

Uniwersytet Medyczny
im. Karola Marcinkowskiego
w Poznaniu
Wydział Lekarski I

Barbara Wójtowicz-Sprada

**Porównanie wybranych metod znieczulenia do zabiegu ablacji
u dzieci i młodzieży**

Praca na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: Dr hab.n. med. Paweł Sobczyński
I Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii

Promotor pomocniczy: Dr hab. n. med. Alicja Bartkowska-Śniatkowska
Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Pediatrycznej

Poznań, 2019

Poznań University of Medical Sciences
Medical Faculty I

Barbara Wójtowicz- Sprada

**Comparison of selected methods of anaesthesia for ablation
in children and adolescent.**

A dissertation submitted in partial fulfillment of requirements for the
degree of Doctor of Philosophy

Under the supervision of Dr hab. n. med. Paweł Sobczyński
I Department of Anesthesiology and Intensive Therapy

Under the support supervision of Dr hab. n. med. Alicja Bartkowska-Śniatkowska
Department of Pediatric Anesthesiology and Intensive Therapy

Poznań, 2019

Słowa kluczowe: ablacja prądem o częstotliwości radiowej, krioablacja, zaburzenia rytmu serca, dzieci, młodzież, głęboka sedacja, znieczulenie ogólne indukowane wziewnie, znieczulenie ogólne złożone, troponina, peptyd natriuretyczny

Key words: radiofrequency ablation, crioablation, arrhythmia, children, adolescent, deep sedation, volatile induction and maintenance anaesthesia, general anaesthesia, troponin, natriuretic peptid

Spis treści

WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI	6
WSTĘP	7
ZABURZENIA RYTMU SERCA U DZIECI I MŁODZIEŻY	8
ZASADY BADANIA ELEKTROFIZJOLOGICZNEGO SERCA	9
ABLACJA JAKO METODA LECZENIA ZABURZEŃ RYTMU SERCA	11
MARKERY USZKODZENIA MIĘŚNIA SERCOWEGO	12
Peptydy natriuretyczne	12
Troponiny	13
CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH METOD ZNIECZULENIA	15
Głęboka Sedacja DS (Deep Sedation)	15
Znieczulenie ogólne indukowane wziewnie VIMA (Volatile Induction and Maintenance Anaesthesia)	16
Znieczulenie ogólne złożone GA (General Anesthesia)	16
HIPOTEZY BADAWCZE	18
CEL PRACY	19
Cele szczegółowe	19
DOBÓR CHORYCH I METODYKA BADAŃ	20
Pacjenci	20
Technika znieczulenia w wybranych metodach znieczulenia	22
Głęboka Sedacja DS (Deep Sedation)	22
Znieczulenie ogólne indukowane wziewnie VIMA (Volatile Induction and Maintenance Anaesthesia)	23
Znieczulenie ogólne złożone GA (General Anesthesia)	24
Metody badań	24
Pomiary i oznaczenia	24
Test paskowy do oznaczania troponiny Tnl	25
Test paskowy do oznaczania hormonu natriuretycznego NT pro-BNP	25
Badania statystyczne	25
WYNIKI	27
Charakterystyka demograficzna badanych grup	27
Charakterystyka kliniczna badanych grup	28

Rozpoznania w badanych grupach pacjentów	29
Parametry życiowe w wybranych punktach czasowych w badanych grupach pacjentów	30
Powikłania w badanych grupach pacjentów w zależności od zastosowanej metody znieczulenia.....	34
DYSKUSJA	55
WNIOSKI.....	62
STRESZCZENIE	64
SUMMARY.....	67
PIŚMIENNICTWO.....	70

WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI

APN	przedsionkowy peptyd natriuretyczny (<i>atrial natriuretic peptide</i>)
ASA	skala stosowana w anestezjologii, oceniająca ryzyko operacyjne związane z wystąpieniem poważnych powikłań lub zgonu pacjenta w czasie znieczulenia, opracowana przez American Society of Anesthesiology
AT	częstoskurcz przedsionkowy (<i>atrial tachycardia</i>)
BNP	peptyd natriuretyczny typu B
CARTO	nazwa firmowa trójwymiarowego elektrofizjologicznego systemu mapującego i nawigacyjnego
DAP	rozkurczowe ciśnienie tętnicze (<i>diastolic blood pressure</i>)
DS	głęboka sedacja (<i>deep sedation</i>)
EPS	badanie elektrofizjologiczne (<i>electrophysiology studies</i>)
FPP	wskaźnik pulsacyjności i sztywności tętnic (<i>fractional pulse pressure</i>)
GA	znieczulenie ogólne złożone (<i>general anaesthesia</i>)
HR	częstość uderzeń serca (<i>heart rate</i>)
KA	krioablacja, ablacja z użyciem niskich temperatur
MAP	średnie ciśnienie tętnicze (<i>mean arterial pressure</i>)
NT-proBNP	N-końcowy fragment propeptydu natriuretycznego typu B
PN	peptyd natriuretyczny
PP	ciśnienie tętna (<i>pulse pressure</i>)
PTCA	przezskórna angioplastyka naczyń wieńcowych (<i>percutaneous coronary interventions</i>)
RFTA	ablacja prądem o wysokiej częstotliwości (<i>radiofrequency thermoablation</i>)
RPP	wskaźnik pośredni zużycia tlenu przez mięsień sercowy (<i>rate pressure product</i>)
SAP	skurczowe ciśnienie tętnicze (<i>systolic blood pressure</i>)
SpO₂	wysycenie krwi tętniczej tlenem mierzone metodą pulsoksymetrii
SVT	częstoskurcz węzłowy nawrotny, częstoskurcz nadkomorowy (<i>supraventricular tachycardia</i>)
TnI	troponina
WPW	zespół Wolff-Parkinson-White
VIMA	znieczulenie ogólne indukowane wziewnie (<i>Volatile Induction and Maintenance Anaesthesia</i>)
VES	częstoskurcz komorowy (<i>ventricular extrasystoles</i>)

WSTĘP

Ablacja jest zabiegiem stosowanym w leczeniu częstoskurczów oraz zespołu WPW (*Wolffa-Parkinsona-White'a*) i coraz częściej jest leczeniem z wyboru także u dzieci i młodzieży. Pacjenci w tej różnorodnej grupie wiekowej, którzy zostali zakwalifikowani do ablacji prezentują doświadczenia i przeżycia związane z wcześniejszym leczeniem farmakologicznym, prowadzonym zwykle bez osiągnięcia zamierzonego efektu. Młody wiek pacjentów odpowiedzialny jest dodatkowo za silniejsze przeżywanie strachu, stresu i niepewności co do wyniku leczenia zabiegowego z zastosowaniem ablacji.

Zabieg ablacji polega na wprowadzeniu sterowalnych elektrod do serca poprzez kaniulację dużych naczyń żylnych i zniszczeniu określonych okolic serca ze zlokalizowanymi dodatkowymi drogami przewodzenia za pomocą wysokiej (ARF *radiofrequency ablation* tzn. z użyciem prądu o wysokiej częstotliwości) lub niskiej (krioablacja) temperatury. Zabieg wymaga od kardiologa bardzo dużej precyzji i doświadczenia z uwzględnieniem anatomii serca w poszczególnych grupach wiekowych – mniejsza średnica kaniulowanych naczyń, mniejsze rozmiary jam serca, grubość ściany serca. Natomiast dla anestezjologa, znieczulenie do zabiegu ablacji wymaga stworzenia optymalnych warunków do przeprowadzenia tej precyzyjnej procedury. Ze względu na specyfikę związaną z wiekiem oraz stanem emocjonalnym konieczne jest zmniejszenie odpowiedzi wegetatywnej oraz długotrwałe całkowite unieruchomienie pacjentów.

ZABURZENIA RYTMU SERCA U DZIECI I MŁODZIEŻY

U dzieci istotne jest odniesienie częstości rytmu serca do wieku, gdyż w tej grupie pacjentów rytm serca istotnie zmienia się wraz z rozwojem. Węzeł zatokowy, jako nadrzędny rozrusznik serca, żywo reaguje na zmiany napięcia układu autonomicznego (np. sen, stres, wysiłek, hormony, metabolizm). U zdrowych dzieci niemiarywość może być pochodzenia oddechowego, co nie jest oznaką patologii (1). Najistotniejsze jest rozpoznanie typu arytmii. W diagnostyce wykorzystuje się 12-odprowadzeniowy zapis elektrokardiograficzny, 24-godzinny zapis EKG metodą Holtera, echokardiografię przezklatkową i przezprzełykową. U małych dzieci zaburzenia rytmu serca często nie są odczuwane i nie powodują istotnych objawów, mogą być przyczyną zmniejszonego łaknienia, niepokoju i szybkiego męczenie się. Starsze dzieci i młodzież mogą zgłaszać uczucie kołatania, ból w klatce piersiowej, zawroty głowy, omdlenia. W ciężkich przypadkach zaburzenia rytmu mogą spowodować objawy małego rzutu, niewydolności serca ze wstrząsem kardiogenym lub obrzękiem płuc i doprowadzić do nagłej śmierci sercowej (1). Podstawowe przyczyny powstawania arytmii to: zaburzenia wytwarzania bodźców, ich przewