współczulne, pochodzące z górnego zwoju szyjnego i zwoju gwiaździstego. Z kolei za rozkurcz naczyń mózgowych odpowiedzialne są włókna przywspółczulne ze zwoju skrzydłowo - podniebiennego, mini zwoju szyjno - tętniczego i zwoju usznego. Dodatkowo za rozszerzanie naczyń odpowiadają włókna czuciowe z pierwszego odcinka zwoju trójdzielnego oraz ze szlaku somatosensorycznego ze stacjami przełącznikowymi we wzgórzu.

Zabieg operacyjny wiąże się z reakcją stresową, która prowadzi do wzrostu ciśnienia, przyspieszenia akcji serca, zwiększenia zużycia tlenu przez serce, wystąpienia zaburzeń równowagi pomiędzy procesami fibrynogenezy i fibrynolizy. Sprzyja to wystąpieniu śródoperacyjnego zawału serca i niedokrwienia mózgu. Dodatkowo ma miejsce również okołooperacyjna utrata krwi oraz stosowanie środków anestezjologicznych o działaniu wagomimetycznym podtrzymujących anestezję, takich jak Fentanyl, Sewofluran, Propofol i Wekuronium, mogących spowodować zwolnienie akcji serca, a w konsekwencji obniżenie ciśnienia perfuzji mózgowej.

Znieczulenie ogólne zostało uznane za potencjalny czynnik ryzyka pooperacyjnych zaburzeń neurodegeneracyjnych [12]. Jedną z głównych i najczęstszych przyczyn zmniejszenia ciśnienia w czasie zabiegu operacyjnego w znieczuleniu ogólnym jest oprócz utraty krwi, śródoperacyjna bradykardia.

1.2. Możliwości monitorowania okołooperacyjnego ośrodkowego układu nerwowego podczas znieczulenia ogólnego.

Podczas standardowego znieczulenia pacjentów operowanych w zakresie jamy brzusznej nie stosuje się bezpośredniego monitorowania ośrodkowego układu nerwowego. Mimo, że jest on głównym celem działania leków stosowanych podczas znieczulenia ogólnego, ocenę monitorowania uzyskuje się poprzez weryfikację częstości pracy serca, ciśnienia krwi tętniczej czy też saturacji obwodowej. Zaburzenia miejscowego przepływu krwi u pacjentów poddanych znieczuleniu mogą wystąpić, pomimo prawidłowych wartości standardowo monitorowanych parametrów. Jako główne przyczyny neurologicznych powikłań pooperacyjnych przyjmuje się hipoperfuzję i niedotlenienie [13].

Jedną z metod monitorowania funkcji ośrodkowego układu nerwowego dostępną śródoperacyjnie jest elektroencefalografia (EEG). Badanie to polega na odpowiednim rozmieszczeniu na powierzchni skóry czaszki 19 elektrod. Rejestrują one zmiany potencjału elektrycznego na powierzchni skóry, pochodzące od aktywności neuronów kory mózgowej i po odpowiednim ich wzmocnieniu tworzą z nich zapis – elektroencefalogram. Badanie to wykazuje wysoką czułość w stosunku do funkcji synaps i niską swoistość w zakresie zmian patologicznych. Czynnikiem wpływającym na zmiany zapisu elektroencefalografii są: hipoksja (następuje wtedy uogólnione zwolnienie), niedokrwienie ogniskowe (punktowe zwolnienie) oraz przedłużające się niedotlenienie (linia

izoelektryczna). Zastosowanie śródoperacyjne EEG w celu monitorowania funkcji mózgu nie jest w chwili obecnej rekomendowane [13].

W niektórych ośrodkach, w ramach śródoperacyjnej obserwacji pacjenta, wykonuje się ocenę indeksu bispektralnego. Parametr ten powstaje z przetworzonego elektronicznie elektroencefalogramu na wartość liczbową z zakresu 0–100 i pozwala ocenić głębokość znieczulenia ogólnego. Uzyskana wartość określa głębokość znieczulenia lub sedacji, niezależnie od użytych środków farmakologicznych.

Innym badaniem umożliwiającym w nieinwazyjny sposób zlokalizować naczynia mózgowie oraz dokonać pomiaru prędkości przepływu krwi w tętnicach mózgu jest Dopplerowska przezczaszkowa ultrasonografia (TCD). Służy ona także do wykrywania zwężeń i niedrożności naczyń mózgowych, jak również do monitorowania skurczu naczyniowego po krwotoku podpajęczynówkowym. Ponadto TCD pozwala pośrednio określić poziom ciśnienia wewnątrzczaszkowego [14]. Wykazano, że zmiany w przepływie krwi w tętnicy środkowej mózgu, mierzone przy pomocy TCD, były w dużym stopniu zależne od zmian w pCO₂ [15]. Porównując zastosowanie TCD z pomiarem saturacji mózgowej w trakcie zabiegów endarterektomii [16, 17] wykazano większą dokładność oksymetrii mózgowej w przewidywaniu zaburzeń ukrwienia mózgu.

Kolejną metodą stosowaną w ocenie metabolizmu mózgu i jego perfuzji w czasie znieczulenia ogólnego jest pomiar saturacji krwi w opuszce żyły szyjnej wewnętrznej. Monitorowanie, polegające na wprowadzeniu do żyły szyjnej wewnętrznej sondy, jest proste i tanie. Należy jednak do badań o dużym stopniu inwazyjności, co zwiększa ryzyko powikłań takich jak: krwawienie, zakrzepica, uszkodzenie tętnicy bądź nerwów i wystąpienia infekcji. Wykazano zależność pomiędzy saturacją w opuszce żyły szyjnej wewnętrznej a oksymetrią mózgową [18]. Stwierdzono związek pomiędzy wartością saturacji krwi w opuszce żyły szyjnej i stanem chorego [19]. Ponadto, decyzję co do dalszego postępowania leczniczego powinno się podejmować pod wpływem uzyskanego wyniku wartości saturacji krwi w opuszce żyły szyjnej wewnętrznej [19].

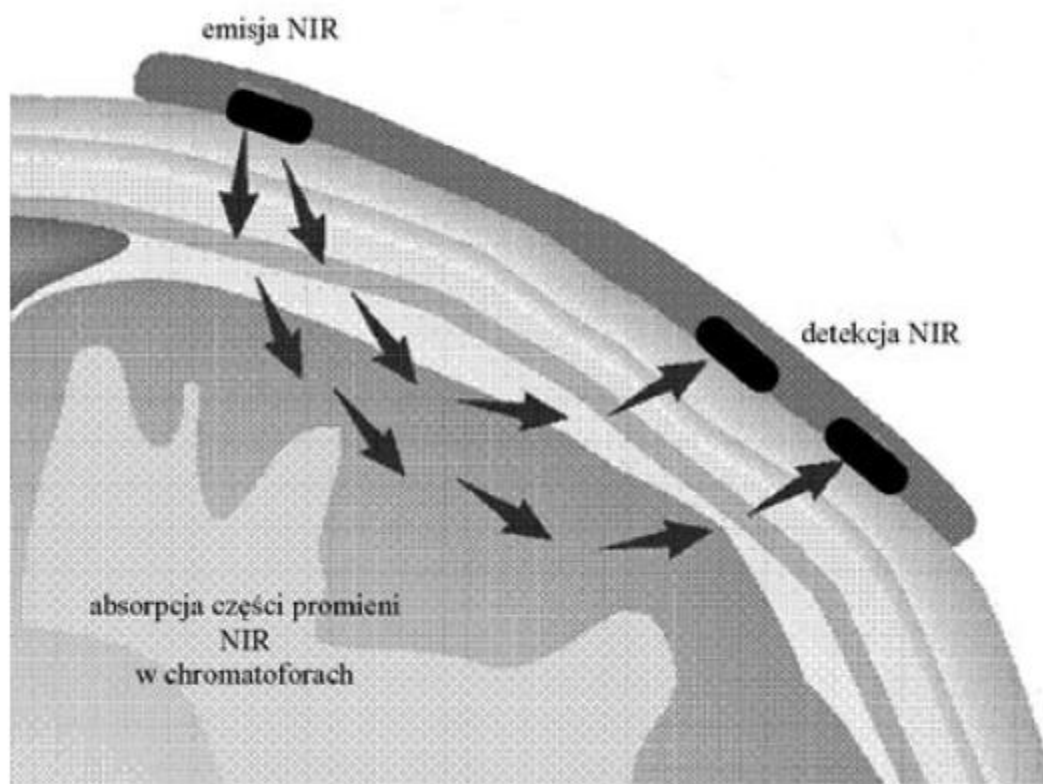
1.3. Spektroskopia bliskiej podczerwieni (NIRS - near infrared spectroscopy) w monitorowaniu ośrodkowego układu nerwowego.

NIRS jest wykorzystywana do monitorowania sprawności mikrokrążenia danego narządu. Określenie NIRS nie jest jednoznaczne, obejmuje ono wiele zjawisk mechaniki kwantowej i optyki nieliniowej, natomiast w ujęciu medycznym oznacza ocenę miejscowej oksymetrii mózgowej.

Bliska podczerwień to fala elektromagnetyczna o długości 750-1000 nm, która znajduje się w zakresie fal podczerwonych. Zaletami bliskiej podczerwieni jest bezpieczeństwo jej działania na tkanki poprzez dużą długość fali i małą energię, która jest porównywalna do energii własnych cząstek. Technologie bliskiej podczerwieni można podzielić na absorpcyjne i nie absorpcyjne. Analizy nie absorpcyjne znajdują zastosowanie w monitorowaniu prędkości krwi w mikrokrążeniu [20], pomiarze prężności CO₂ w śluzówce przewodu pokarmowego (tonometria) [21], analizie składu mieszaniny gazów oddechowych [22], ocenie zmian objętości klatki piersiowej w niewydolności oddechowej [23], a także pomiarze temperatury tkanek w trudno dostępnych miejscach, takich jak błona bębenkowa [24].

NIRS jest absorpcyjną spektroskopią bliskiej podczerwieni z widmem oscylacyjnym. Opiera się ona na analizie widma oscylacyjnego grup funkcyjnych różnych cząstek. Podstawą funkcjonowania NIRS jest zjawisko jednoznacznej identyfikacji składu ilości różnych cząsteczek na podstawie analizy widma oscylacyjnego. Tkanki absorbują fotony bliskiej podczerwieni głównie na elementach zwanych chromoforami czyli związkami chemicznymi, których właściwości absorpcyjne zależą od ich oksigenacji. Jednym z nich jest hemoglobina. Stopień oksigenacji chromoforów wpływa na intensywność pochłanianego przez nie światła. Pomiar oksigenacji polega na emisji światła w głąb badanej tkanki i detekcji światła reemitowanego bądź transmitowanego. Hongo oraz Cui udowodnili, że penetracja fotonów przyjmuje wygląd „banana” i zachodzi na głębokość równą 1/3 odległości pomiędzy optodami [25] (Rycina 1). Monitory NIRS wykorzystują różnicę w absorpcji dalekiej bliskiej podczerwieni przez hemoglobinę utlenowaną (HbO₂) i zredukowaną (Hb). Dodatkowo opierają się na założeniu, że 70-80% krwi, która jest oceniana, stanowi krew żylna, 15-20% – krew tętnicza zaś jedynie 5% – krew włosniczkowa. Zatem ostateczny wynik regionalnej saturacji mózgowej jest w 70-80% saturacją krwi żyłnej w tkance pod czujnikiem. Saturacja krwi żyłnej ma przewagę nad saturacją krwi tętniczej, gdyż jest ważnym wskaźnikiem odzwierciedlającym równowagę

między zaopatrzeniem ustroju w tlen oraz jego wykorzystaniem w tkankach [26]. W związku z tym, NIRS można zastosować zarówno do oceny perfuzji narządów, jak i tkankowego zużycia tlenu.



Rycina 1. Schemat działania spektroskopii bliskiej podczerwieni (NIRS) [25]. NIR – bliska podczerwień. Penetracja fotonów w tkanki ma kształt „banana” i zachodzi na głębokość równą 1/3 odległości pomiędzy optodami.

Monitorowanie saturacji mózgowej podczas znieczulenia ogólnego pozwala uzyskać dane stanowiące bardzo istotne klinicznie informacje, jednakże obecnie stosowane techniki mają wiele ograniczeń. Niektóre z nich wykorzystują promieniowanie jonizujące, inne wymagają wprowadzenia kaniuli do dużych naczyń mózgowych. Głównymi zaletami NIRS, jako metody monitorowania saturacji mózgowej jest jej nieinwazyjność, prostota w obsłudze, monitorowanie w czasie rzeczywistym oraz bezpieczeństwo dla operowanego i zespołu pracującego na sali operacyjnej.

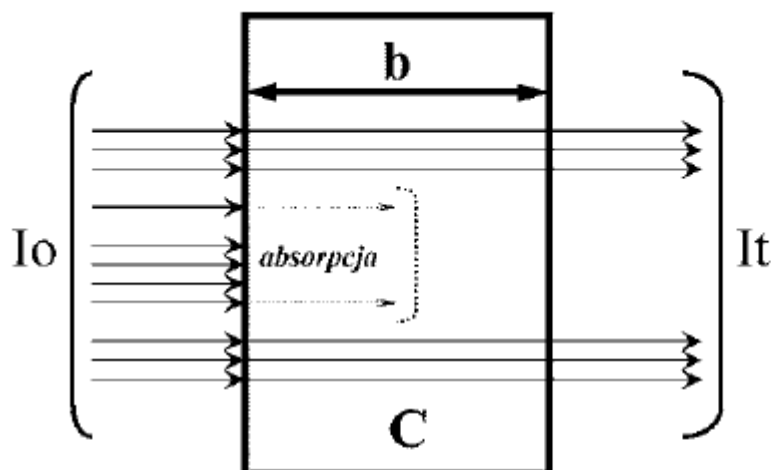
Monitor NIRS jest wyposażony w źródło światła podczerwonego, system fotodetekcji i analizator sygnałów. Pulsujące światło o wybranych długościach fali z zakresu bliskiej podczerwieni jest emitowane przez diody laserowe. Następnie jest kierowane na badaną

tkankę poprzez wiązkę światłowodów emisyjnych, a po przejściu przez tkankę jest odbierane przez wiązkę światłowodów detekcyjnych. Obie wiązki światłowodów zakończone są optodami, które umieszcza się na skórze pacjenta nad badaną okolicą. Optody są fotosensorami, które spełniają funkcję emitera i detektorów bliskiej podczerwieni.

Kontrola regionalnego przepływu krwi w korze mózgowej metodą NIRS stała się w praktyce możliwa dzięki pojawieniu się dostępnych komercyjnie urządzeń, mających certyfikat Amerykańskiej Agencji do spraw Żywności i Leków (FDA). NIRS uważana jest za wiarygodną metodę do oceny stanu równowagi pomiędzy potrzebami i podażą tlenu dla mózgu [27]. Dodatkowe zalety NIRS to brak wpływu pulsowania krwi jak i zmian temperatury na jakość monitorowania. U pacjentów poddawanych zabiegom kardiochirurgicznym, stwierdzono, że monitorowanie saturacji mózgowej przy pomocy NIRS jest klinicznie korzystne w celu monitorowania procesu autoregulacji [28, 29].

1.4. Różnice pomiędzy NIRS a pulsoksymetrią i gazometrią krwi tętniczej.

NIRS oraz pulsoksymetria są oparte na optycznym prawie Lamberta-Beera, które opisuje pochłanianie promieniowania elektromagnetycznego przy przechodzeniu przez częściowo absorbujący i rozpraszający ośrodek (Rycina 2) [25]. Prawo to głosi, że absorbancja jest wprost proporcjonalna do stężenia i grubości warstwy roztworu, przez który przechodzi promieniowanie. Zarówno NIRS jak i pulsoksymetria wykazują różnice pomiędzy algorytmami technicznymi oraz wartością diagnostyczną.



$$I_t = I_0 e^{-kbc}$$

$$C = 1/bk \ln I_0/I_t$$

I_0 – natężenie światła padającego
 I_t – natężenie światła przechodzącego
 k – współczynnik absorpcji
 e – podstawa logarytmu dziesiętnego
 c – stężenie poszukiwanej substancji
 b – grubość warstwy roztworu

Rycina 2. Prawo Lamberta-Beera [25]. Logarytmiczna zależność stężenia poszukiwanej substancji od zmian natężenia światła przechodzącego przez znaną grubość tkanki.

Pulsoksymetria informuje o wysyceniu hemoglobiny tlenem w pulsującej krwi tętniczej. Stosuje się ją w celu oceny wydolności płuc. Dodatkowo poprzez monitorowanie pulsu krwi pulsoksymetria jest pomocna w ocenie zmian pojemności minutowej serca. Dane o początku hipoksji mogą się opóźnić podczas pomiaru na kciuku nawet o 90 sekund [30]. W przeciwieństwie do NIRS pomiar gazometrii krwi tętniczej jest oceną przerywaną, inwazyjną i opóźnioną o czas analizy laboratoryjnej pobranej próbki. Ponadto w niektórych sytuacjach klinicznych, uzyskanie dostępu dotętniczego jest istotnie utrudnione lub wręcz niemożliwe.

1.5. Kliniczne zastosowanie NIRS.

Pierwsze zastosowanie spektroskopii w paśmie bliskiej podczerwieni w celu monitorowania regionalnej oksigenacji tkanek człowieka miało miejsce w 1977 roku. Zastosował ją Franz Jöbsis badając utlenowanie hemoglobiny kory mózgowej niemowląt [31]. Oznaczenia saturacji mózgowej u dorosłych pierwszy podjął się Marco Ferrari [32]

blisko 10 lat później. NIRS jest powszechnie stosowana w celu optymalizacji znieczulenia ogólnego podczas operacji na otwartym sercu [33, 34], u pacjentów z urazami głowy [35], a także podczas zabiegów endarterektomii tętnicy szyjnej [36]. Przydatność NIRS została potwierdzona [37, 38] w sytuacjach klinicznych, w których istnieje zwiększone ryzyko wystąpienia niedokrwienia mózgu. Za czynniki wpływające na poziom saturacji mózgowej uznaje się wysycenie tlenem hemoglobiny krwi tętniczej, pomiar ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla w powietrzu wydechowym, stężenie hemoglobiny [39,40]. Na wartość NIRS ma wpływ rzut serca, w związku z tym zmniejsza się ona gdy wystąpi wstrząs, natomiast zwiększa się podczas płynoterapii. NIRS znalazła także zastosowanie u pacjentów bez wyczuwalnego pulsu i w hipotermii [41]. W takiej sytuacji pomiar oksymetrii tkankowej daje natychmiastowy wynik i staje się jedyną w pełni wiarygodną możliwością oceny zmian ukrwienia. Cohn i wsp. [41] stwierdzili, u pacjentów z ciężkim urazem, zależność między niskimi wartościami NIRS w początkowych godzinach monitorowania w czasie operacji a wzrostem ryzyka śmierci i niewydolności wielonarządowej.

Monitorowanie NIRS znajduje zastosowanie podczas oceny obecności przepływu krwi. W związku z tym może to być uznane za wskaźnik skuteczności resuscytacji krążeniowej. W badaniach przeprowadzonych przez Moore'a i wsp. udowodniono obniżenie wartości NIRS podczas rozwoju wstrząsu hipowolemicznego oraz jej wzrost w trakcie skutecznej resuscytacji [42].

W randomizowanym badaniu przeprowadzonym przez Murkin'a i wsp. zbadano 200 pacjentów podczas zabiegów pomostowania aortalno-wieńcowego i wykazano, że chorzy, których monitorowano śródoperacyjnie przy pomocy NIRS oraz leczono u nich obniżenie saturacji mózgowej, wykazują lepszy stan ogólny w okresie pooperacyjnym [43]. Murkin zaproponował, by śródoperacyjnie zachować wartość powyżej 75% wartości bazowej NIRS. U pacjentów, u których zastosowano ten protokół postępowania zaobserwowano zmniejszenie czasu trwania pobytu na oddziale intensywnej terapii. Dodatkowo rzadziej występowała u nich niewydolność wielonarządowa i zgony. Rzadziej również pacjenci, u których zastosowano postępowanie lecznicze wymagali wentylacji mechanicznej powyżej 48 godzin. Jednocześnie u chorych zakwalifikowanych do grupy kontrolnej częściej obserwowano zawały serca i wylewy krwi do mózgu. Częściej też wymagali oni reoperacji niż ci, u których dzięki monitorowaniu saturacji mózgowej, korygowano jej wartość śródoperacyjnie podczas znieczulenia.

Monitorowanie saturacji mózgowej znalazło także zastosowanie w celu optymalizacji znieczulenia u pacjentów wymagających podczas zabiegów operacyjnych wentylacji jednym płucem. Tobias i wsp. [44] ocenili, że zmiany w oksymetrii mózgowej często zachodziły bez zmian w monitorowanych parametrach hemodynamicznych bądź oddechowych. Stwierdzili oni, iż u 32% pacjentów podczas wentylacji jednego płuca nastąpiło obniżenie saturacji mózgowej poniżej 75% w stosunku do wartości bazowej.

Panuje powszechna zgodność, że wiek operowanego jest jedną z przyczyn utraty zdolności autoregulacyjnych, w związku z czym istnieje zwiększone ryzyko powikłań i zaburzeń homeostazy u starszych chorych.

W dostępnym piśmiennictwie nieliczne prace dotyczą zastosowania pomiaru saturacji mózgowej u pacjentów operowanych w zakresie jamy brzusznej. W badaniu przeprowadzonym na grupie 122 pacjentów w wieku powyżej 65 roku życia operowanych w zakresie jamy brzusznej w znieczuleniu ogólnym, stwierdzono obniżenie saturacji mózgowej u około 20% chorych [8]. Autorzy tego badania zaproponowali protokół leczenia istotnego obniżenia saturacji mózgowej (tzn. obniżenie saturacji poniżej 75% wartości bazowej). Obejmował on: ocenę adekwatności wentylacji, ocenę właściwego ułożenia głowy, podwyższenie zawartości tlenu w wentylowanej mieszance tlenu z powietrzem, podwyższenie zawartości PaCO₂, podwyższenie wartości ciśnienia krwi przy użyciu płynoterapii bądź leków wazoaktywnych. W omawianej dysertacji zastosowano interwencje i leczenie u wszystkich chorych, u których stwierdzono istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej zgodnie z przyjętymi kryteriami.

Casati i wsp. [8] wykazali, że zastosowanie leczenia obniżenia saturacji mózgowej powoduje zmniejszenie występowania zaburzeń funkcji poznawczych oraz skrócenie czasu hospitalizacji i czasu pobytu na oddziale intensywnej terapii.

W badaniu oceniającym grupę chorych w wieku powyżej 65 roku życia, operowanych z powodu złamania szyjki kości udowej stwierdzono, że niska przedoperacyjnie bazowa wartość saturacji mózgowej była związana z wystąpieniem zaburzeń funkcji poznawczych w okresie pooperacyjnym [45]. Problem wystąpienia zaburzeń poznawczych jako powikłanie znieczulenia ogólnego w trakcie zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej był badany w omawianej dysertacji.

Papadopoulos i wsp. [45] wykazali, że niska wartość bazowa saturacji mózgowej jest częsta u pacjentów w wieku podeszłym i wynika z niskiego stężenia hemoglobiny i saturacji obwodowej przed operacją. Dodatkowo stwierdzili oni, iż śródoperacyjne przetoczenie krwi w sposób znaczący zwiększa wartość NIRS. W badaniu tym

zastosowano różne metody znieczulenia. U 52 pacjentów zastosowano znieczulenie ogólne, a u 17 znieczulenie podpajęczynówkowe. Nie stwierdzono różnicy w wartości oksymetrii mózgowej w zależności od zastosowanego znieczulenia w 20 minucie od momentu indukcji, a także pod koniec zabiegu oraz w trakcie pobytu w sali wybudzeniowej. W omawianej dysertacji dokonano porównania zastosowania znieczulenia ogólnego i kombinowanego (ogólne + regionalne) w celu oceny bezpieczeństwa zastosowania danego rodzaju znieczulenia.

Dodatkowo warto zwrócić szczególną uwagę zarówno na bezpieczeństwo zastosowania NIRS, jak i wpływ na bezpieczeństwo śród- i pooperacyjne pacjenta. Jednakże każde dodatkowe urządzenie mające na celu monitorowanie funkcji życiowych pacjenta, generuje koszty związane z jego eksploatacją i dlatego jego zastosowanie stanowi przedmiot dyskusji.

2. Cele pracy.

1. Ocena częstości występowania desaturacji mózgowej podczas znieczulenia ogólnego chorych w trakcie dużych zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.
2. Wpływ znieczulenia zewnątrzoponowego na saturację mózgową u chorych operowanych w zakresie jamy brzusznej w znieczuleniu ogólnym.
3. Wpływ wybranych czynników na zmiany saturacji mózgowej u chorych podczas zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.
4. Ocena pooperacyjnych funkcji poznawczych pacjentów monitorowanych przy pomocy saturacji mózgowej w czasie dużych operacji w zakresie jamy brzusznej.
5. Wpływ zmian śródoperacyjnej oksygenacji mózgowej na przebieg pooperacyjny i czas trwania hospitalizacji pacjentów poddanych operacjom w zakresie jamy brzusznej.

3. Materiał i Metody.

3.1. Materiał.

Badaniem zostało objętych kolejnych 101 nierandomizowanych chorych w wieku od 35 do 84 lat (średnia $63,64 \pm 10,42$), hospitalizowanych w I Klinice Chirurgii Ogólnej, Onkologicznej i Gastroenterologicznej UJ CM, zakwalifikowanych do dużych operacji w zakresie jamy brzusznej. Określenie „duży” zabieg operacyjny dotyczył operacji, których czas trwania wynosił minimum 2 godziny.

Badanie wykonano u chorych po uprzednim uzyskaniu ich pisemnej zgody oraz po poinformowaniu ich o badaniu i możliwych jego konsekwencjach. Na przeprowadzenie badania zgodę wydała Komisja Bioetyczna Uniwersytetu Jagiellońskiego nr KBET/104/B/2012 z dnia 26.04.2012 roku. Pacjentów poddano takim zabiegom jak: resekcja jelita, hemihepatektomia, usunięcie żołądka, pankreatoduodenektomia. Dane antropometryczne pacjentów zakwalifikowanych do badania przedstawia Tabela I.

Tabela I. Średni wiek, płeć, średnia wartość skali ASA oraz wskaźnika BMI pacjentów zakwalifikowanych do badania.

Średni wiek [lat]	Płeć [m. – mężczyzna k. – kobieta]	Wartość skali ASA	Wartość wskaźnika BMI
63,64 ($\pm 10,42$)	62 m. 39 k.	2,21 ($\pm 0,54$)	27,19 ($\pm 4,37$)

3.2. Stosowane metody.

Zgodnie z rozporządzeniem ministra zdrowia z dnia 20 grudnia 2012 r. w sprawie standardów postępowania medycznego w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą na podstawie art. 22 ust. 5 ustawy z dnia 15 kwietnia 2011 r. o działalności leczniczej (Dz. U. Nr 112, poz. 654) u pacjentów w czasie operacji standardowo monitorowano zapis EKG, oceniano ciśnienie tętnicze krwi,

dokonywano pomiaru wartości kapnografii oraz poziomu saturacji obwodowej (pulsoksymetria). Dodatkowo oceniano w sposób ciągły, nieinwazyjny oksymetrię (saturację) mózgową. Średnie ciśnienie tętnicze obliczano przy pomocy wzoru, iż równe jest ono ciśnieniu rozkurczowemu + $1/3$ wartości różnicy pomiędzy ciśnieniem skurczowym, a rozkurczowym.

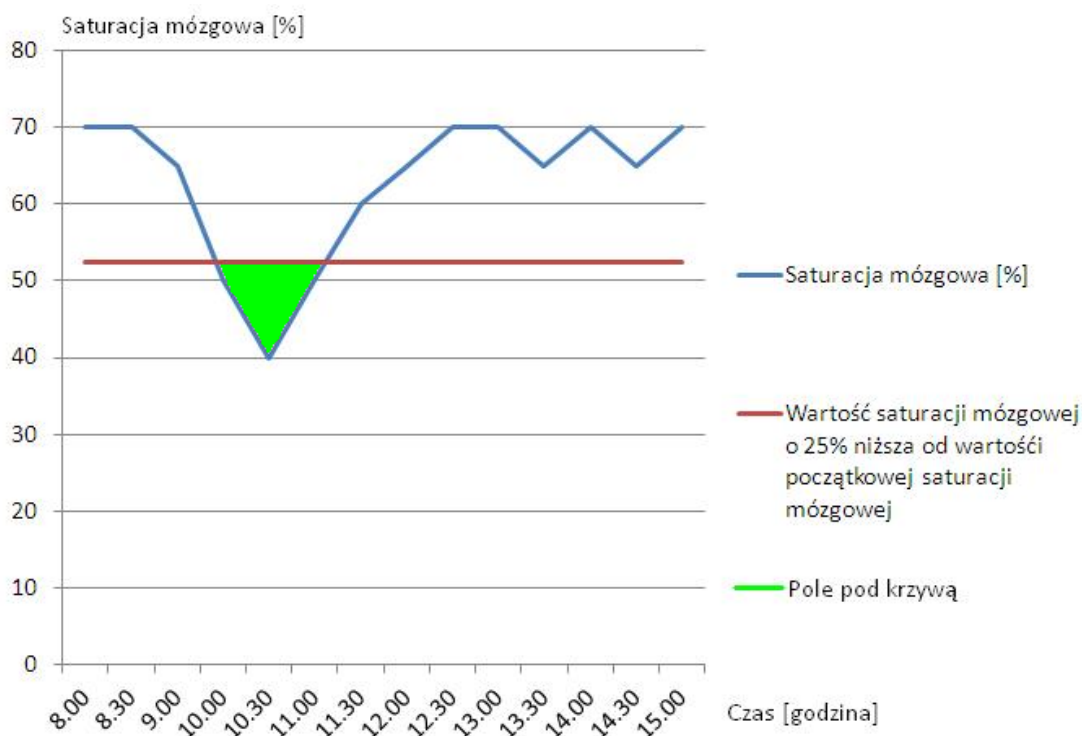
Saturację mózgową monitorowano śródoperacyjnie za pomocą spektroskopii bliskiej podczerwieni (urządzenie INVOS 4100; Somanetics Inc, Troy, MI). Dane z urządzenia były zapisywane automatycznie w sposób ciągły w 10-sekundowych odstępach czasu podczas trwania znieczulenia. Elektrode do pomiaru saturacji mózgowej umieszczano, po odłuszczeniu skóry głowy, w miejscu zalecanym przez producenta na czole pacjenta po stronie prawej około 1 cm powyżej brwi. Wartość linii bazowej wyznaczano przed indukcją znieczulenia (w tym czasie nie była stosowana tlenoterapia), około 3 minuty po założeniu elektrody oraz przy utrzymywaniu się stałej wartości saturacji przez ok. 1 min. Zapis wartości saturacji mózgowej prowadzono w sposób ciągły co 10 sekund podczas całej procedury znieczulenia.

Za istotne zmniejszenie wartości oksygenacji (saturacji) mózgowej uznano następujące kryteria:

- obniżenie wartości oksymetrii mózgowej o ponad 25% w stosunku do wartości linii bazowej;
- bezwzględna wartość oksymetrii mózgowej poniżej 50%;

Są one zgodne z ogólnie przyjętymi kryteriami zaburzeń saturacji mózgowej wprowadzonymi przez Casati [8] w 2005 roku.

W celu obliczenia stopnia oraz czasu trwania obniżenia wartości saturacji mózgowej poniżej wartość uznaną za istotną klinicznie obliczano tzw. „pole pod krzywą”. Wartość tzw. „pola pod krzywą” stanowił iloczyn najniższych procentowych wartości saturacji mózgowej oraz czasu ich trwania wyrażony w minucie procentach [min%]. Szczegóły metody obliczenia „pola pod krzywą” przedstawia Rycina 3.



Rycina 3. Przykładowy schemat desaturacji poniżej 25% wartości początkowej saturacji mózgowiej u znieczulanego pacjenta. Kolorem zielonym zaznaczono widoczne obniżenie wartości poniżej 25% wartości początkowej, które wystąpiło w czasie od godziny 10.00 do 11.00.

Interwencje mające na celu korektę obniżenia saturacji mózgowiej u operowanych chorych polegały na: zmianie pozycji głowy (poprawa ułożenia w celu lepszej perfuzji krwi), podniesieniu wartości etCO₂, podwyższeniu ciśnienia tętniczego poprzez podanie dożylnie bolusu z 250 ml płynu infuzyjnego bądź poprzez interwencje farmakologiczne przy pomocy dożylnego podania chlorowodoru Efedryny w dawce 5-10 mg lub zwiększeniu częstości akcji serca poprzez dożylnie podanie Atropiny w dawce 0,5-1 mg. W przypadku występowania desaturacji decyzję co do rodzaju interwencji za każdym razem podejmował anestezjolog znieczulający chorego.

Znieczulenie ogólne badanej grupy chorych prowadzono w sposób typowy, najbezpieczniejszy dla danego pacjenta. Chorzy nie byli premedykowani przed zabiegiem operacyjnym. Standardowe wprowadzenie do znieczulenia ogólnego odbywało się przy pomocy benzodiazepiny (Midazolam w dożylniej dawce 0,05-2 mg/kg masy ciała), analgetyku (Fentanyl w dożylniej dawce 2-5 µg/kg masy ciała) oraz leku nasennego (Propofol w dożylniej dawce 1,25-2,5 mg/kg masy ciała lub Etomidat w dożylniej dawce 0,15-0,3 mg/kg masy ciała). Po podaniu Atrakurium w dawce 0,5-0,6 mg/kg masy ciała i.v.

lub Wekuronium w dawce 0,08-0,1 mg/kg masy ciała i.v. przeprowadzano intubację dotchawiczą i rozpoczynano mechaniczną wentylację płuc przy użyciu mieszaniny 40% tlenu z powietrzem (objętość oddechowa 7 ml/kg masy ciała pacjenta; częstość oddechów 10 oddechów/minutę; czas wdechu do czasu wydechu 1/2 z 10% pauzą wdechu). W przypadkach zagrożenia zachłyśnięciem w celu intubacji chorego stosowano chlorek Suksametonium w dawce dożylniej 1,5 mg/kg masy ciała. Wentylację mechaniczną korygowano tak, by utrzymać końcowo-wydechowe stężenie dwutlenku węgla (etCO₂) w zakresie pomiędzy 32 a 36 mm Hg. Znieczulenie ogólne uzupełniano przy pomocy Sewofluranu (stężenie od 1% do 4%). Uzupełniające bolusy dożylnie Fentanylu (1 µg/kg) podawano w razie potrzeby w celu utrzymania stabilności układu krążenia. Zwiotczenie mięśni utrzymywano przy pomocy bolusów dożylnych Atrakurium (w dawce 0,1-0,2 mg/kg masy ciała i.v.) lub Wekuronium (w dawce 0,02-0,03 mg/kg masy ciała i.v.) co 20-30 minut w zależności od sytuacji klinicznej.

Zarówno dzień przed zabiegiem operacyjnym, jak i 2 godziny po jego zakończeniu, u chorych wykonywano podstawowe badania krwi (morfologia i gazometria) w celu określenia potencjalnego wpływu śródoperacyjnej utraty krwi na zmiany oksymetrii mózgowej. Podczas zabiegu operacyjnego odnotowywano ilość traconej krwi. W przeddzień zabiegu operacyjnego oraz ponownie w 5 dobie po operacji przeprowadzano test „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” [46, Aneks nr 1], który został opracowany w celu obiektywizacji objawów i wprowadzony rutynowo do oceny zaburzeń funkcji poznawczych u badanych pacjentów. Oryginalnie test powstał w 1975 roku jako krótkie, proste narzędzie powszechnie używane do oceny stanu poznawczego pacjentów. W teście za każdą prawidłową odpowiedź można uzyskać 1 punkt, maksymalny wynik to 30 punktów. Troje pacjentów, u których w badaniu przedoperacyjnym wynik testu: „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” był niższy niż 23 punkty, zostało wykluczonych z badań z powodu występowania istotnych zaburzeń funkcji poznawczych przed operacją. Za istotne zmiany w funkcjach poznawczych przyjęto zmniejszenie wyniku testu o co najmniej 2 punkty w stosunku do stanu wyjściowego w badaniu przeprowadzonym w 5 dobie pooperacyjnej.

U badanych pacjentów przeprowadzono szczegółowy wywiad dotyczący historii choroby. Wyszczególniono choroby, na które dodatkowo cierpieli chorzy oraz rodzaje leków jakie przyjmowali przewlekle.

U pacjentów podczas zabiegu rejestrowano: częstość akcji serca, średnie ciśnienie tętnicze, karnografię oraz wartość saturacji obwodowej (pulsoksymetria) przy maksymalnym

i minimalnym poziomie saturacji mózgowej. Dokonano także oceny wpływu minimalnych i maksymalnych wartości częstości akcji serca, średniego ciśnienia tętniczego, kapnografii oraz poziomu saturacji obwodowej (pulsoksymetrii) podczas zabiegu operacyjnego na zmiany wartości saturacji mózgowej.

W okresie pooperacyjnym analizowano występowanie powikłań pooperacyjnych takich jak: śmiertelność, zakażenie rany pooperacyjnej, zapalenie otrzewnej, niewydolność oddechowa, przetoka trzustkowa oraz zaburzenia rytmu serca pod kątem związku z wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej.

3.3. Metody analizy statystycznej.

Zebrane dane statystyczne zostały wstępnie zweryfikowane pod względem wykluczenia tzw. „błędów grubych”, tj. pojedynczych wyników odbiegających w znaczący sposób od pozostałych wartości badanych cech pacjentów. Po weryfikacji otrzymano jednolity materiał statystyczny obejmujący 101 przypadków.

W celu weryfikacji celów badań posłużono się następującymi testami statystycznymi.

1. Badając zależność między cechami mierzalnymi (np. wiek, waga, BMI, wartości ciśnienia tętniczego, saturacji mózgowej itd.), wyznaczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona przeprowadzając jednocześnie test istotności tego parametru oparty w przypadku dużej próby (pow. 100) na statystyce „z” lub w przypadku próby o mniejszej liczebności na statystyce „t”. Testowano hipotezę zerową o braku korelacji $r=0$ przeciw hipotezie alternatywnej $r>0$ lub $r<0$.

2. Niektóre z badanych cech miały charakter danych kategoryzujących tzn. obserwowano wystąpienie danej cechy lub jej brak (np. wystąpienie powikłań pooperacyjnych, zastosowanie znieczulenia zewnątrzoponowego, wystąpienie zaburzeń poznawczych itd.). W tym przypadku do określenia stopnia oddziaływania jednej badanej cechy na drugą posłużono się testem chi-kwadrat dla tablic dwudzielczych (2 x 2). Testowano hipotezę zerową o braku zmian frekwencji jednej z cech pod wpływem drugiej, przeciw hipotezie o wystąpieniu takich zmian. W uzasadnionych przypadkach, ze względu na liczbę przypadków i oczekiwaną liczebność w komórce, stosowano także test chi-kwadrat z poprawką Yatesa.

Niektóre z postawionych celów wymagały posłużenia się metodami jednoczynnikowej analizy wariancji. Dotyczyło to przypadku udowodnienia, że wartość badanej cechy

w sposób istotny zależy od oddziaływania obserwowanego czynnika (np. czy obniżenie wartości saturacji mózgowej różnicuje wiek pacjentów, liczbę dni pobytu w szpitalu, liczbę dni pobytu na oddziale intensywnej terapii itd.). Za poziom istotności statystycznej przyjęto $p < 0,05$. Wszystkie obliczenia zostały wykonane przy pomocy programu Statgraphics Plus 1.4 dostępnego w wersji niekomercyjnej.

4. Wyniki.

4.1. Dane antropometryczne pacjentów podzielonych na podgrupy w zależności od celów badawczych.

Do badania zakwalifikowano 110 pacjentów. Trzech z nich w badaniu „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” w dobie poprzedzającej operację uzyskało mniej niż 23 punkty i zostało wykluczonych z badania. U 6 chorych w trakcie zabiegu operacyjnego stwierdzono rozsiew nowotworowy, który wykluczał możliwość wykonania zabiegu operacyjnego. Z powodu nie osiągnięcia wymaganego czasu trwania operacji, pacjentów tych wykluczono z badania.

Materiał analizowano pod kątem wyznaczonych celów. Utworzono 4 podgrupy pacjentów: 1 podgrupa – podział ze względu na wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej (Tabela II); 2 podgrupa – podział ze względu na zastosowanie znieczulenia zewnątrzoponowego (Tabela III); 3 podgrupa – kryterium podziału stanowił wiek poniżej lub powyżej 65 roku życia (Tabela IV); 4 podgrupa - podział ze względu na wystąpienie zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym (Tabela V).

Tabela II. Średnie wartości wieku, płci, skali ASA oraz BMI w podgrupach pacjentów, u których wystąpiło, bądź nie wystąpiło śródoperacyjne obniżenie saturacji mózgowej.

	Średni wiek [lat]	Płeć [m. – mężczyzna k. – kobieta]	Wartość skali ASA	Wartość wskaźnika BMI
podgrupa pacjentów, w której nie wystąpiło obniżenie saturacji (n=87)	63,5 (±10,83)	58 m. 29 k.	2,22 (±0,36)	27,13 (±6,52)
podgrupa pacjentów, w której wystąpiło obniżenie saturacji (n=14)	64,3 (±7,72)	4 m. 10 k.	2,14 (±0,55)	27,56 (±3,97)
istotność statystyczna (p)	0,377	0,008	0,257	0,408

Tabela III. Średnie wartości wieku, płci, skali ASA oraz BMI w podgrupach pacjentów, u których zastosowano równocześnie ze znieczuleniem ogólnym znieczulenie zewnątrzoponowe.

	Wiek [lat]	Płeć[m. – mężczyzna k. – kobieta]	ASA	BMI
podgrupa pacjentów, w której nie zastosowano znieczulenia zewnątrzoponowego (n=51)	65,6 (±10,60)	31 m. 20 k.	2,31 (±0,58)	27,90 (±4,54)
podgrupa pacjentów, w której zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe (n=50)	61,7 (±9,97)	31 m. 19 k.	2,10 (±0,46)	26,46 (±4,11)
istotność statystyczna (p)	0,031	0,900	0,022	0,049

Tabela IV. Liczba mężczyzn i kobiet, średnie wartości ASA oraz BMI u pacjentów w podgrupach wiekowych poniżej i powyżej 65 roku życia.

	Płeć [m. – mężczyzna k. – kobieta]	ASA	BMI
podgrupa pacjentów w wieku ≥65 lat (n=54)	32 m. 22 k.	2,31 (±0,54)	27,34 (±4,80)
podgrupa pacjentów w wieku <65 roku życia (n=47)	30 m. 17 k.	2,09 (±0,50)	27,02 (±3,87)
istotność statystyczna (p)	0,791	0,014	0,358

Tabela V. Średnie wartości wieku, płci, skali ASA oraz BMI w podgrupach pacjentów, u których wystąpiły bądź nie wystąpiły zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym.

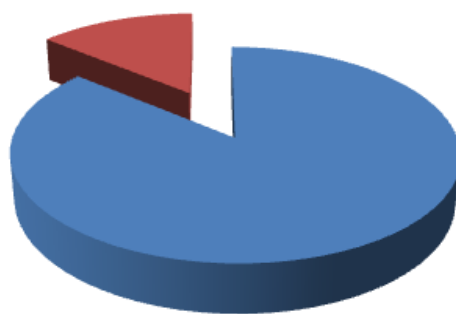
	Wiek [lat]	Płeć [m. – mężczyzna k. – kobieta]	ASA	BMI
podgrupa pacjentów, w której nie zanotowano zmian w funkcjach poznawczych (n=77)	62,2 (±10,79)	48 m. 29 k.	2,17 (±0,52)	27,07 (±4,35)
podgrupa pacjentów, w której zanotowano zmiany w funkcjach poznawczych (n=24)	68,4 (±7,51)	14 m. 10 k.	2,33 (±0,56)	27,58 (±4,50)
istotność statystyczna (p)	0,001	0,725	0,107	0,315

4.2. Zmiany saturacji mózgowej u chorych poddanych dużym zabiegom operacyjnym w zakresie jamy brzusznej.

Początkowa średnia wartość saturacji mózgowej u wszystkich badanych wynosiła $67,25 \pm 7,4\%$, a średnia wartość saturacji mózgowej podczas całego zabiegu operacyjnego u tych pacjentów wynosiła $65,95 \pm 6,8\%$.

Dzięki zastosowaniu ciągłego monitorowania saturacji mózgowej w celu optymalizacji znieczulenia ogólnego u 14 (13,9%) chorych (Rycina 4) wykazano istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej (obniżenie saturacji poniżej 75% wartości bazowej lub poniżej bezwzględnej wartości 50%).

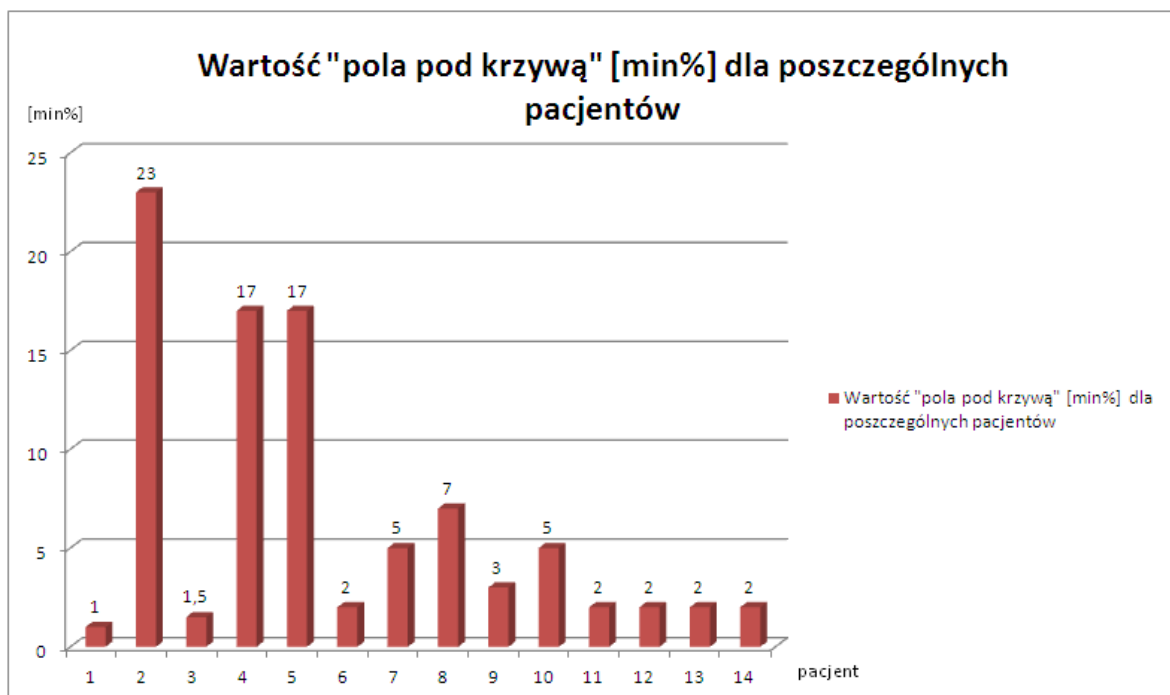
Rozkład liczby pacjentów, u których wystąpiło bądź nie wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej (n=101)



- Pacjenci, u których nie wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej (n=87)
- Pacjenci, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej (n=14)

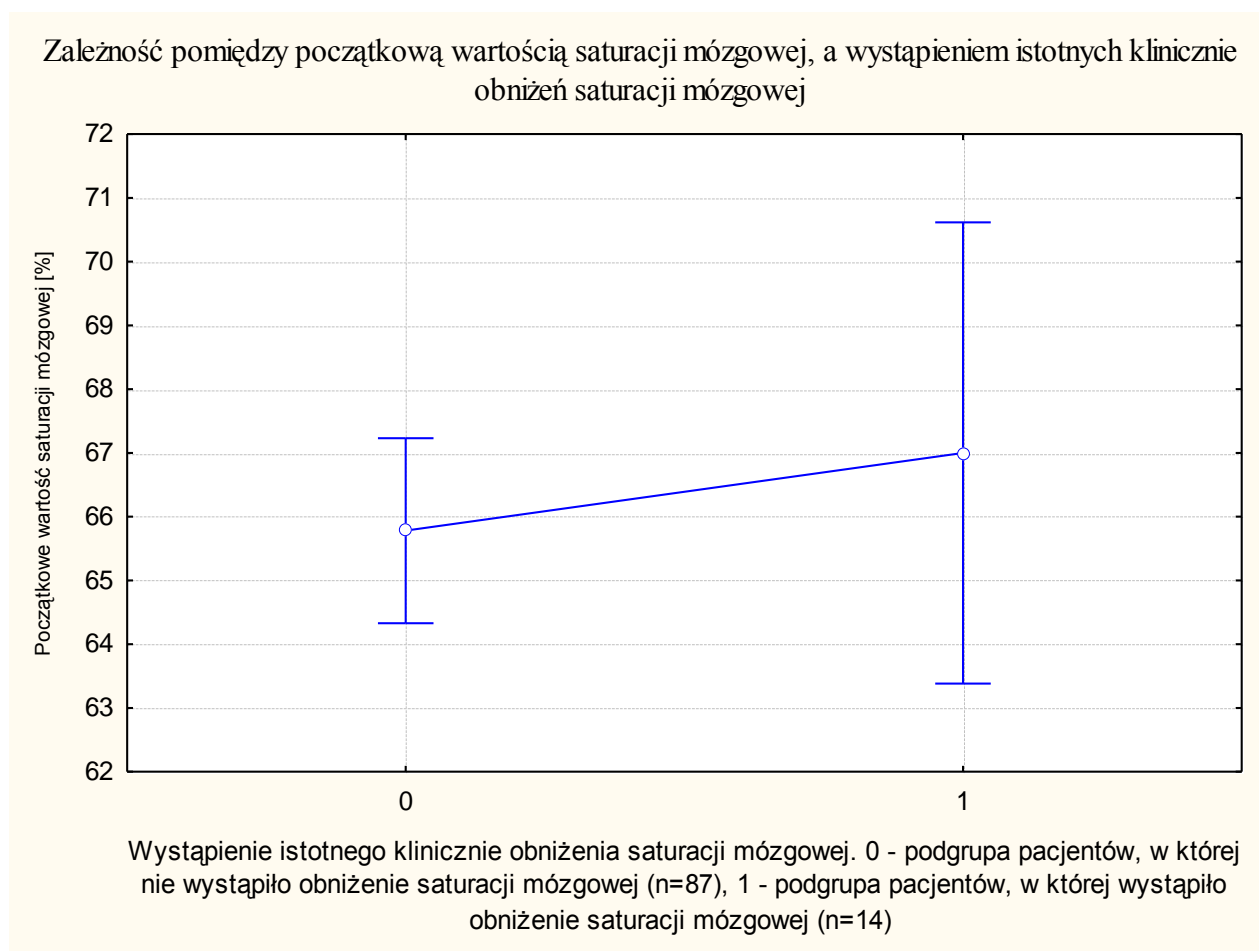
Rycina 4. Rozkład liczby pacjentów, u których wystąpiło (n=14) bądź nie wystąpiło (n=87) istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej.

Średnie „pole pod krzywą” desaturacji u tych 14 chorych wynosiło $6,39 \pm 7,16$ min%. Rozkład wartości „pola pod krzywą” dla poszczególnych pacjentów ilustruje Rycina 5.



Rycina 5. Wartość „pola pod krzywą” dla poszczególnych pacjentów, u których wystąpiło klinicznie istotne obniżenie saturacji podczas zabiegu operacyjnego.

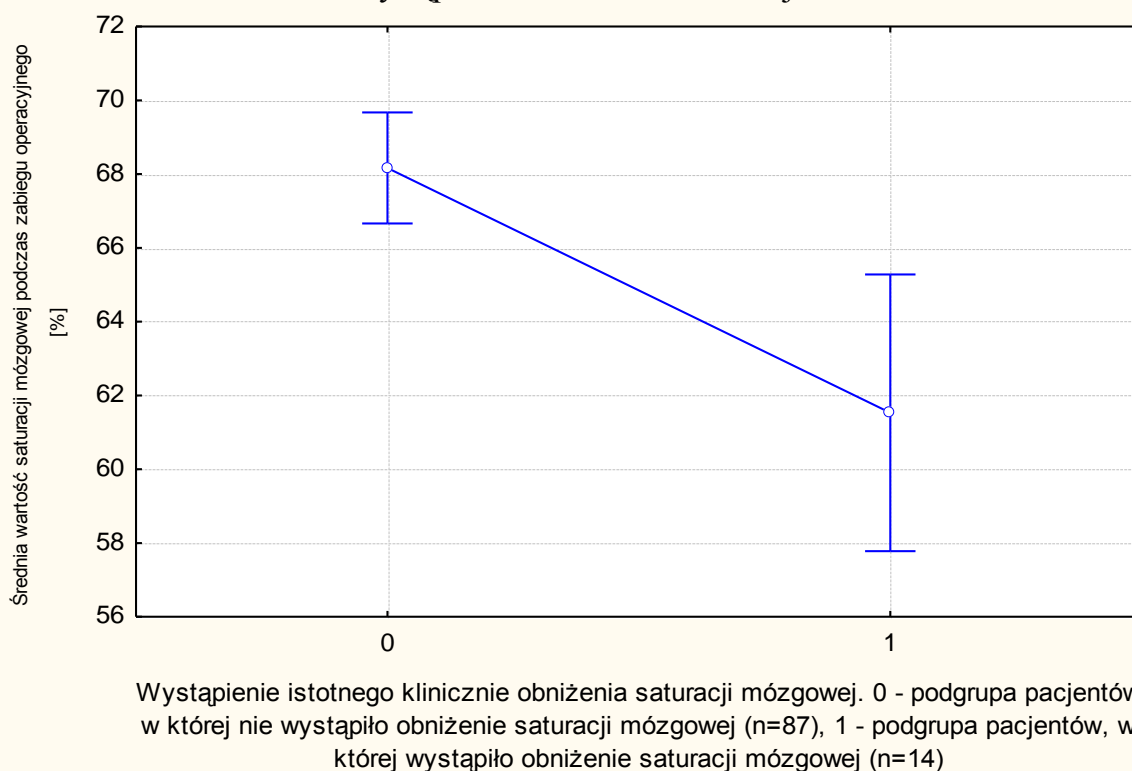
U 14 pacjentów, u których doszło od istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej średnia początkowa wartość saturacji mózgowej wyniosła $67 \pm 4,28\%$, a u 87 chorych, u których nie obserwowano istotnego klinicznie obniżenia saturacji, średnia początkowa wartość saturacji mózgowej wyniosła $66,78 \pm 7,13\%$. Nie uzyskano zależności statystycznej pomiędzy wartością początkową poziomu saturacji mózgowej, a wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji ($p=0,536$) (Rycina 6).



Rycina 6. Zależność pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej, a wystąpieniem istotnych klinicznie obniżeń saturacji mózgowej.

U 14 pacjentów, u których doszło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej, średnia wartość saturacji mózgowej wyniosła $61,53 \pm 4,12\%$, a u 87 chorych u których nie obserwowano istotnego klinicznie obniżenia saturacji, średnia wartość saturacji mózgowej wyniosła $68,17 \pm 7,41\%$. U pacjentów z niższą średnią wartością saturacji mózgowej dochodziło częściej do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej ($p<0,05$) (Rycina 7).

Zależność pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu a wystąpieniem obniżenia saturacji

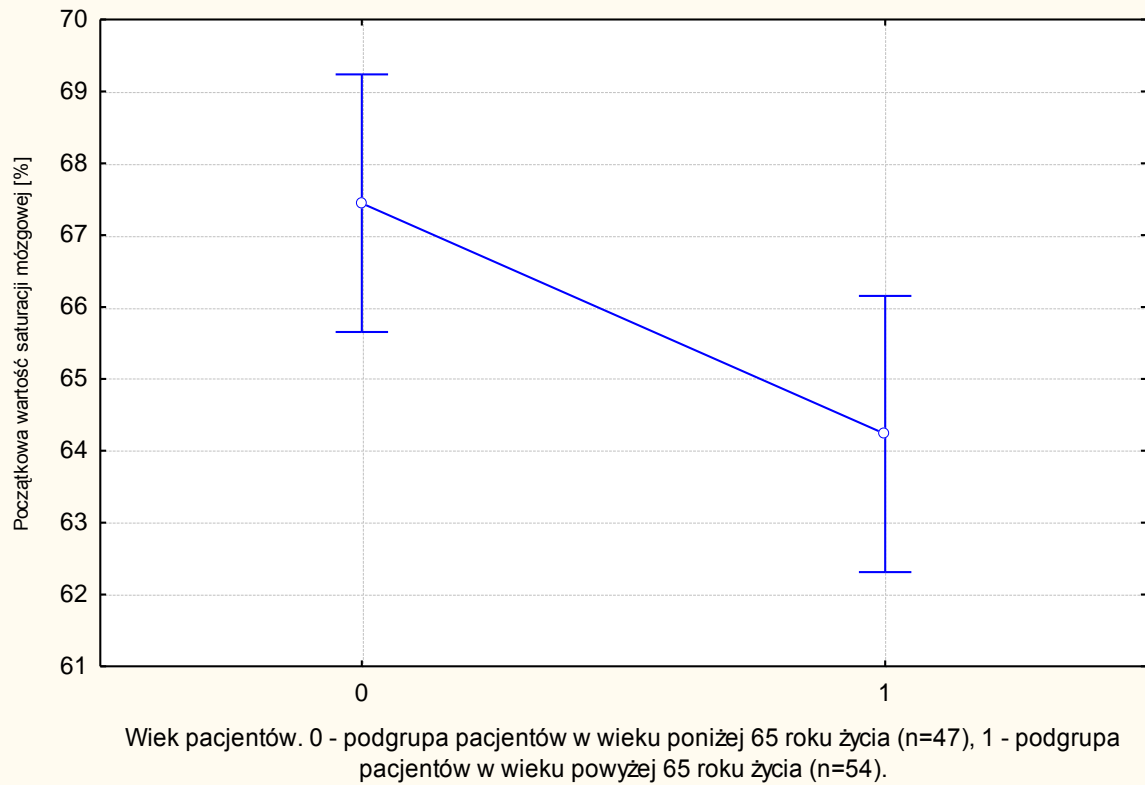


Rycina 7. Zależność pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu, a wystąpieniem obniżenia saturacji mózgowej.

Nie wykazano korelacji pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej a takimi czynnikami jak: wartość skali ASA ($p=0,105$), wartość wskaźnika BMI ($p=0,69$), liczba dni spędzonych przez pacjentów w szpitalu ($p=0,068$) czy też liczba dni spędzonych przez chorych na oddziale intensywnej terapii ($p=0,553$).

Zaobserwowano różnicę w wartości saturacji początkowej w zależności od wieku operowanych chorych. Średnia początkowa wartość saturacji mózgowej w podgrupie pacjentów poniżej 65 roku życia wynosiła $67,81 \pm 7,1\%$. Natomiast w podgrupie pacjentów w wieku powyżej 65 roku życia, średnia początkowa wartość saturacji mózgowej była niższa, wyniosła ona $64,33 \pm 6,15\%$. Różnica ta była istotna statystycznie ($p=0,001$) (Rycina 8).

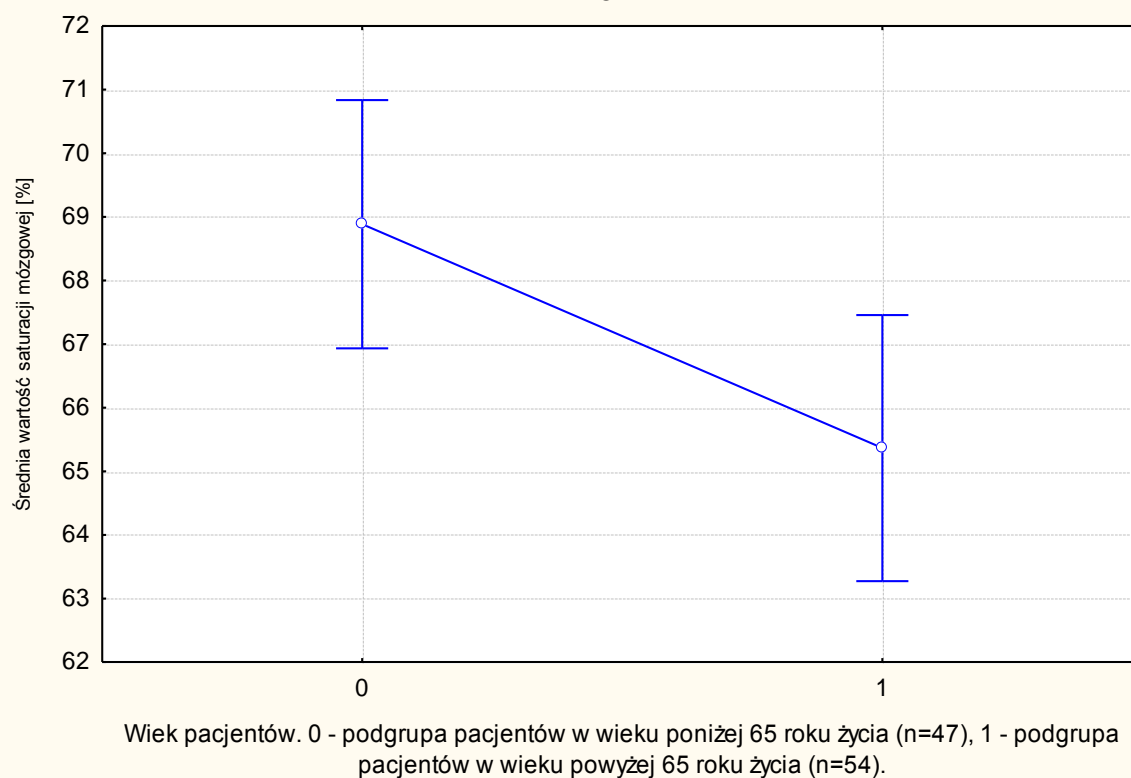
Zależność pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu a wiekiem pacjenta



Rycina 8. Zależność pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu a wiekiem pacjenta.

Średnia wartość saturacji mózgowej podczas operacji w podgrupie pacjentów poniżej 65 roku życia wynosiła $68,97 \pm 7,4$ %. W podgrupie pacjentów w wieku powyżej 65 roku życia wartość ta wyniosła $65,75 \pm 7,14$ %. Chorzy w wieku powyżej 65 roku życia mieli niższą średnią wartość saturacji mózgowej podczas całego zabiegu ($p=0,016$) (Rycina 9).

Zależność pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej podczas całej operacji a wiekiem chorego



Rycina 9. Zależność pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej podczas całej operacji a wiekiem chorego.

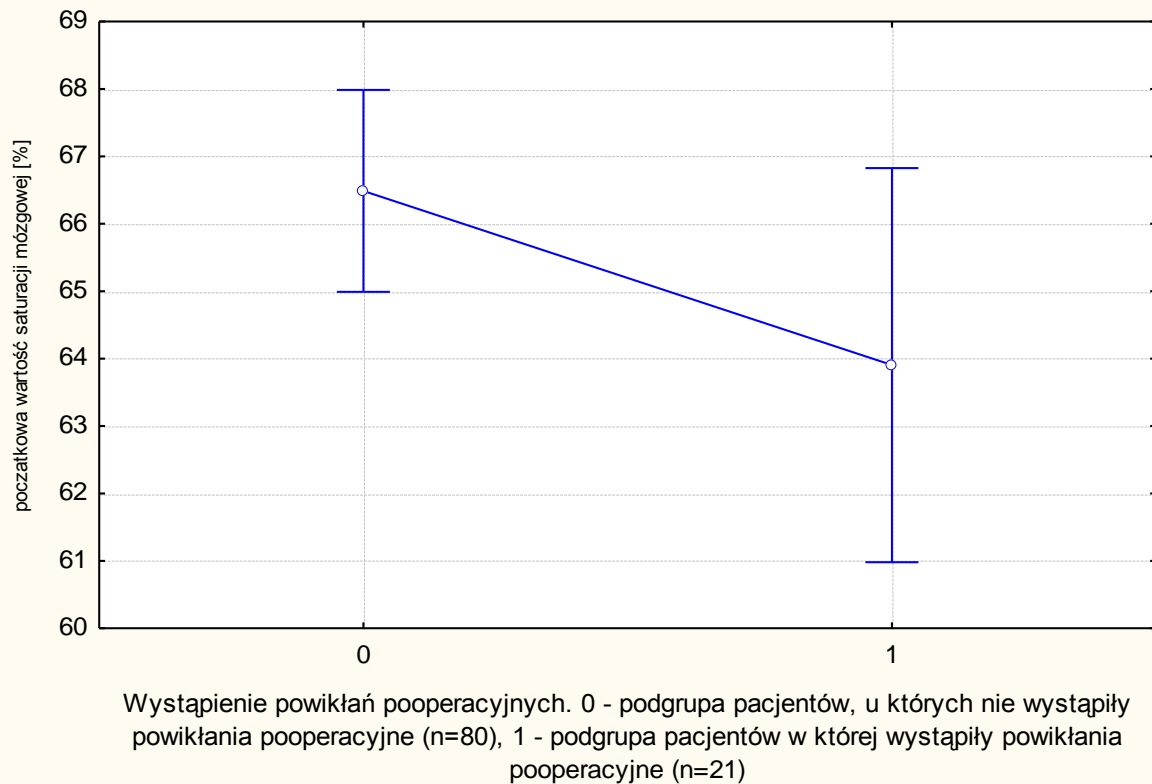
U 7 chorych w podgrupie pacjentów powyżej 65 roku życia obserwowano istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej. Również w podgrupie pacjentów w wieku poniżej 65 roku życia u 7 chorych stwierdzono istotne obniżenie saturacji mózgowej (Tabela VI). Wiek operowanego pacjenta (poniżej lub powyżej 65 roku życia) nie wpływał na wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji ($p=0,9932$).

Tabela VI. Występowanie istotnego klinicznie obniżenia saturacji w podziale na podgrupy ze względu na wiek chorego.

	podgrupa pacjentów, w której nie wystąpiło obniżenie saturacji (n=87)	podgrupa pacjentów, w której wystąpiło obniżenie saturacji (n=14)
podgrupa pacjentów w wieku ≥ 65 lat (n=54)	47	7
podgrupa pacjentów w wieku < 65 lat (n=47)	40	7

U 21 pacjentów w badanej grupie wystąpiły powikłania pooperacyjne. Średnia początkowa wartość saturacji mózgowej u tych pacjentów wyniosła $63,9 \pm 6,43\%$. Wśród chorych, u których nie obserwowano powikłań pooperacyjnych, średnia początkowa wartość saturacji mózgowej wyniosła $66,49 \pm 6,83\%$. Nie stwierdzono zależności statystycznej pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej, a wystąpieniem powikłań pooperacyjnych ($p=0,122$) (Rycina 10).

Zależność pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej a wystąpieniem powikłań pooperacyjnych

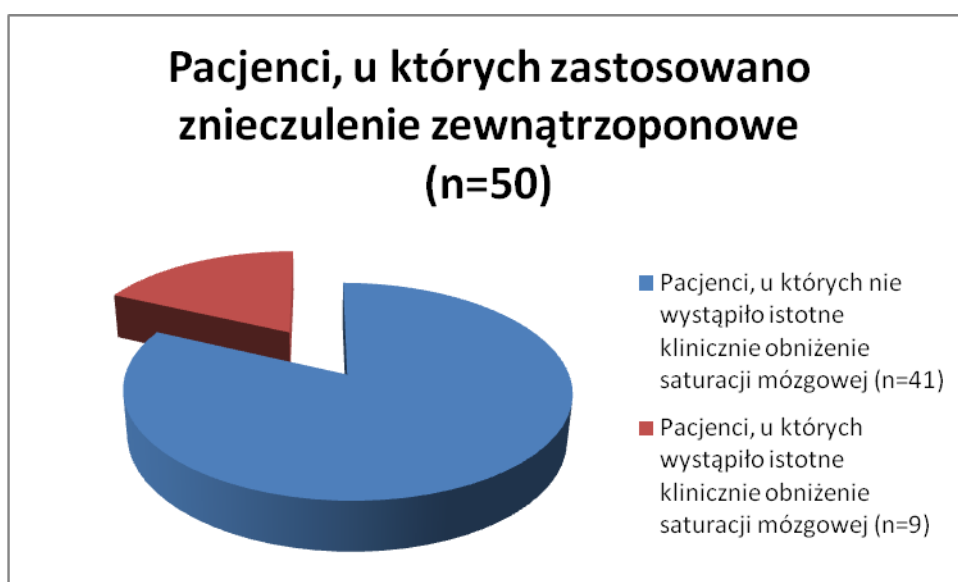


Rycina 10. Zależność pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej a wystąpieniem powikłań pooperacyjnych.

Czas operacji wyniósł średnio $172,08 \pm 43,24$ minuty. U chorych, u których doszło do istotnego obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu średni czas trwania operacji wyniósł $188,57 \pm 43,07$ minuty. U chorych, u których nie doszło do istotnego obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu średni czas trwania operacji wyniósł $169,43 \pm 42,92$ minuty. Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji, a czasem trwania operacji ($p=0,125$), ani średnią wartością saturacji mózgowej ($p=0,151$), a czasem trwania operacji.

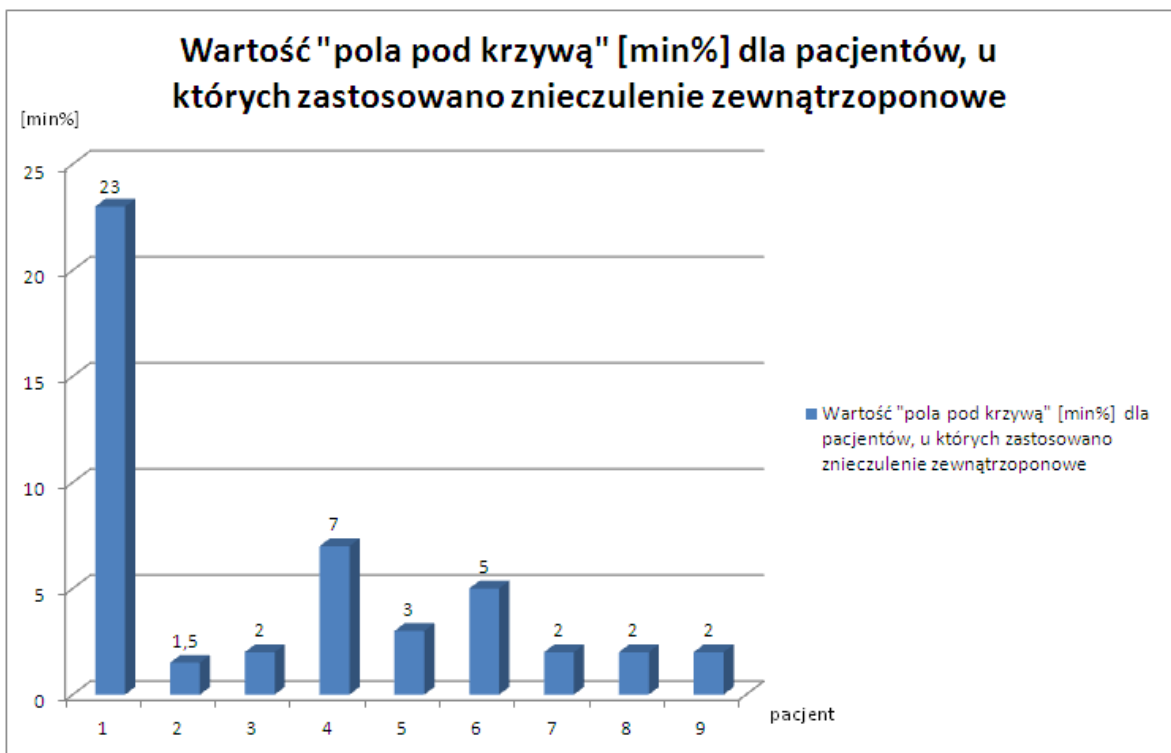
4.3. Śródoperacyjne zmiany saturacji mózgowej u chorych poddanych dużym zabiegom operacyjnym w zakresie jamy brzusznej z zastosowaniem znieczulenia zewnątrzoponowego.

U 50 (49.5%) operowanych, oprócz zastosowania znieczulenia ogólnego zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe. U 9 z nich wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej (Rycina 11). Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy stosowaniem znieczulenia zewnątrzoponowego, a wystąpieniem desaturacji mózgowej ($p=0,3661$).



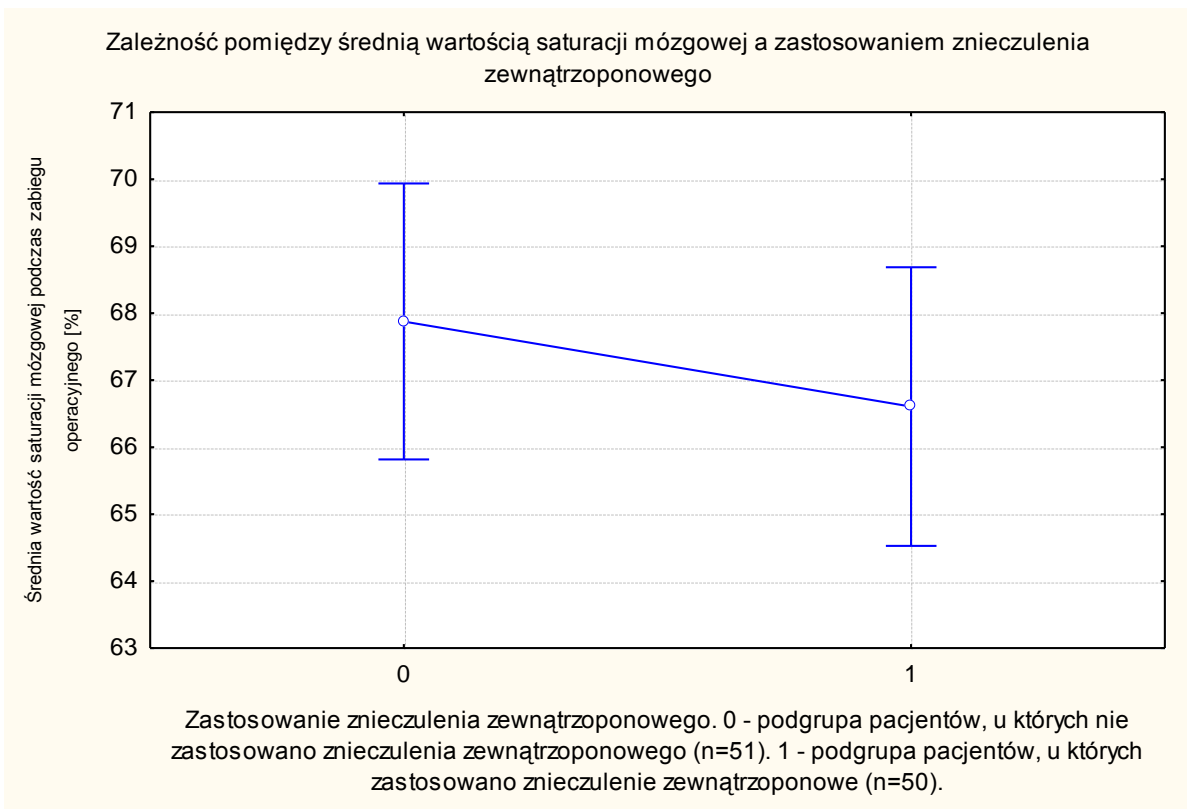
Rycina 11. Rozkład pacjentów, u których występowała desaturacji mózgowa w zależności od zastosowania znieczulenia zewnątrzoponowego.

Średnia wartość „pola pod krzywą” w podgrupie pacjentów z zastosowanym znieczuleniem zewnątrzoponowym wynosiła $5,28 \pm 6,89$ min% (Rycina 12), a w podgrupie, w której nie zastosowano znieczulenia zewnątrzoponowego - $8,4 \pm 7,99$ min% ($p=0,25$).



Rycina 12. Wartość „pola pod krzywą” dla poszczególnych 9 pacjentów, u których wystąpiło klinicznie istotne obniżenie saturacji podczas zabiegu operacyjnego i zastosowano u nich znieczulenie zewnątrzoponowe.

U pacjentów, u których zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe, średnia wartość saturacji mózgowej wynosiła $66,61 \pm 6,98\%$, a w podgrupie chorych, u których nie zastosowano znieczulenia zewnątrzoponowego - $67,88 \pm 7,81\%$. Nie stwierdzono statystycznie znamiennej różnicy pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego, a zastosowaniem znieczulenia zewnątrzoponowego ($p=0,39$) (Rycina 13).



Rycina 13 Zależność pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej a zastosowaniem znieczulenia zewnątrzoponowego. 0 – pacjenci u których nie zastosowano znieczulenia zewnątrzoponowego (n=51). 1 – pacjenci, u których zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe (n=50).

Dokonano oceny wpływu podania Bupiwakainy do przestrzeni zewnątrzoponowej na bezwzględną wartość saturacji mózgowej. W czasie 20 minut po podaniu Bupiwakainy średnia bezwzględna wartość saturacji mózgowej zmniejszyła się z $68,62 \pm 9,25\%$ do wartości $65,14 \pm 9,99\%$. Stwierdzono istotność statystyczną tej zmiany ($p=0,001$).

Zbadano też relację pomiędzy wartością saturacji mózgowej przed rozpoczęciem znieczulenia, a wartością saturacji mózgowej po 20 minutach od podania Bupiwakainy do przestrzeni zewnątrzoponowej. Średnia bezwzględna wartość saturacji mózgowej obniżyła się z $66,26 \pm 7,04\%$ do $65,14 \pm 9,99\%$. Wynik ten również wykazał istotność statystyczną ($p=0,001$).

U 11 spośród 50 pacjentów, u których zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe, wystąpiły powikłania pooperacyjne. Nie stwierdzono wpływu zastosowania znieczulenia zewnątrzoponowego na wystąpienie powikłań pooperacyjnych ($p=0,77$). U 9 chorych poddanych znieczuleniu zewnątrzoponowemu wystąpiły zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym. Nie stwierdzono wpływu zastosowania znieczulenia zewnątrzoponowego

na wystąpienie zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym ($p=0,18$). Sumaryczne zestawienie wyników badań u pacjentów, u których zastosowano bądź nie stosowano znieczulenia zewnątrzoponowego, zawiera Tabela VII.

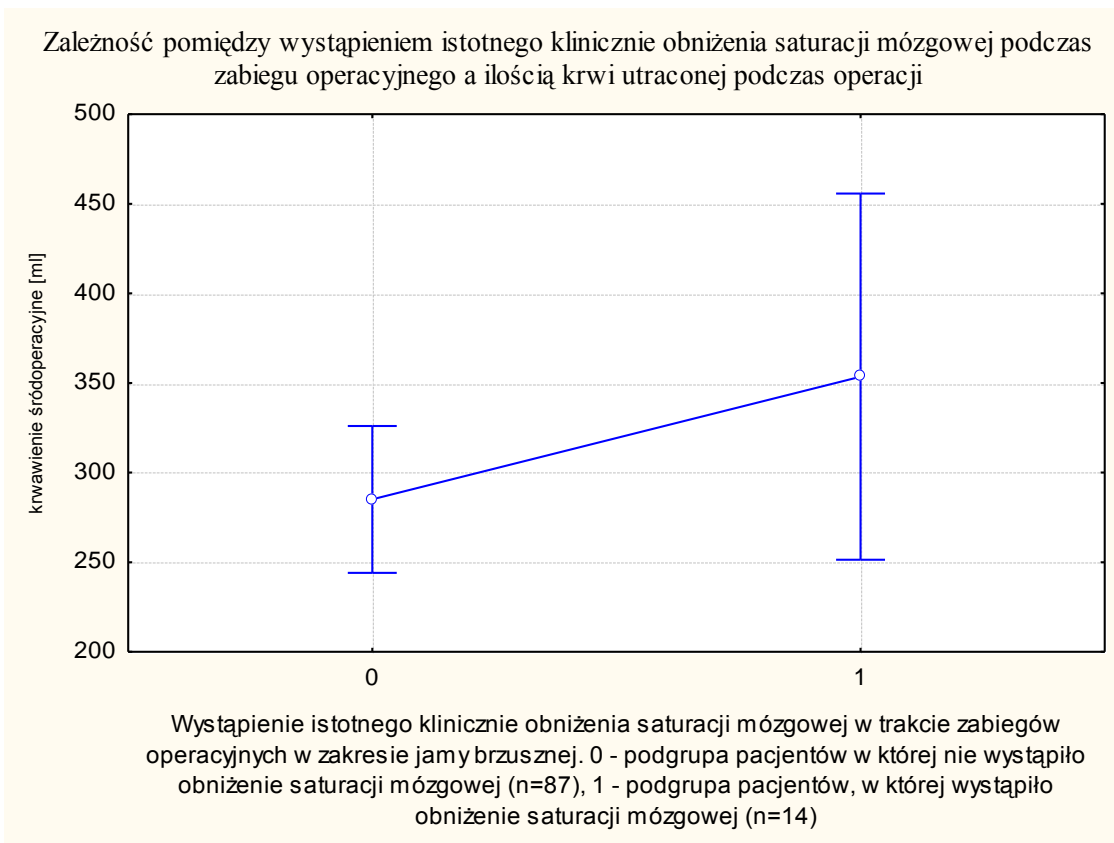
Tabela VII. Sumaryczne zestawienie wyników badań u pacjentów, u których zastosowano bądź nie stosowano znieczulenia zewnątrzoponowego.

	Pacjenci, u których zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe (n=50)	Pacjenci, u których nie zastosowano znieczulenia zewnątrzoponowego (n=51)	istotność statystyczna (p)
Liczba pacjentów, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej	9	5	0,3661
Średnia wartość „pola pod krzywą” u chorych, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej [min%]	5,28±6,89	8,4±7,99	0,25
Liczba chorych, u których wystąpiły inne niż zaburzenia poznawcze powikłania w okresie pooperacyjnym	11	10	0,77
Liczba pacjentów, u których wystąpiły zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym	9	15	0,18
Średnia początkowa wartość saturacji mózgowej [%]	66,26±7,04	65,9±6,42	0,75
Średnia wartość saturacji mózgowej [%]	66,61±6,98	67,88±7,81	0,39
Średnia liczba dni spędzonych w szpitalu	12,4±11,16	11,58±8,94	0,55
Średnia liczba dni na oddziale intensywnej terapii	16,67±13,63	12,8±5,36	0,71
Liczba zgonów	3	1	0,3

4.4. Zastosowanie pomiaru saturacji mózgowej w ocenie krwawienia śródoperacyjnego.

W badanej grupie chorych, dzień przed zabiegiem operacyjnym, jak i 2 godziny po jego zakończeniu, wykonane były podstawowe badania krwi: morfologia i gazometria. Średnia wartość hemoglobiny przed zabiegiem operacyjnym wynosiła $13,15 \pm 2,08$ g/dl, a 2 godziny po operacji $12,17 \pm 1,93$ g/dl. Średnie obniżenie poziomu hemoglobiny wyniosło 1,12 g/dl. Średnia różnica w wartości hemoglobiny przed i po zabiegu u pacjentów, u których wystąpiło istotne obniżenie saturacji podczas operacji, wyniosła $1,25 \pm 1,06$ g/dl. W grupie pacjentów, u których nie wystąpiło klinicznie istotne obniżenie saturacji, różnica w wartości hemoglobiny wyniosła średnio $1,1 \pm 1,08$ g/dl. Nie stwierdzono zależności statystycznych pomiędzy zmianami poziomu hemoglobiny przed zabiegiem i po zabiegu, a wystąpieniem istotnego zmniejszenia saturacji mózgowej ($p=0,7706$).

U pacjentów szacowano poziom krwawienia śródoperacyjnego na podstawie objętości krwi utraconej w trakcie zabiegu. Średnia objętość utraconej krwi u wszystkich pacjentów wyniosła $294,55 \pm 33,47$ ml. W grupie pacjentów, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej, średnia objętość krwi utraconej wyniosła $353,57 \pm 192,62$ ml. U pacjentów, u których nie wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej średnia objętość krwi utraconej wyniosła $285,06 \pm 192,61$ ml. Nie stwierdzono statystycznie istotnych zależności pomiędzy ilością krwi utraconej, a wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji ($p=0,22$) (Rycina 14) oraz średnią wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu ($p=0,83$).



Rycina 14. Zależność pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego a ilością krwi utraconej podczas operacji.

U 6 pacjentów wykonano śródoperacyjne transfuzje po 2 jednostki Koncentratu Krwinek Czerwonych. Wskazaniem do przetoczenia Koncentratu Krwinek Czerwonych było uznanie przez operatora i anestezjologa krwawienia śródoperacyjnego za znaczne. Z podgrupy 6 chorych, u których wykonano śródoperacyjne transfuzje krwi, u 2 doszło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej.

4.5. Analiza wpływu chorób towarzyszących na wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego

W badanej grupie analizowano wpływ chorób przewlekłych na wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego. Badano wpływ następujących chorób: nadciśnienie tętnicze, chorobę niedokrwinną serca, niedoczynność

i nadczynność tarczycy, cukrzyce, astmę oraz przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP). Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy którąkolwiek z wymienionych chorób, a wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia poziomu saturacji mózgowej (Tabela VIII).

Tabela VIII. Analiza wpływu chorób towarzyszących na wystąpienie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego.

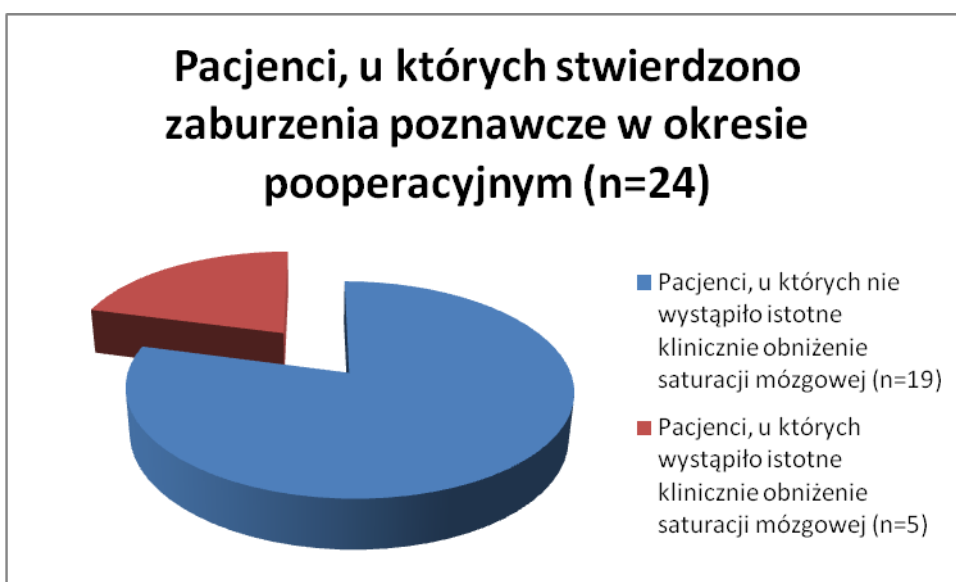
choroba	Liczba pacjentów, u których nie wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej	Liczba pacjentów, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej	%	istotność statystyczna (p)
pacjenci bez chorób przewlekłych w wywiadzie	17	5	22,73%	0,2989
nadciśnienie tętnicze	57	7	10,94%	0,5674
choroba niedokrwienna serca	36	1	2,70%	0,6200
niedoczynność tarczycy	8	1	11,11%	0,8099
cukrzyca	19	2	9,52%	0,5824
astma	4	0	0,00%	0,4230
POChP	3	0	0,00%	0,4873
nadczynność tarczycy	2	2	50,00%	0,0530
średnia [%]			13,86%	

Zbadano wpływ przedoperacyjnej farmakoterapii, stosowanej u pacjentów z powodu chorób towarzyszących, na wystąpienie obniżenia saturacji mózgowej. W analizowanej grupie 40 chorych przyjmowało przewlekłe β -blokerzy. Stwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy codziennym przyjmowaniem β -blokerów w okresie przedoperacyjnym przez minimum 7 dni przed zabiegiem w sposób regularny i stały,

a niewystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego ($p=0,0173$). Stosowanie β -blokerów w codziennej terapii przedoperacyjnej nie miało wpływu na średnią wartość saturacji mózgowej podczas zabiegu ($p=0,85$).

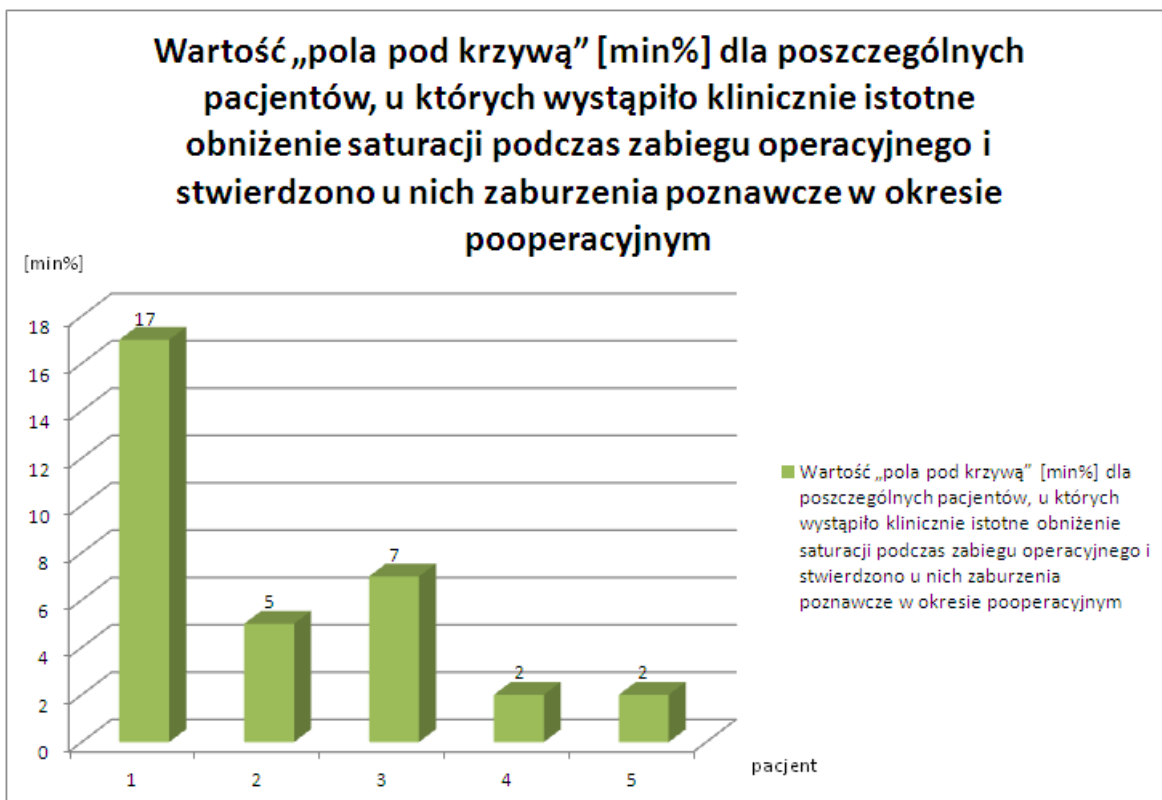
4.6. Analiza występowania pooperacyjnych zaburzeń poznawczych.

Zaburzenia poznawcze badano na podstawie różnicy w odpowiedziach uzyskanych w teście „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego”. Zaburzenia poznawcze stwierdzono u 24 (23,76%) pacjentów, wśród nich u 5 wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego (Rycina 15).



Rycina 15. Rozkład liczby pacjentów, u których stwierdzono zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym w zależności od wystąpienia lub niewystąpienia istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej w trakcie operacji. Jedynie u 5 pacjentów (kolor czerwony) wystąpiło śródoperacyjne istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej i wystąpiły równocześnie zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym.

Nie stwierdzono zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia poziomu saturacji mózgowej, a wystąpieniem zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym ($p=0,4273$). Średnia wartość „pola pod krzywą” w podgrupie pacjentów, u których obserwowano zaburzenia poznawcze, wynosiła $6,6\pm 5,54$ min% (Rycina 16), a w podgrupie w której nie obserwowano zaburzeń poznawczych, $6,27\pm 8$ min% ($p=0,23$).



Rycina 16. Wartość „pola pod krzywą” dla poszczególnych pacjentów, u których wystąpiło klinicznie istotne obniżenie saturacji podczas zabiegu operacyjnego i stwierdzono u nich zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym.

Wśród 24 pacjentów, u których stwierdzono zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym, u 7 chorych stwierdzono wystąpienie innych powikłań pooperacyjnych (patrz rozdział 4.8). Nie stwierdzono związku pomiędzy wystąpieniem zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym, a rozwinięciem się innych powikłań pooperacyjnych ($p=0,25$).

W Tabeli IX zestawiono podsumowanie wyników badań u pacjentów podzielonych ze względu na wystąpienie, bądź niewystąpienie, zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym.

Tabela IX. Sumaryczne zestawienie wyników badań u pacjentów podzielonych ze względu na wystąpienie, bądź niewystąpienie, zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym.

	Pacjenci, u których wystąpiły zaburzenia poznawcze w okresie pooperacyjnym (n=24)	Pacjenci, u których nie wystąpiły zaburzenia poznawcze (n=77)	istotność statystyczna (p)
Średnia wartość w teście: „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” przed zabiegiem	27,63±1,88	27,39±1,81	0,49
Średnia wartość w teście: „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” w 5 dobie po operacji	25±1,93	27,25±1,89	<0,001
Liczba pacjentów, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej	5	9	0,4273
Średnia wartość „pola pod krzywą” u chorych, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej [min%]	6,6±5,54	6,27±8	0,23
Liczba chorych, u których wystąpiły inne niż zaburzenia poznawcze powikłania w okresie pooperacyjnym	7	14	0,25
Średnia początkowa wartość saturacji mózgowej	64,17±5,67	66,51±7,06	0,19
Średnia wartość saturacji mózgowej [%]	65,29±6,65	67,86±7,56	0,23
Średnia liczba dni spędzonych w szpitalu [%]	12,5±10,97	11,71±9,82	0,77
Średnia liczba dni spędzonych na oddziale intensywnej terapii	25,33±11,93	11±7,09	0,67
Liczba zgonów	1	3	0,59

4.7. Analiza zależności pomiędzy wartościami saturacji mózgowej a częstością akcji serca, średnim ciśnieniem tętniczym, wartością kapnografii oraz poziomem saturacji obwodowej.

W trakcie zabiegów operacyjnych monitorowano częstość akcji serca, ciśnienie tętnicze, kapnografię oraz saturację obwodową. Wyznaczono maksymalną i minimalną wartość saturacji mózgowej, którym przyporządkowywano odpowiednią wartość częstości akcji serca, średniego ciśnienia tętniczego, kapnografii oraz saturacji obwodowej.

Nie stwierdzono istotnego statystycznie powiązania pomiędzy najniższą wartością saturacji mózgowej podczas operacji, a mierzoną wówczas wartością częstości akcji serca, średniego ciśnienia tętniczego, kapnografii czy poziomem saturacji obwodowej.

Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy najwyższą wartością saturacji mózgowej podczas operacji, a mierzoną wówczas wartością częstości akcji serca, średniego ciśnienia tętniczego, kapnografii czy saturacji obwodowej.

Oceniano także powiązania pomiędzy najniższą i najwyższą wartością częstości akcji serca, średniego ciśnienia tętniczego, kapnografii oraz saturacji obwodowej, a wartością saturacji mózgowej, nie uzyskując istotnej zależności.

Stwierdzono, iż przy najniższej wartości średniego ciśnienia tętniczego obserwowano niższą wartość saturacji mózgowej, która jednak nie spełniała kryteriów istotnego klinicznie obniżenia wartości saturacji mózgowej. Natomiast nie stwierdzono zależności pomiędzy wartością maksymalnego średniego ciśnienia tętniczego, a wartością saturacji mózgowej w tej chwili.

W badanej grupie pacjentów wykazano zależność pomiędzy maksymalną śródoperacyjną wartością wydychanego dwutlenku węgla, a wartością saturacji mózgowej, która wówczas istotnie wzrastała. Natomiast nie stwierdzono istotności statystycznej w przypadku minimalnej wartości kapnografii.

Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy najniższą i najwyższą wartością saturacji obwodowej, a poziomem saturacji mózgowej. U żadnego z pacjentów nie doszło do istotnej klinicznie desaturacji obwodowej podczas trwania znieczulenia.

Nie stwierdzono istotnego statystycznie powiązania pomiędzy najniższą i najwyższą wartością częstością rytmu serca, a poziomem saturacji mózgowej.

Stwierdzono pozytywną korelację pomiędzy początkową wartością akcji serca a poziomem początkowej wartości saturacji mózgowej. Nie stwierdzono natomiast żadnej zależności

między początkową wartością saturacji mózgowej a początkową wartością średniego ciśnienia tętniczego oraz saturacji obwodowej.

4.8. Analiza skuteczności wybranych metod w korygowaniu istotnego klinicznie obniżenia oksymetrii mózgowej.

W trakcie zabiegów operacyjnych korygowano zaburzenia oksymetrii mózgowej. Towarzystwo one zmniejszeniu ciśnienia tętniczego bądź obniżeniu częstości akcji serca. Korygowano te zmiany przy pomocy farmakoterapii. W przypadku obniżenia oksymetrii mózgowej towarzyszącej zmniejszonemu ciśnieniu stosowano chlorowoderek Efedryny w dawce dożylniej 5 mg – 10 mg. Leczenie takie zastosowano u 10 pacjentów. Po podaniu dożylnym chlorowodoru Efedryny stwierdzono istotny statystycznie wzrost wartości saturacji mózgowej ($p=0,003$). Stwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy podaniem dożylnym Atropiny w dawce 0,5 - 1 mg a wzrostem wartości saturacji mózgowej ($p=0,001$). Leczenie takie zastosowano u 14 pacjentów.

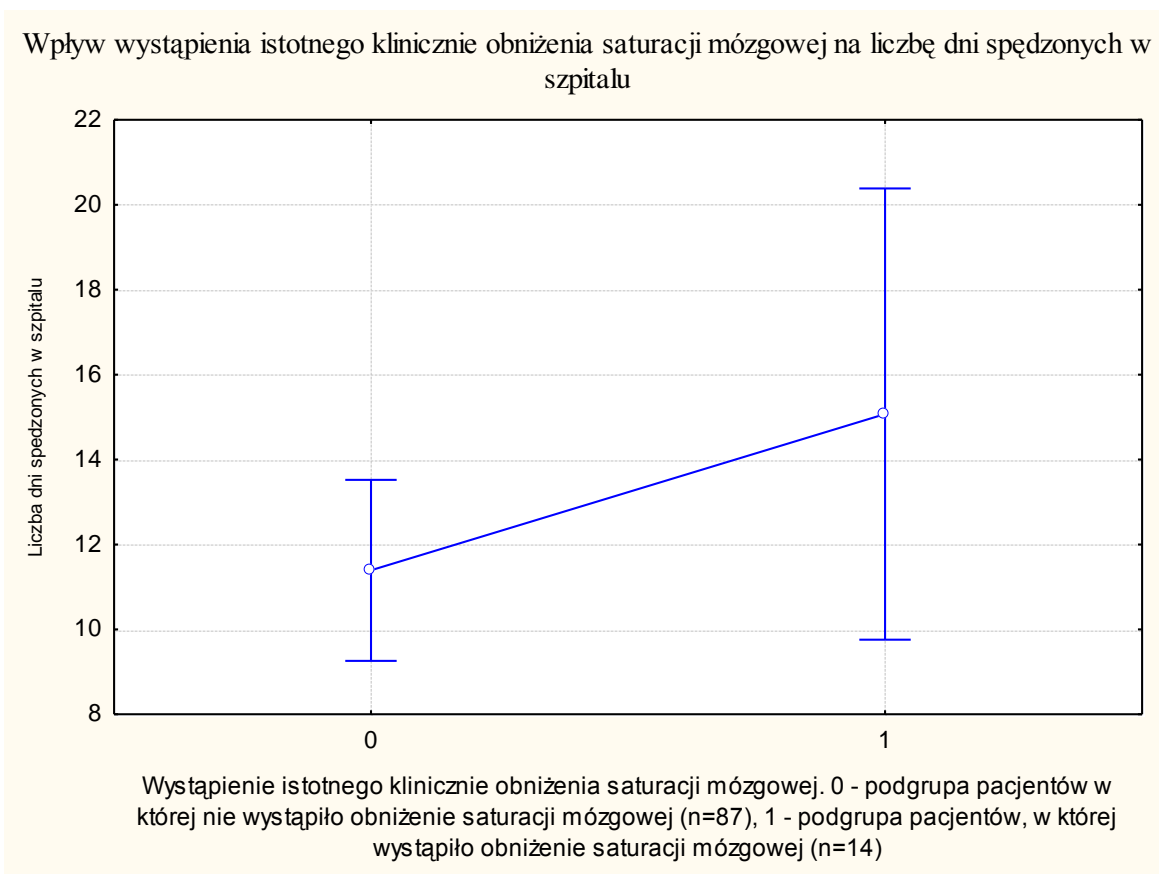
4.9. Wyniki wpływu zmian oksymetrii mózgowej na powikłania i rokowanie pooperacyjne.

U chorych w okresie pooperacyjnym obserwowano powikłania w postaci: zakażenia rany pooperacyjnej (u 8 chorych), zapalenia otrzewnej (u 8 chorych), niewydolności oddechowej (u 4 chorych), przetoki trzustkowej (1 chory) i zaburzeń rytmu serca (1 chory). Czterech pacjentów zmarło w wyniku powikłań pooperacyjnych. U wszystkich tych pacjentów wystąpiło zapalenie otrzewnej i niewydolność krążeniowo-oddechowa, która była przyczyną zgonu. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji a wystąpieniem powikłań w okresie pooperacyjnym ($p=0,7706$).

Oceniano długość pobytu w szpitalu oraz czas hospitalizacji na oddziale intensywnej terapii. Średni czas hospitalizacji w szpitalu wyniósł $11,09 \pm 10,05$ dni. Na oddziale intensywnej terapii leczono 11 chorych, średni czas pobytu wyniósł $14,91 \pm 10,42$ dni. Wśród pacjentów hospitalizowanych na oddziale intensywnej terapii u 2 chorych doszło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego, a średni czas pobytu na oddziale intensywnej terapii u tych chorych wyniósł $29,5 \pm 13,44$ dni.

W grupie pacjentów, u których nie doszło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej, średni czas pobytu na oddziale intensywnej terapii wyniósł $11,67 \pm 6,93$ dni. Nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego a pobytem pacjentów na oddziale intensywnej terapii ($p=0,67$).

W grupie pacjentów, u których podczas operacji wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej, średni czas hospitalizacji wyniósł $15,07 \pm 13,29$ dni. W grupie pacjentów, u których podczas operacji nie wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej, średni czas hospitalizacji wyniósł $11,39 \pm 9,43$ dni. W badanej grupie chorych wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji w trakcie operacji nie miało wpływu na czas hospitalizacji ($p=0,205$) (Rycina 17).



Rycina 17. Wpływ wystąpienia istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej na liczbę dni spędzonych w szpitalu.

Nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego a czasem pobytu pacjentów na oddziale intensywnej terapii ($p=0,202$) ani czasem hospitalizacji ($p=0,19$).

Czterech pacjentów w badanej grupie zmarło. U jednego z nich doszło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji podczas operacji. Nie stwierdzono zależności statystycznej pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji a zgonem chorego w okresie pooperacyjnym ($p=0,9359$). Jako przyczynę zgonu wykluczono zaburzenia przepływu krwi przez mózg oraz zaburzenia neurologiczne w trakcie zabiegów operacyjnych.

5. Dyskusja.

5.1. Zastosowanie pomiaru oksymetrii mózgowej, a bezpieczeństwo pacjenta podczas znieczulenia ogólnego.

Obecnie coraz większą wagę przywiązuje się do wpływu procedury leczniczej na stan pacjenta po wyjściu ze szpitala. Dotyczy to zwłaszcza możliwości powrotu chorego do jego stanu jak przed zabiegiem. Piśmiennictwo oceniające zastosowanie NIRS na grupie chorych operowanych w zakresie jamy brzusznej [8, 47] dotyczyło tylko chorych w wieku powyżej 65 roku życia. Do niniejszej pracy badawczej zostali zakwalifikowani pacjenci w wieku od 35 do 84 lat, u których stwierdzono stosunkowo częste (14 chorych - 13.9%) występowanie obniżenia saturacji mózgowej wymagające postępowania leczniczego. Dzięki optymalizacji leczenia w chwili wystąpienia zmniejszenia saturacji mózgowej udało się skrócić czas trwania desaturacji, który średnio wyniósł 6,39 min%. W badaniu Casati i wsp., dotyczącego pacjentów operowanych w zakresie jamy brzusznej, w grupie chorych bez interwencji leczniczej stwierdzono średnią wartość „pola pod krzywą” wynoszącą 80 min% [8]. Monitorowanie saturacji mózgowej pozwala zapobiec wystąpieniu przedłużających się okresów desaturacji i w związku z tym niepożądanych skutków zaburzeń utlenowania mózgu.

Porównanie grup pod względem wystąpienia istotnego klinicznie obniżenia saturacji wykazało, iż nie różniły się one pod względem wieku, wskaźnika skali ASA ani wartości BMI. Stwierdzono natomiast różnice w płci pacjentów, u których nastąpiło klinicznie istotne obniżenie saturacji mózgowej. U kobiet częściej dochodziło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej. W opublikowanych badaniach dotyczących zastosowania saturacji mózgowej w trakcie zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej nie stwierdzono takiej zależności [8, 47].

Leki stosowane do indukcji znieczulania oraz w celu jego podtrzymania sprzyjają depresji układu sercowo-naczyniowego [48]. Wywoływały one często zmniejszenie ciśnienia tętniczego oraz bradykardię. Nawet jeśli zmiany w średnim ciśnieniu tętniczym są dobrze tolerowane przez zdrowych pacjentów, nie zawsze tego samego można oczekiwać u chorych z czynnikami ryzyka sercowo-naczyniowego. W szczególności dotyczy to chorych w wieku podeszłym z licznymi chorobami towarzyszącymi schorzeniu podstawowemu. Jednym z priorytetów w prowadzeniu znieczulenia ogólnego powinno być

utrzymanie właściwej wartości średniego ciśnienia tętniczego, tak aby zapewnić odpowiednie ciśnienia perfuzji dla najważniejszych organów. Należy jednak zaznaczyć, iż podczas indukcji znieczulenia, mimo istotnego zmniejszenia ciśnienia tętniczego, nie obserwowano istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej [49]. W materiale własnym obserwowano prawidłowe wartości oksymetrii mózgowej, mimo znacznego zmniejszenia wartości częstości akcji serca oraz średniego ciśnienia tętniczego podczas indukcji znieczulenia.

5.2. Zastosowanie znieczulenia zewnątrzoponowego u pacjentów operowanych w obrębie jamy brzusznej.

Jedną z form znieczulenia stosowanych w trakcie rozległych zabiegów na jamie brzusznej jest znieczulenie zewnątrzoponowe. Jego zastosowanie dodatkowo do znieczulenia ogólnego jest szeroko przyjętą i stosowaną formą anestezji u pacjentów poddawanych zabiegom operacyjnym w zakresie jamy brzusznej [50-53]. W badanej grupie pacjentów nie stwierdzono wpływu zastosowania znieczulenia zewnątrzoponowego na wystąpienie powikłań pooperacyjnych.

Operacje jamy brzusznej, zwłaszcza te operacje, które lokalizują się w okolicy przepony, dodatkowo zwiększają ryzyko powikłań ze strony układu oddechowego poprzez osłabienie mięśni oddechowych i bóle brzucha, które razem prowadzą do zmniejszenia objętości płuc, osłabienia odruchu kaszlu i niedodmy w okresie pooperacyjnym [54]. Badania wykazały, że w porównaniu ze stosowaniem dożylnych opioidów, znieczulenie zewnątrzoponowe zapewnia równie dobrą kontrolę bólu pooperacyjnego z mniejszą liczbą działań niepożądanych [55-57]. Stosowanie znieczulenia zewnątrzoponowego wiąże się z mniejszym ryzykiem wystąpienia incydentów sercowych u pacjentów niestabilnych kardiologicznie [58]. W przypadku zastosowania znieczulenia zewnątrzoponowego wykazano także poprawę funkcji układu oddechowego po zabiegach operacyjnych [59-61]. W I Klinice Chirurgii Ogólnej i Gastroenterologicznej w Krakowie postępowaniem z wyboru w trakcie kwalifikacji pacjenta do znieczulenia do dużego zabiegu operacyjnego w zakresie jamy brzusznej jest założenie blokady centralnej w postaci znieczulenia zewnątrzoponowego. Blokada centralna może skutkować zmniejszeniem ciśnienia tętniczego krwi, któremu może towarzyszyć zmniejszenie częstości akcji serca i obniżenie kurczliwości serca. Efekty te są na ogół proporcjonalne do stopnia (poziomu) znieczulenia.

Napięcie naczyń zależy przede wszystkim od włókien współczulnych wywodzących się z Th5 do L1, które odpowiadają na napięcie mięśni gładkich tętnic i żył. Farmakologiczne blokowanie tych nerwów powoduje rozkurcz naczyń i wzrost pojemności żylnej i zmniejszenie powrotu żylnego do serca, w niektórych przypadkach rozszerzenie tętnic może zmniejszyć opór naczyniowy.

W badanej grupie chorych nie stwierdzono zależności statystycznej pomiędzy wiekiem, płcią, wskaźnikiem skali ASA, wartością BMI pomiędzy podgrupami pacjentów, u których zastosowano i nie zastosowano znieczulenia zewnątrzoponowego. W dokonanej analizie nie stwierdzono, by zmniejszenie częstości akcji serca lub wartości ciśnienia tętniczego, miało wpływ na wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej. W związku z czym potwierdzono bezpieczeństwo zastosowania takiego rodzaju znieczulenia w trakcie zabiegów w obrębie jamy brzusznej. Jednakże odnotowano zmniejszenie saturacji mózgowej po około 20 minutach od podania leków do przestrzeni zewnątrzoponowej. Świadczy to o wpływie blokady centralnej na ukrwienie mózgu i powinno skłaniać do dokładnej kontroli pacjentów w chwili decydowania o jej zastosowaniu. Monitorowanie saturacji mózgowej podczas stosowania blokady centralnej pozwalało optymalizować leczenie poprzez korygowanie zaburzeń saturacji w trakcie operacji. W badaniu przeprowadzonym przez Lee i wsp. [62] porównywano zastosowanie znieczulenia ogólnego z centralnym (znieczulenie podpajęczynówkowe), obserwując poziom saturacji mózgowej u chorych, u których dokonano prostektomii przezcewkowej. Stwierdzono, iż znieczulenie regionalne, szczególnie w połączeniu z sedacją sprzyja wystąpieniu desaturacji mózgowej. Dotyczy to w szczególności pacjentów w wieku podeszłym.

5.3. Wpływ krwawienia śródoperacyjnego na poziom saturacji mózgowej.

Przed podjęciem decyzji o konieczności przetaczania krwi sprawdza się między innymi poziom stężenia hemoglobiny. Nie znajduje on jednak zastosowania w przypadku masywnej utraty krwi. Dodatkowo nie daje on nam informacji o zapotrzebowaniu i dostarczaniu tlenu do tkanek. W materiale własnym nie zaobserwowano wpływu zmniejszenia poziomu hemoglobiny ani na wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej, ani na średnią wartość saturacji mózgowej podczas operacji.

Analizowane piśmiennictwo [63-66] wskazuje, iż zastosowanie pomiaru saturacji mózgowej jest sposobem monitorowania, które obiektywnie ocenia śródoperacyjną utratę krwi. Torella i wsp. [67] zastosowali pomiar saturacji mózgowej u 10 dawców krwi, od których każdorazowo uzyskano 470 ml krwi. Średnie zmniejszenie poziomu hemoglobiny wyniosło 0,71 g/dl. Stwierdzono istotną statystycznie korelację pomiędzy obniżeniem poziomu hemoglobiny a zmniejszeniem saturacji mózgowej. W innej pracy tego autora [68] badano zachowanie poziomu saturacji mózgowej u 30 chorych, u których zastosowano płynoterapię by uzyskać stężenie hemoglobiny około 11 g/dl. Również podczas tego doświadczenia uzyskano zależność pomiędzy wartością stężenia hemoglobiny a poziomem saturacji mózgowej. Green [47] uważa, że przetoczenie koncentratu krwinek czerwonych powinno być pierwszym postępowaniem w celu poprawy wartości saturacji mózgowej u pacjentów operowanych w zakresie jamy brzusznej, u których doszło do krwawienia śródoperacyjnego. Autor zwraca także uwagę na skuteczność płynoterapii oraz zastosowania leków działających obkurczająco na naczynia krwionośne. W omawianej grupie pacjentów [47] płynoterapia zastosowana w celu zwiększenia rzutu serca, wpływała na zwiększenie wartości saturacji mózgowej. Natomiast zwraca uwagę różny czas potrzebny na uzyskanie skutecznego efektu płynoterapii. Czas ten zależy od rodzaju dostępu dożylnego oraz zapotrzebowania na objętość zastosowanych koloidów lub krystaloidów. Dlatego też, bardziej zasadnym postępowaniem jest podanie leków obkurczających naczynia (chlorowodorek Efedryny).

5.4. Wpływ chorób przewlekłych na śródoperacyjny poziom saturacji mózgowej.

Obecnie coraz częściej operuje się pacjentów, którym oprócz choroby podstawowej towarzyszą dodatkowe przewlekłe schorzenia. Do analizy w niniejsze pracy wzięto pod uwagę najczęściej spotykane choroby (nadciśnienie tętnicze, chorobę niedokrwienną serca, cukrzycę, astmę, POChP, niedoczynność i nadczynność tarczycy). Nie stwierdzono bezpośredniego wpływu jakiegokolwiek z tych chorób na częstość wystąpienia istotnego klinicznie zmniejszenia saturacji mózgowej.

W związku ze schorzeniami przewlekłymi chorzy zażywają liczne leki, które wpływają na perfuzję tkanek. Do grupy takich środków należą β -blokery. Leki te stanowią jedną z najważniejszych grup leków kardiologicznych w leczeniu choroby niedokrwiennej serca

i nadciśnienia tętniczego. Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne [69] zaleca wdrożenie i utrzymanie w okresie okołoperacyjnym podaży β -blokerów w celu uniknięcia incydentów sercowych. W materiale własnym wykazano, iż zażywanie β -blokerów w okresie przedoperacyjnym sprzyjało nie wystąpieniu istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej w okresie okołoperacyjnym i jest zgodne z wytycznymi Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego.

5.5. Występowanie zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym.

Jednym z podstawowych narzędzi do oceny stanu psychicznego pacjentów jest test „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” [46]. W omawianej w tej dysertacji grupie obserwowano zaburzenia poznawcze u 24 chorych, z czego tylko u 5 z nich obserwowano istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej.

W omawianej rozprawie zastosowano protokół leczenia wszystkich chorych, u których wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej. W związku z tym czas trwania desaturacji mózgowej był krótszy (6,39 min%) w porównaniu z piśmiennictwem (80 min%) [8]. Udowodniono, iż zastosowanie protokołu leczenia istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej optymalizuje leczenie zmniejszając ryzyko wystąpienia zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym [8, 43].

Wystąpienie zaburzeń poznawczych w grupie pacjentów starszych po znieczuleniu ogólnym jest powszechne [8, 12, 45]. Jednak ryzyko to dotyczy przede wszystkim pacjentów z zaburzeniami autoregulacji krążenia mózgowego.

Badania przeprowadzone przez Plachky i wsp. [70] wykazały, iż u pacjentów w trakcie przeszczepu wątroby, u których podczas śródoperacyjnego zaklepowania naczyń doszło do istotnej obniżki saturacji mózgowej, w okresie pooperacyjnym nastąpił wzrost stężenia w surowicy krwi markerów uszkodzenia mózgu: neuronalnej enolazy i białka S 100B. U pacjentów, u których nie wystąpiło obniżenie saturacji mózgowej, nie odnotowano wzrostu obu tych neuromarkerów.

U znaczącej liczby pacjentów (od 30,4 % do 41,4%), po operacjach niekardiologicznych, stwierdza się wystąpienie zaburzeń poznawczych w chwili wypisu ze szpitala [71]. W badanej grupie ten odsetek wyniósł 23,76% (24 chorych). Dodatkowo stwierdzono [70], iż utrzymanie się takich zaburzeń jest szczególnie niebezpieczne i może być długotrwałe u pacjentów w wieku powyżej 60 roku życia.

Murkin i wsp. [43] stwierdzili istotną statystycznie zależność między wiekiem chorych a wystąpieniem zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym. Występowały one częściej u osób starszych. W celu uniknięcia zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym powinno się utrzymać prawidłową wartość perfuzji mózgowej. W przypadku zastosowania pomiaru saturacji mózgowej podczas znieczulenia u pacjentów w wieku powyżej 65 roku życia stwierdzono, iż istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej sprzyja wystąpieniu zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym [8, 45].

Badania przeprowadzone na grupie chorych operowanych w zakresie jamy brzusznej [8] wskazują na istotną zależność pomiędzy wystąpieniem obniżenia saturacji mózgowej podczas operacji, a pojawieniem się zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym. Do badania Casati i wsp. [8] zakwalifikowali 122 chorych w wieku podeszłym operowanych w zakresie jamy brzusznej w znieczuleniu ogólnym. Chorych podzielono na 2 grupy. W pierwszej zostało zastosowane leczenie desaturacji (w przypadku obniżenia wartości saturacji mózgowej poniżej 75% wartości bazowej, n=56), a w drugiej nie stosowano żadnego dodatkowego postępowania (zasłonięto monitor, n=66). Zmniejszenie saturacji mózgowej poniżej 75% zaobserwowano u 11 pacjentów w grupie leczonej (20%) i u 15 z grupy kontrolnej (23%) (p=0,82). Chorzy, u których stwierdzono desaturację mieli niższy wynik testu: „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” w 7 dobie po operacji. Zaburzenia poznawcze stwierdzono u 20 pacjentów z grupy leczonej (35%) i 30 z grupy kontrolnej (54%) (p=0,137). Natomiast jeśli weźmie się pod uwagę chorych, u których wystąpiło istotne obniżenie saturacji mózgowej podczas operacji, to zaburzenia poznawcze wystąpiły u 10 pacjentów z grupy kontrolnej (66%) (p<0,001).

5.6. Ocena ryzyka wystąpienia obniżenia oksigenacji mózgowej przy zastosowaniu standardowego monitorowania pacjenta.

Zarówno, na podstawie badań własnych, jak i na podstawie danych z piśmiennictwa [7, 8, 37, 43, 72-81] można stwierdzić, iż standardowe monitorowanie nie daje możliwości klinicznej oceny saturacji mózgowej i jej zachowań podczas znieczulania ogólnego u pacjentów w trakcie zabiegów w obrębie jamy brzusznej. Dlatego też bezpośrednie monitorowanie utlenowania tkanek mózgu jest skuteczną metodą wykrywania niedotlenienia mózgu w trakcie zabiegów operacyjnych, a więc optymalizacji znieczulenia ogólnego.

W trakcie badania zwracano szczególną uwagę na wartości saturacji mózgowej podczas maksymalnej i minimalnej częstości akcji serca, ciśnienia tętniczego, saturacji obwodowej oraz kapnografii. Nie stwierdzono istotnych zależności pomiędzy tymi czynnikami standardowego monitorowania chorego podczas operacji w zakresie jamy brzusznej a wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia wartości saturacji mózgowej. Potwierdza to unikalność metody, jaką jest śródoperacyjny pomiar saturacji mózgowej.

Stwierdzono, iż przy najniższych wartościach średniego ciśnienia tętniczego wartość saturacji mózgowej była znamienne niska, choć nie zawsze zmniejszała się spełniała kryterium istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej.

Stwierdzono także zależność pomiędzy wysokim poziomem etCO₂ a wysoką wartością saturacji mózgowej. Zależność pomiędzy wzrostem saturacji mózgowej a wzrostem etCO₂ została stwierdzona w trakcie zabiegów laparoskopowej prostatektomii [82].

Oceniano także wartości początkowe częstości akcji serca, ciśnienia tętniczego, saturacji obwodowej i kapnografii oraz ich wpływ na wartość początkową saturacji mózgowej. Początkowa wartość akcji serca wykazała zależność z wartością początkową saturacji mózgowej.

W badaniu przeprowadzonym przez Tobias i wsp. [45] nie stwierdzono zmian w hemodynamice bądź parametrach wentylacji w trakcie obniżenia saturacji mózgowej. Podobnie Plachky i wsp.[70], oceniający poziom saturacji mózgowej podczas zabiegów przeszczepu wątroby, nie wykazali korelacji pomiędzy rzutem serca a obniżeniem saturacji mózgowej. Dodatkowo w tych badaniach stwierdzono brak wpływu spadku rzutu serca na wystąpienie zmian neurologicznych w okresie pooperacyjnym. Potwierdza to potrzebę monitorowania saturacji mózgowej podczas operacji.

5.7. Korygowanie istotnego klinicznie obniżenia oksymetrii mózgowej.

Interwencje, mające na celu korektę obniżenia saturacji mózgowej u operowanych chorych, polegały na: zmianie pozycji głowy (poprawa ułożenia w celu lepszej perfuzji krwi), podniesieniu wartości etCO₂, podwyższeniu ciśnienia tętniczego poprzez podanie dożylnie bolusu z 250 ml płynu infuzyjnego. Metody leczenia farmakologicznego istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej polegały na podaniu w formie bolusu chlorowodoru Efedryny (10 chorych) lub Atropiny (14 chorych). Stosowano je, gdy obniżeniu saturacji mózgowej towarzyszyły zaburzenia układu sercowo-naczyniowego.

W omawianej dysertacji stosowano Atropinę w przypadku bradykardii a chlorowodorek Efedryny w sytuacji wystąpienia obniżenia ciśnienia tętniczego. W przypadku zastosowania Atropiny odnotowano istotny statystycznie wzrost wartości saturacji mózgowej ($p=0,001$) po podaniu dawki leczniczej tego leku. Również w przypadku zastosowania chlorowodorku Efedryny potwierdzono skuteczność jego działania na zwiększenie bezwzględnej wartości saturacji mózgowej ($p=0,003$) po podaniu tego leku.

Uważa się [83], że zdolność mózgu do utrzymywania przepływu krwi pozostaje względnie stabilna w przedziale średniego ciśnienia tętniczego (MAP) od 60 do 150 mm Hg. W badaniach nad skuteczną metodą farmakologicznego wspomagania przepływu mózgowego porównano zastosowanie chlorowodorku Efedryny i Fenylefryny podczas obniżenia ciśnienia tętniczego spowodowanego znieczuleniem [84]. Fenylefryna jest agonistą receptorów α -adrenergicznych i jej działanie polega na zwiększeniu MAP bez wpływu na przepływ mózgowy. Chlorowodorek Efedryny to sympatykomimetyk będący zarówno α -agonistą jak i β -agonistą. Dzięki temu zwiększa nie tylko MAP, ale także rzut serca. Wykazano skuteczność w zwiększeniu utlenowania kory czołowej w przypadku zastosowania chlorowodorku Efedryny a brak takiego efektu w przypadku zastosowania Fenylefryny [84].

5.8. Ocena wpływu saturacji mózgowej na rokowanie pooperacyjne.

W materiale własnym dokonano pomiaru średniej wartości oksigenacji mózgowej u pacjentów w trakcie znieczulenia. Nie uzyskano zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego obniżenia saturacji mózgowej podczas operacji, czasem hospitalizacji bądź czasem pobytu na oddziale intensywnej terapii. Nie odnotowano także zależności pomiędzy wystąpieniem powikłań pooperacyjnych a śródoperacyjnymi istotnymi klinicznie obniżeniami saturacji mózgowej.

Obecnie dąży się do skrócenia czasu hospitalizacji do niezbędnego minimum. Liczba dni spędzonych przez pacjenta w szpitalu w okresie pooperacyjnym służy do oceny skuteczności leczenia i uwzględnienia wystąpienia ewentualnych powikłań.

Występowanie śródoperacyjnego obniżenia saturacji mózgowej w trakcie zabiegów przeszczepu wątroby wg Plachky i wsp. [70] zwiększało ryzyko dłuższej hospitalizacji. Podobnie Murkin i wsp. [43] stwierdzili, iż wystąpienie nieleczzonej desaturacji mózgowej skutkuje przedłużonym okresem pobytu pacjentów na oddziale intensywnej terapii oraz

zwiększa ryzyko powikłań pooperacyjnych. Badanie to przeprowadzone było na dużej liczbie pacjentów (200) podanych zabiegom kardiochirurgicznym. Dodatkowo wyżej wymienieni autorzy wykazali, iż czas pobytu w szpitalu i powikłania pooperacyjne występują częściej u chorych, u których nie leczono zmniejszenia saturacji mózgowej [43]. W omawianej w tej dysertacji grupie pacjentów zawsze stosowano leczenie w przypadku wystąpienia istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej, co skutkowało krótkotrwałymi epizodami zmniejszenia saturacji mózgowej poniżej linii bazowej.

Casati i wsp. [85] badali grupę 36 pacjentów, u których wykonano operacje w zakresie jamy brzusznej. Do badania tego zakwalifikowano tylko pacjentów w wieku powyżej 65 lat oraz tych, u których zabieg trwał powyżej 2 godzin. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy wartością początkową saturacji mózgowej a długością pobytu w szpitalu. Dodatkowo wyżej wymienieni autorzy uzyskali zależność pomiędzy minimalną wartością saturacji mózgowej i czasem istotnego jej obniżenia poniżej 75% wartości początkowej, a czasem pobytu w szpitalu. W porównaniu do własnego materiału badawczego pacjenci zakwalifikowani do badania przez Casati i wsp. [85] spędzili więcej dni w szpitalu (w materiale własnym średni czas hospitalizacji – 11 dni; w materiale Casati i wsp. średni czas hospitalizacji - 12 dni). Warto także zwrócić uwagę na niestosowanie leczenia w zakresie zmniejszenia saturacji w wyżej wymienionym badaniu. W omawianej dysertacji nie stwierdzono zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej, a czasem hospitalizacji. Grupa badana w materiale własnym była liczniejsza, nie stosowano limitów wieku i każdorazowo stosowano leczenie w przypadku wystąpienia istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas trwania operacji. Nie stwierdzono zależności pomiędzy początkową wartością saturacji mózgowej, a wystąpieniem powikłań pooperacyjnych.

W materiale własnym nie odnotowano wpływu czasu zabiegu na częstość występowania zmniejszenia saturacji mózgowej ani średniej wartości saturacji. W literaturze stwierdza się, iż dłuższy czas zabiegu sprzyja wystąpieniu powikłań pooperacyjnych [86-88]. W innym badaniu przeprowadzonym u pacjentów, u których wykonano artroskopię barku, nie stwierdzono zależności statystycznej pomiędzy czasem trwania operacji, a wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej [89].

Żaden z chorych zakwalifikowanych do omawianego w tej dysertacji badania, nie uzyskał średniej wartości saturacji mózgowej poniżej 50%. Nie wykazano zależności pomiędzy wartością średnią saturacji mózgowej podczas operacji a czasem hospitalizacji bądź czasem pobytu chorego na oddziale intensywnej terapii. W badaniu przeprowadzonym

przez Casati i wsp. [85] badano również wpływ średniej wartości saturacji mózgowej z całego zabiegu na rokowanie pooperacyjne. Podzielono pacjentów na 2 grupy ze względu na wartość średnią (powyżej i poniżej 50%). Powyżsi autorzy twierdzą, iż pacjenci ze średnią wartością saturacji mózgowej poniżej 50% mieli o około 3 dni dłuższy czas hospitalizacji w porównaniu z grupą pacjentów, u których średnia wartość saturacji mózgowej wyniosła powyżej 50%.

5.9. Zastosowanie pomiaru saturacji mózgowej u pacjentów w wieku powyżej 65 roku życia.

W związku ze starzeniem się społeczeństwa i coraz lepszą opieką medyczną obserwuje się zwiększenie wieku operowanych chorych. Pacjenci ci wymagają wnikliwszej obserwacji ze względu na potencjalnie większe ryzyko powikłań, jak i na obecność chorób towarzyszących schorzeniu podstawowemu. U pacjentów w wieku podeszłym dochodzi do zaburzeń autoregulacji na skutek zmian w strukturach naczyń mózgowych. Zaburzenia autoregulacji przepływu mózgowego mogą predysponować do uszkodzenia mózgu podczas wystąpienia nieprawidłowej wartości ciśnienia tętniczego [90]. Udowodniono [91, 92], iż zaburzenia autoregulacji są powiązane ze złym rokowaniem neurologicznym po urazie głowy lub w przypadku wystąpienia udaru mózgu po zabiegu kardiochirurgicznym. W związku z tym, w badaniu własnym dokonano podziału chorych na dwie grupy: do 65 roku życia (n=47) i powyżej 65 roku życia (n=54). Przy podziale pacjentów ze względu na wiek w dniu operacji (poniżej lub powyżej 65 roku życia) nie stwierdzono różnic we wskaźniku skali ASA ani wartości BMI między badanymi grupami. Nie odnotowano znamiennej statystycznie różnej częstości wystąpienia istotnego klinicznie obniżenia saturacji w zależności od wieku operowanego. Natomiast pacjenci w wieku powyżej 65 roku życia mieli statystycznie niższą początkową wartość saturacji mózgowej oraz niższą średnią wartość saturacji mózgowej podczas całego zabiegu. Wyniki te mogą świadczyć o zaburzonej autoregulacji i gorszym ukrwieniu mózgu w tej podgrupie pacjentów. Początkowa wartość saturacji mózgowej nie wykazywała zależności statystycznej od skali ASA, czyli stanu ogólnego chorego.

5.10. Ograniczenia pracy oraz miejsce pomiaru saturacji mózgowej w czasie znieczulenia ogólnego w trakcie zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.

Należy wskazać pewne ograniczenia, które pojawiają się podczas stosowania pomiaru saturacji mózgowej. Jej zasięgiem objęte są tylko płaty czołowe, nie jest więc możliwe monitorowanie ewentualnych zmian niedokrwiennych, które mogą wystąpić w innych częściach mózgu. Dodatkowo, jednym z głównych problemów oceny wyników pomiaru saturacji mózgowej jest możliwość „zanieczyszczenia” pomiaru przez tkanki pozamózgowe. Technologia użyta przez producenta INVOS powinna radzić sobie z tym problemem poprzez zastosowanie 2 oceniających optod i specjalnego algorytmu. Natomiast nierozwiązany pozostaje problem zasięgu przenikania maksymalnie do 4 cm w głąb struktury, nad którą umieszczony jest sensor. Problem głębokości przenikania dotyczy głównie interpretacji wyniku u pacjentów ze zmianami zanikowymi struktur korowych, a więc tych w wieku podeszłym. Ważnym elementem podczas stosowania pomiaru saturacji mózgowej, bardziej istotnym niż sama wartość bezwzględna, jest zwracanie uwagi na trend zmian wartości.

Należy przede wszystkim uwzględnić ograniczenie pracy w postaci braku randomizacji. Bardzo krótki okres pobytu pacjentów w szpitalu uniemożliwił ocenę wpływu zabiegu operacyjnego na wystąpienie odległych powikłań pooperacyjnych. Nie monitorowano zmian odległych zaburzeń poznawczych w badanej grupie. Nie dokonano analizy wpływu rzutu serca na zmiany saturacji mózgowej ani dokładnych zmian neurologicznych przed i po operacji stosując jedynie test: „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego”[46].

Należy zwrócić uwagę, iż większość badań z zastosowaniem oksymetrii mózgowej bada przepływ mózgowy za pomocą dwóch elektrod zlokalizowanych po prawej i lewej stronie czoła, około 1 cm powyżej brwi. W analizowanym badaniu, ze względu na bezpośredni brak wpływu prowadzonej operacji na przepływ przez naczynia doprowadzające krew do mózgu, zdecydowano o zastosowaniu pojedynczej elektrody.

Pomiar saturacji mózgowej najczęściej odpowiada pomiarom saturacji krwi w opuszce żyły szyjnej. W badaniach oceniano saturację mózgową i krew z opuszki żyły szyjnej podczas krążenia pozaustrojowego i zatrzymania krążenia. Wykazano silną korelację pomiędzy saturacją mózgową a saturacją krwi pobranej z opuszki żyły szyjnej ($r = 0,91$) [93].

W innych badaniach [94, 95], przeprowadzonych u noworodków z wrodzonymi wadami serca nie stwierdzono jednoznacznie, iż zmiany neurologiczne występujące po operacji są bezpośrednio powiązane ze zmianami saturacji mózgowej. W związku z czym autorzy [94, 95] nie rekomendują monitorowania saturacji mózgowej w trakcie operacji wrodzonych wad serca u noworodków.

Pomiar saturacji mózgowej jako pośrednia metoda oceny przepływu mózgowego może ułatwić ocenę zależności pomiędzy ciśnieniem tętniczym, a przepływem mózgowym.

Coraz więcej piśmiennictwa zwraca uwagę na związek pomiędzy śródoperacyjnymi zaburzeniami saturacji mózgowej, a niekorzystnym rokowaniem pooperacyjnym [8, 43, 96-98]. Jednakże cały czas nie zaprojektowano i nie zaprezentowano badania potwierdzającego bezsprzecznie skuteczność działania NIRS. Monitorowanie saturacji mózgowej pozwala leczyć niedotlenienie tkanek mózgu w przypadku, gdy ciśnienie systemowe i obwodowa saturacja tętnicza pozostają w normie. Obserwacja saturacji mózgowej pozwala na ocenę metabolizmu tkanki mózgowej dostarczając odpowiedzi na pytania dotyczące przepływu krwi przez mózg jak i jej wysycenia tlenem.

Zindywidualizowana opieka nad pacjentem w trakcie operacji staje się co prawda coraz bardziej złożona i kosztowna, ale pozwala uniknąć powikłań pooperacyjnych.

6. Wnioski

W oparciu o uzyskane wyniki przedstawiam następujące wnioski:

1. Podczas dużych zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej obniżenie saturacji mózgowej występowało stosunkowo często (13,9% pacjentów), a poprawę saturacji mózgowej można było uzyskać przy pomocy farmakoterapii.
2. Zastosowanie znieczulenia zewnątrzoponowego nie powodowało istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas znieczulenia ogólnego w trakcie dużych zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.
3. W badanej grupie pacjentów standardowe monitorowanie anestezyjologiczne nie wykazywało zależności i związku z wartościami oksymetrii mózgowej.
4. W badanej grupie chorych nie wykazano związku pomiędzy wystąpieniem istotnych klinicznie obniżen saturacji mózgowej a wystąpieniem zaburzeń funkcji poznawczych po operacji.
5. Wystąpienie istotnego zmniejszenia saturacji mózgowej u chorych oraz średnia wartość saturacji mózgowej podczas znieczulenia ogólnego w trakcie zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej nie wpływały na przebieg pooperacyjny.

7. Streszczenie

Wstęp.

Liczne publikacje wskazują na kliniczne zastosowanie spektroskopii bliskiej podczerwieni (NIRS – Near Infrared Spectroscopy) w ocenie miejscowej oksygenacji, czyli wysycenia tlenem tkanek mózgu, podczas znieczulenia do operacji na otwartym sercu, u pacjentów z urazami głowy, a także podczas zabiegów endarterektomii tętnicy szyjnej. Mniej znany jest wpływ zastosowania tej metody monitorowania na optymalizację znieczulenia i pooperacyjny przebieg u dorosłych chorych poddawanych rozległym, trwającym ponad 2 godziny operacjom w zakresie jamy brzusznej.

Cele pracy:

1. Ocena częstości występowania desaturacji mózgowej podczas znieczulenia ogólnego chorych w trakcie dużych zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.
2. Wpływ znieczulenia zewnątrzoponowego na saturację mózgową u chorych operowanych w zakresie jamy brzusznej w znieczuleniu ogólnym.
3. Wpływ wybranych czynników na zmiany saturacji mózgowej u chorych podczas zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.
4. Ocena pooperacyjnych funkcji poznawczych pacjentów monitorowanych przy pomocy saturacji mózgowej w czasie dużych operacji w zakresie jamy brzusznej.
5. Wpływ zmian śródoperacyjnej oksygenacji mózgowej na przebieg pooperacyjny i czas trwania hospitalizacji pacjentów poddanych operacjom w zakresie jamy brzusznej.

Material i metoda. Badaniem zostało objętych kolejnych 101 nierandomizowanych chorych w wieku od 35 do 84 lat (średnia $63,64 \pm 10,42$), hospitalizowanych w I Klinice Chirurgii Ogólnej, Onkologicznej i Gastroenterologicznej UJ CM, zakwalifikowanych do dużych operacji w zakresie jamy brzusznej. Badanie wykonano u chorych po uprzednim uzyskaniu ich pisemnej zgody. Saturację mózgową monitorowano śródoperacyjnie za pomocą spektroskopii bliskiej podczerwieni (urządzenie INVOS 4100; Somanetics Inc, Troy, MI). Za istotne klinicznie zmniejszenie wartości oksygenacji (saturacji) mózgowej uznano obniżenie wartości oksymetrii mózgowej o ponad 25% w stosunku do wartości linii bazowej lub wystąpienie wartości oksymetrii mózgowej poniżej 50%. W przeddzień zabiegu operacyjnego oraz ponownie w 5 dobie po operacji przeprowadzano test „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” w celu oceny zmian funkcji poznawczych. Do analizy

zastosowano następujące metody statystyczne: współczynnik korelacji liniowej Pearsona, chi kwadrat, analiza wariancji. Za poziom istotności statystycznej przyjęto $p < 0,05$.

Wyniki. U 14 (13,9%) pacjentów ze 101 operowanych chorych stwierdzono istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej. Średnie „pole pod krzywą” desaturacji u tych chorych wynosiło $6,39 \pm 7,16$ min%. U 50 (49,5%) operowanych, oprócz zastosowania znieczulenia ogólnego zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe. U 9 z nich wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy stosowaniem znieczulenia zewnątrzoponowego, a wystąpieniem desaturacji mózgowej. Średnia wartość „pola pod krzywą” w podgrupie pacjentów, u których zastosowano znieczulenie zewnątrzoponowe wynosiła $5,28 \pm 6,89$ min%, a w podgrupie, w której nie zastosowano znieczulenia zewnątrzoponowego - $8,4 \pm 7,99$ min%. Nie stwierdzono istotnego statystycznie powiązania pomiędzy najniższą wartością saturacji mózgowej podczas operacji, a mierzoną wówczas wartością częstości akcji serca, średniego ciśnienia tętniczego, kapnografii czy poziomu saturacji obwodowej. Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy najwyższą wartością saturacji mózgowej podczas operacji, a mierzoną wówczas wartością częstości akcji serca, średniego ciśnienia tętniczego, kapnografii czy saturacji obwodowej. Pooperacyjne zaburzenia poznawcze stwierdzono u 24 (23,76%) pacjentów, wśród nich u 5 wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego. Nie stwierdzono zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia poziomu saturacji mózgowej, a wystąpieniem zaburzeń poznawczych w okresie pooperacyjnym. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji a wystąpieniem powikłań w okresie pooperacyjnym. Wśród 11 pacjentów hospitalizowanych na oddziale intensywnej terapii u 2 chorych doszło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego, a średni czas pobytu na oddziale intensywnej terapii tych chorych wyniósł $29,5 \pm 13,44$ dni. W grupie pacjentów, u których nie doszło do istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej, średni czas pobytu na oddziale intensywnej terapii wyniósł $11,67 \pm 6,93$ dni. Nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy wystąpieniem istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego a pobytem pacjentów na oddziale intensywnej terapii. W grupie pacjentów, u których podczas operacji wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej, średni czas hospitalizacji wyniósł $15,07 \pm 13,29$ dni. W grupie pacjentów, u których podczas operacji nie wystąpiło istotne klinicznie obniżenie saturacji mózgowej, średni czas hospitalizacji

wyniósł $11,39 \pm 9,43$ dni. W badanej grupie chorych wystąpienie istotnego klinicznie obniżenia saturacji w trakcie operacji nie miało wpływu na czas hospitalizacji. Nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy średnią wartością saturacji mózgowej podczas zabiegu operacyjnego a czasem pobytu pacjentów na oddziale intensywnej terapii, ani czasem hospitalizacji.

Wnioski:

1. Podczas dużych zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej obniżenie saturacji mózgowej występowało stosunkowo często (13,9% pacjentów), a poprawę saturacji mózgowej można było uzyskać przy pomocy farmakoterapii.
2. Zastosowanie znieczulenia zewnątrzoponowego nie powodowało istotnego klinicznie obniżenia saturacji mózgowej podczas znieczulenia ogólnego w trakcie dużych zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej.
3. W badanej grupie pacjentów standardowe monitorowanie anestezyjologiczne nie wykazywało zależności i związku z wartościami oksymetrii mózgowej.
4. W badanej grupie chorych nie wykazano związku pomiędzy wystąpieniem istotnych klinicznie obniżen saturacji mózgowej a wystąpieniem zaburzeń funkcji poznawczych po operacji.
5. Wystąpienie istotnego zmniejszenia saturacji mózgowej u chorych oraz średnia wartość saturacji mózgowej podczas znieczulenia ogólnego w trakcie zabiegów operacyjnych w zakresie jamy brzusznej nie wpływały na przebieg pooperacyjny.

8. Streszczenie pracy w języku angielskim

Introduction:

Numerous publications indicate that near infrared spectroscopy (NIRS) is clinically applied to determine the local oxygenation, i.e. cerebral tissue oxygen saturation during anaesthesia for open heart surgery, in the patients with head injuries, as well as during carotid endarterectomy procedures. The effect of this monitoring method on the optimisation of general anaesthesia, and a postoperative course of recovery in the adult patients undergoing major, over 2-hour long surgical procedures pursued within abdominal cavity has not been probed at sufficient depth to date.

Objectives:

1. Evaluation of the incidence of cerebral desaturation during general anaesthesia in the patients during major surgical procedures pursued within abdominal cavity.
2. The effect of epidural anaesthesia on cerebral oxygen saturation in the patients under general anaesthesia undergoing surgical procedures within abdominal cavity.
3. The influence of selected factors on the changes in cerebral oxygen saturation in the patients undergoing surgical procedures within abdominal cavity.
4. Assessment of postoperative cognitive functions in the patients monitored in terms of cerebral oxygen saturation during major surgical procedures within abdominal cavity.
5. The effect of the changes in the intra-operative cerebral oxygenation on the postoperative course of recovery, and during the hospitalisation of patients who had undergone surgical procedures within abdominal cavity.

Materials and methods:

The study covered 101 consecutive, non-randomised patients aged 35 - 84 years (mean age: 63.64 ± 10.42), hospitalised in the Department of General Surgery, Oncology and Gastroenterology, Jagiellonian University School of Medicine, referred to major surgical intervention within abdominal cavity. The study was conducted after an informed written consent has prior been secured from all potential participants. Cerebral oxygen saturation was monitored intra-operatively with the aid of NIRS (device INVOS 4100; Somanetics Inc., Troy, MI).

Clinically significant reduction in the value of cerebral oxygenation (saturation) was construed as a decrease in the value of cerebral oximetry by more than 25%, as compared to baseline values, or as the cerebral oximetry values falling below 50%. Upon the day preceding the actual surgery, and again at 5 days after the surgery, the Short Scale Mental

State Examination test was completed, with a view to assessing the changes in the patients' cognitive function. The following statistical methods were applied: Pearson's correlation coefficient, chi-s quare, and the analysis of variance. Statistical significance was assumed at $p < 0.05$.

Results:

In 14 (13.9%) out of 101 patients who underwent surgical intervention a clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation was noted. Average "area under the curve" desaturation in these patients was 6.39 ± 7.16 min%. In 50 (49.5%) of them, apart from general anaesthesia, epidural anaesthesia was also used. Nine of them experienced a clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation. There was no statistically significant correlation between the application of epidural anaesthesia and the incidence of cerebral desaturation.

The average value of the "area under the curve" in the subgroup of patients who were given an epidural was 5.28 ± 6.89 min%, whereas in the subgroup in which epidural anaesthesia was not used - 8.4 ± 7.99 min%. There was no statistically significant correlation between the lowest value of the cerebral saturation during the actual surgery, and the heart rate, mean arterial pressure, capnography and peripheral oxygen saturation, as measured within the same time. Nor was there any significant correlation between the peak value of cerebral oxygen saturation during the surgery, and the heart rate, mean arterial pressure, capnography and peripheral oxygen saturation, as measured within the same time.

Postoperative cognitive dysfunction was encountered in 24 (23.76%) patients, including 5 patients who had experienced a clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation during the actual surgery. There was no correlation between the significantly reduced level of cerebral oxygen saturation and the incidence of cognitive dysfunction within the postoperative period. Nor was there any statistically significant correlation found between the significantly reduced level of cerebral oxygen saturation and any postoperative complications.

Among the 11 patients hospitalised in the intensive care unit (ICU), 2 patients experienced a clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation during the actual surgery, whereas an average length of their stay in ICU spanned 29.5 ± 13.44 days. In the group of patients who did not experience a clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation, the average length of stay in ICU spanned 11.67 ± 6.93 days. There was no statistically significant correlation between the significantly reduced level in cerebral

oxygen saturation during the surgery and the actual length of stay of those patients in ICU. In the group of patients who actually experienced a clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation during the surgery itself, an average length of hospital stay spanned 15.07 ± 13.29 days.

In the group of patients who did not experience a clinically significant reduction of cerebral oxygen saturation during the surgery, an average length of hospital stay spanned 11.39 ± 9.43 days. Clinically significant reduction in oxygen saturation during the surgery had no effect whatsoever upon the actual duration of hospital stay.

There was no statistically significant correlation between the mean value of cerebral oxygen saturation during the surgery and the patients' length of stay in ICU, nor the duration of the hospitalisation itself.

Conclusions:

1. During major surgical procedures pursued within abdominal cavity the reduction of cerebral oxygen saturation occurred relatively frequently (in 13.9 % of patients), whereas an improvement of cerebral oxygen saturation could well be achieved through pharmacotherapy.
2. The application of epidural anaesthesia did not result in a clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation during general anaesthesia administered at any major surgical procedures pursued within abdominal cavity.
3. In the group of patients under study standard anaesthesiological monitoring revealed no dependence, nor indeed any correlation with the cerebral oximetry values.
4. In the group of patients under study no association was found between the clinically significant reduction in cerebral oxygen saturation and the incidence of cognitive dysfunction after surgery.
5. The incidence of significant reduction in cerebral oxygen saturation in the patients, and the mean value of cerebral oxygen saturation during general anaesthesia during surgical procedures within abdominal cavity did not affect a postoperative course of patients' recovery.

9. Piśmiennictwo

1. Rekomendacje Grupy Ekspertów Narodowego Programu Profilaktyki i Leczenia Udaru Mózgu. *Neurol. Neurochir. Pol.* 2003, supl. 6, 1–43.,
2. Ryglewicz D., Milewska D.: *Epidemiologia udaru mózgu*. W: Mazur R., Książkiewicz B., Nyka W.M. red.: *Udar mózgu w praktyce lekarskiej*. Via Medica, Gdańsk 2004, 5–14
3. Tonner PH, Kampen J, Scholz J. Pathophysiological changes in the elderly. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2003; 17: 163–77.
4. Intiso D, Stampatore P, Zarrelli MM, et al. Incidence of first-ever ischemic and hemorrhagic stroke in a well-defined community of southern Italy. 1993–1995. *Eur J Neurol* 2003; 10: 559–65. 5.
5. Mori E. Impact of subcortical ischemic lesions on behavior and cognition. *Ann N Y Acad Sci* 2002; 977: 141–8. 6.
6. Burton DA, Nicholson G, Hall GM. Anaesthesia in elderly patients with neurodegenerative disorders: special considerations. *Drugs Aging* 2004; 21: 229–42
7. 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: 552–558.
8. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, et al. Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesth Analg.* 2005 Sep;101(3):740-7.
9. Niewiński P, Ponikowski P. Strategies of preoperative evaluation and risk reduction in patients undergoing invasive procedures in the view of recent European Society of Cardiology guidelines. *Kardiol Pol.* 2010 Jun;68(6):702-7.
10. Tendera M, Aboyans V, Bartelink ML, et al. ESC Committee for Practice Guidelines. ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral artery diseases: Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries. The Task Force on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Artery Diseases of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal*, 2011; 32: 2851–2906.
11. Moss E., The cerebral circulation., *Br. J. Anaesth. CEPD*,2001;1:67-71

12. Avidan MS, Evers AS. Review of clinical evidence for persistent cognitive decline or incident dementia attributable to surgery or general anesthesia. *J Alzheimers Dis.* 2011;24(2):201-16. Review.
13. Edmonds HL Jr. Multi-modality neurophysiologic monitoring for cardiac surgery. *Heart Surg Forum* 2002; 5: 225-228.
14. Ząbek M. „Zarys neurochirurgii” Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1999.
15. Doblár DD, Frenette L, Poplawski S, et al. Middle cerebral artery transcranial Doppler velocity monitoring during orthotopic liver transplantation: changes at reperfusion—a report of six cases. *J Clin Anesth* 1993;5:479–85.
16. Ali AM, Green D, Zayed H, Halawa M, El-Sakka K, Rashid HI. Cerebral monitoring in patients undergoing carotid endarterectomy using a triple assessment technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2011;12(3):454–7.
17. Pugliese F, Ruberto F, Tosi A, et al. Regional cerebral saturation versus transcranial Doppler during carotid endarterectomy under regional anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol.* 2009;26(8):643–7.
18. McLeod DB, Ikeda K, Keifer J, Moretti E, Ames W. Validation of the CAS adult cerebral oximeter during hypoxia in healthy volunteers. *Anesth Analg.* 2006;102:S162.
19. Tyrak J. , Gościński I., Moskała M., Andres J. Monitorowanie saturacji krwi żyłnej i stężenie mleczanów w opuszce żyły szyjnej u chorych po ciężkim urazie. *Medycyna praktyczna. Neurotraumatologii* 1/1999, 74 – 76.
20. Sundberg S, Castren M. Drug and temperature induced changes in peripheral circulation measured by laser-Doppler flowmetry and digital-pulse plethysmography. *Scand J Clin Lab Invest* 1986; 46: 359-65.
21. Gravenstein J, Paulus D, Hayes T. *Capnography in Clinical Practice.* Boston: Butterworths; 1989.
22. Westenskow DR, Smith KW, Coleman DL, Gregonis DE, Van Wagenen RA. Clinical evaluation of a Raman scattering multiple gas analyzer for the operating room. *Anesthesiology* 1989; 70: 350-5.
23. Skoczyła A, Śliwiński P. Pletyzmografia optoelektroniczna - nowa technika pomiaru zmian objętości klatki piersiowej. *Pneumonol Alergol Pol* 2007; 75: 81-7.
24. Shinozaki T, Deane R, Perkins FM. Infrared Tympanic Thermometer: Evaluation of a New Clinical Thermometer. *Crit Care Med* 1988; 16: 148-50.

25. Trafidło T., Gaszyński T. NIRS - spektroskopia bliskiej podczerwieni jako wielofunkcyjna metoda monitorowania miejscowej oksigenacji tkankowej w anestezjologii i ratownictwie. *Anestezjologia i Ratownictwo* 2009; 3: 351-359
26. Armonda RA, McGee B, Veznadaraglu E, Rosenwasser RH. Near-infrared spectroscopy (NIRS) measurements of cerebral oximetry in the neurovascular ICU. *Crit Care Med* 1999;27:173.
27. Yao FS, Tseng CC, Braverman JM, Levin SK, Illner P. Cerebral oxygen desaturation is associated with prolonged lengths of stay in the intensive care unit (ICU) and hospital. *Anesthesiology* 1999; 91: 123.
28. Brady K, Joshi B, Zweifel C, et al. Real-time continuous monitoring of cerebral blood flow autoregulation using near-infrared spectroscopy in patients undergoing cardiopulmonary bypass. *Stroke*. 2010;41(9): 1951–6.
29. Song JG, Jeong SM, Shin WJ, et al. Laboratory variables associated with low nearinfrared cerebral oxygen saturation in icteric patients before liver transplantation surgery. *Anesth Analg*. 2011;112(6):1347–52.
30. Bebout DE, Mainheimer PD, Wun C. Site-dependent differences in the time to detect changes in saturation during low perfusion. *Crit Care Med* 2002; 29: A115.
31. Jöbsis FE. Noninvasive infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science* 1977; 198:1264-7.
32. Ferrari M, Zanette E, Giannini I. Effects of carotid artery compression test on regional cerebral blood volume, hemoglobin oxygen saturation, and cytochrome c oxidase redox level in cerebrovascular patients. *Adv Exp Med Biol* 1986; 200: 213-20.
33. Marimón GA, Dockery WK, Sheridan MJ, Agarwal S. Near-infrared spectroscopy cerebral and somatic (renal) oxygen saturation correlation to continuous venous oxygen saturation via intravenous oximetry catheter. *J Crit Care*. 2011 Dec 13.
34. Sung TY, Kang WS, Han SJ, et al. Does near-infrared spectroscopy provide an early warning of low haematocrit following the initiation of hypothermic cardiopulmonary bypass in cardiac surgery? *J Int Med Res*. 2011;39(4):1497-503.
35. Calderon-Arnulphi M, Alaraj A, Slavin KV. Near infrared technology in neuroscience: past, present and future. *Neurol Res*. 2009 Jul;31(6):605-14. Review.
36. Pedrini L, Magnoni F, Sensi L, et al. Is Near-Infrared Spectroscopy a Reliable Method to Evaluate Clamping Ischemia during Carotid Surgery? *Stroke Res Treat*. 2012;2012:156975. Epub 2011 Nov 9.

37. Fischer GW, Torrillo TM, Weiner MM, Rosenblatt MA. The use of cerebral oximetry as a monitor of the adequacy of cerebral perfusion in a patient undergoing shoulder surgery in the beach chair position. *Pain Pract.* 2009;9:304–307.
38. Murkin J, Arango M. Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *Br J Anaesth* 2009; 103 (Suppl 1):i3–13. This review provides a synopsis of the mode of operation, current limitations, clinical applications and potential future uses of NIRS systems to monitor the adequacy of cerebral perfusion.
39. Sung TY, Kang WS, Han SJ, et al. Does near-infrared spectroscopy provide an early warning of low haematocrit following the initiation of hypothermic cardiopulmonary bypass in cardiac surgery? *J Int Med Res.* 2011;39(4):1497-503.
40. Calderon-Arnulphi M, Alaraj A, Slavin KV. Near infrared technology in neuroscience: past, present and future. *Neurol Res.* 2009 Jul;31(6):605-14. Review.
41. Cohn SM, Nathens AB, Moore FA, et al. Tissue Oxygen Saturation Predicts the Development of Organ Dysfunction During Traumatic Shock Resuscitation. *J Trauma* 2007; 62: 44-55.
42. Moore FA, Nelson T, McKinley BA, et al. Massive transfusion in trauma patients: tissue hemoglobin oxygen saturation predicts poor outcome. *J Trauma* 2008; 64: 1-14.
43. Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ, et al. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth Analg.* 2007; 104: 51-58.
44. Tobias JD, Johnson GA, Rehman S, Fisher R, Caron N. Cerebral oxygenation monitoring using near infrared spectroscopy during one-lung ventilation in adults. *J Minim Access Surg.* 2008;4:104-107.
45. Papadopoulos G, Karanikolas M, Liarmakopoulou A, Papathanakos G, Korre M, Beris A. Cerebral Oximetry and Cognitive Dysfunction in Elderly Patients Undergoing Surgery for Hip Fractures: A Prospective Observational Study. *Open Orthop J.* 2012; 6: 400–405.
46. M. Folstein, S. Folstein, P. McHugh, "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research* , 1975, 12 , 189-198.
47. Green DW. A retrospective study of changes in cerebral oxygenation using a cerebral oximeter in older patients undergoing prolonged major abdominal surgery. *Eur J Anaesthesiol.* 2007 Mar;24(3):230-4.

48. Vatner SF, Braunwald E. Cardiovascular control mechanisms in the conscious state. *N Engl J Med.* 1975;293:970–6.
49. Nissen P, Nielsen HB, van Lieshout JJ, Secher NH. Frontal lobe oxygenation is maintained during hypotension following propofol- phentanyl anesthesia. *AANA J.* 2009;77:271–6.
50. Zhou QH, Xiao WP, Yun X. Epidural anaesthesia with goal-directed administration of ropivacaine improves haemodynamic stability when combined with general anaesthesia in elderly patients undergoing major abdominal surgery. *Anaesth Intensive Care.* 2013 Jan;41(1):82-9.
51. de Oliveira RM, Tenório SB, Tanaka PP, Precoma D. Control of pain through epidural block and incidence of cardiac dysrhythmias in postoperative period of thoracic and major abdominal surgical procedures: a comparative study. *Rev Bras Anesthesiol.* 2012 Jan-Feb;62(1):10-8.
52. van Lier F, van der Geest PJ, Hoeks SE, et al. Epidural analgesia is associated with improved health outcomes of surgical patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Anesthesiology.* 2011 Aug;115(2):315-21.
53. Krawczyk M, Wordliczek J, Czupryna A, et al. The recommendations for perioperative pain relief in general surgery. *Pol Przegl Chir.* 2012 Oct 1;84(9):476-84.
54. Smetana GW: A 68-year-old man with COPD contemplating colon cancer surgery. *JAMA* 2007; 297:2121–30.
55. Liu S, Carpenter RL, Neal JM: Epidural anesthesia and analgesia. Their role in postoperative outcome. *Anesthesiology* 1995; 82:1474 –506.
56. Liu SS, Wu CL: The effect of analgesic technique on postoperative patient-reported outcomes including analgesia: A systematic review. *Anesth Analg* 2007; 105:789 – 808.
57. Wu CL, Cohen SR, Richman JM, et al. Efficacy of postoperative patient-controlled and continuous infusion epidural analgesia versus intravenous patient-controlled analgesia with opioids: A meta-analysis. *Anesthesiology* 2005; 103:1079 – 88; quiz 1109 –10.
58. Wijesundera DN, Beattie WS, Austin PC, Hux JE, Laupacis A: Epidural anaesthesia and survival after intermediate-to-high risk non-cardiac surgery: A population-based cohort study. *Lancet* 2008; 372:562–9.
59. Lawrence VA, Cornell JE, Smetana GW, American College of Physicians: Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: Systematic review for the American College of Physicians. *Ann Intern Med* 2006; 144:596 – 608.

60. Rigg JR, Jamrozik K, Myles PS, et al. MASTER Anaesthesia Trial Study Group: Epidural anaesthesia and analgesia and outcome of major surgery: A randomised trial. *Lancet* 2002; 359:1276 – 82.
61. Smetana GW, Lawrence VA, Cornell JE, American College of Physicians: Preoperative pulmonary risk stratification for noncardiothoracic surgery: Systematic review for the American College of Physicians. *Ann Intern Med* 2006; 144:581–95.
62. Lee A, Kim SH, Hong JY, Hwang JH. Effect of anesthetic methods on cerebral oxygen saturation in elderly surgical patients: prospective, randomized, observational study. *World J Sur.* 2012 Oct;36(10):2328-34.
63. Rhee P, Langdale L, Mock C, Gentilello LM: Near-infrared spectroscopy: continuous measurement of cytochrome oxidation during hemorrhagic shock. *Crit Care Med* 1997; 25 :166–170.
64. Thorniley MS, Khaw KS, Balogun E, et al. Measurement of cerebral oxygenation and haemodynamics during haemorrhage/fluid replacement. *Adv Exp Med Biol* 1997; 428 :391–396
65. Beilman GJ, Groehler KE, Lazon V, Ortner JP. Near-infrared spectroscopy measurement of regional tissue oxyhemoglobin saturation during hemorrhagic shock. *Shock* 1999; 12 :196–200
66. Cohn SM, Varela JE, Giannotti G, et al. Splanchnic perfusion evaluation during hemorrhage and resuscitation with gastric near-infrared spectroscopy. *J Trauma* 2000; 50 :629–635
67. Torella F, Cowley R, Thorniley MS, McCollum CN. Monitoring blood loss with near infrared spectroscopy. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2002 May;132(1):199-203.
68. Torella F, Haynes SL, McCollum CN. Cerebral and peripheral near-infrared spectroscopy: an alternative transfusion trigger? *Vox Sang.* 2002 Oct;83(3):254-7.
69. Poldermans D, Bax JJ, Boersma E, et al. Guidelines for pre-operative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery: the Task Force for Preoperative Cardiac Risk Assessment and Perioperative Cardiac Management in Non-cardiac Surgery of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Anaesthesiology (ESA). *Eur J Anaesthesiol* 2010; 27: 92-137.
70. Plachky J, Hofer S, Volkman M, et al. Regional cerebral oxygen saturation is a sensitive marker of cerebral hypoperfusion during orthotopic liver transplantation. *Anesth Analg* 2004; 99: 344–9.

71. Monk TG, Weldon BC, Weldon JE, et al. Cerebral oxygen desaturations are associated with postoperative cognitive dysfunction in elderly patients. *Anesthesiology* 2002; 97: A40.
72. Gipson CL, Johnson GA, Fisher R, et al. Changes in cerebral oximetry during peritoneal insufflation for laparoscopic procedures. *J Minim Access Surg.* 2006 Jun;2(2):67-72.
73. Casati A, Spreafico E, Putzu M, Fanelli G. New technology for noninvasive brain monitoring: continuous cerebral oximetry. *Minerva Anestesiol.* 2006;72:605–625.
74. Dippmann C, Winge S, Nielsen HB. Severe cerebral desaturation during shoulder arthroscopy in the beach-chair position. *Arthroscopy.* 2010;26:S148–150.
75. Madsen PL, Secher NH. Near-infrared oximetry of the brain. *Prog Neurobiol.* 1999;58:541–560.
76. McKeating EG, Monjardino JR, Signorini DF, Souter MJ, Andrews PJ. A comparison of the Invos 3100 and the Critikon 2020 near-infrared spectrophotometers as monitors of cerebral oxygenation. *Anaesthesia.* 1997;52:136–140.
77. Henson LC, Calalang C, Temp JA, Ward DS. Accuracy of a cerebral oximeter in healthy volunteers under conditions of isocapnic hypoxia. *Anesthesiology.* 1998;88:58–65.
78. Imray C, Knickenberg C. Monitors of cerebral oxygenation. *Anaesthesia.* 1997;52:805.
79. Rigamonti A, Scandroglio M, Minicucci F, Magrin S, Carozzo A, Casati A. A clinical evaluation of near-infrared cerebral oximetry in the awake patient to monitor cerebral perfusion during carotid endarterectomy. *J Clin Anesth.* 2005;17:426–430.
80. 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;93:964–970.
81. Smythe PR, Samra SK. Monitors of cerebral oxygenation. *Anesthesiol Clin North Am.* 2002;20:293–313.
82. Park EY, Koo BN, Min KT, Nam SH. The effect of pneumoperitoneum in the steep Trendelenburg position on cerebral oxygenation. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2009 Aug;53(7):895-9.
83. Paulson OB, Strandgaard S, Edvinsson L. Cerebral autoregulation. *Cerebrovasc Brain Metab Rev.* 1990;2:161–92.

84. Nissen P, Brassard P, Jørgensen TB, Secher NH. Phenylephrine but not ephedrine reduces frontal lobe oxygenation following anesthesia-induced hypotension. *Neurocrit Care*. 2010 Feb;12(1):17-23.
85. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P, et al. In a population of elderly patients undergoing elective non-cardiac surgery cerebral oxygen desaturation is associated with prolonged length of hospital stay. *Anesthesiology* 2003; 99: A551.
86. Colman M, Wright A, Gruen G, Siska P, Pape HC, Tarkin I. Prolonged operative time increases infection rate in tibial plateau fractures. *Injury*. 2013;44:249–252.
87. Grant JA, Bissell B, Hake ME, Miller BS, Hughes RE, Carpenter JE. Relationship between implant use, operative time, and costs associated with distal biceps tendon reattachment. *Orthopedics*. 2012;35:e1618–1624.
88. Lumawig JM, Yamazaki A, Watanabe K. Dose-dependent inhibition of diclofenac sodium on posterior lumbar interbody fusion rates. *Spine J*. 2009;9:343–349.
89. Salazar D, Sears BW, Andre J, Tonino P, Marra G. Cerebral Desaturation During Shoulder Arthroscopy: A Prospective Observational Study. *Clin Orthop Relat Res*. 2013 Apr 19.
90. van Mook WN, Rennenberg RJ, Schurink GW, et al. Cerebral hyperperfusion syndrome. *Lancet Neurol*. 2005;4(12):877–88.
91. Czosnyka M, Brady K, Reinhard M, Smielewski P, Steiner LA. Monitoring of cerebrovascular autoregulation: facts, myths, and missing links. *Neurocrit Care*. 2009;10(3):373–
92. Joshi B, Brady K, Lee J, et al. Impaired autoregulation of cerebral blood flow during rewarming from hypothermic cardiopulmonary bypass and its potential association with stroke. *Anesth Analg*. 2010;110(2):321–8.
93. Abdul-Khaliq H, Troitzsch D, Schubert S et al. Cerebral oxygen monitoring during neonatal cardiopulmonary bypass and deep hypothermic circulatory arrest. *Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 50(2): 77–81.
94. Austin EH 3rd, Edmonds HL Jr, Auden SM et al. Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 114(5): 707– 15, 17; discussion 15–6.
95. Andropoulos DB, Hunter JV, Nelson DP et al. Brain immaturity is associated with brain injury before and after neonatal cardiac surgery with high-flow bypass and cerebral oxygenation monitoring. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 139(3): 543–556.

96. Fischer GW, Lin HM, Krol M, et al. Noninvasive cerebral oxygenation may predict outcome in patients undergoing aortic arch surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011; 141: 815-21.
97. Heringlake M, Garbers C, Kabler JH, et al. Preoperative cerebral oxygen saturation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Anesthesiology* 2011; 114: 58-69.
98. Slater JP, Guarino T, Stack J, et al. Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2009; 87: 36-44.

Aneks nr 1. test „Krótka Skala Oceny Stanu Psychicznego” [46]

1. ORIENTACJA W CZASIE I W MIEJSCU

Orientacja w czasie

Jaki jest teraz rok?..... []

Jaka jest teraz pora roku?[]

Jaki jest teraz miesiąc?[]

Jaka jest dzisiejsza data (którego dzisiaj[]

Jaki jest dzisiaj dzień tygodnia?[]

Orientacja w miejscu

W jakim kraju się znajdujemy?.....[]

W jakim województwie się znajdujemy?[]

W jakim mieście się teraz znajdujemy?[]

Jak nazywa się miejsce, w którym się teraz znajdujemy?.....[]

Na którym piętrze się obecnie znajdujemy?.....[]

2. ZAPAMIĘTYWANIE

Wymienię teraz trzy słowa. Kiedy skończę, proszę, aby je Pan/Pani powtórzył(a).

Poniższe słowa wypowiadamy wolno i wyraźnie (jedno słowo na sekundę).

BYK [] **MUR** [] **LAS** [] []

Proszę je zapamiętać, bo zapytam o nie powtórnie za kilka minut.

3. UWAGA i LICZENIE

Proszę odejmować kolejno od 100 po 7, aż powiem stop [] [] [] [] []

4. PRZYPOMINANIE

Proszę wymienić trzy słowa, które Pan(i) miał(a) wcześniej zapamiętać.

BYK [] **MUR** [] **LAS** [] []

5. FUNKCJE JĘZYKOWE

Nazywanie

Prosimy o nazwanie dwóch przedmiotów, które kolejno pokazujemy badanemu (ołówek, zegarek)

Jak nazywa się ten przedmiot?.....[]

Jak nazywa się ten przedmiot?.....[]

Powtarzanie

Proszę dosłownie powtórzyć następujące zdanie:

Ani tak, ani nie, ani ale.[]

Wykonywanie poleceń

a) Proszę uważnie posłuchać treści całego polecenia, a następnie wykonać to polecenie.

• proszę wziąć kartkę do lewej/prawej ręki[]

• złożyć ją oburącz na połowę[]

• i położyć ją na kolana[]

b) Pokazujemy badanemu tekst polecenia zamieszczony na okładce: „proszę zamknąć oczy”.

Proszę przeczytać to polecenie i je wykonać[]

Pisanie

Dajemy osobie badanej **czystą** kartkę papieru i prosimy o napisanie dowolnego zdania.

Proszę napisać na tej kartce jakieś dowolne zdanie[]

6. PRAKSJA KONSTRUKCYJNA

Proszę przerysować ten rysunek tak dokładnie, jak tylko jest to możliwe.....[]

OGÓLNA LICZBA PUNKTÓW : []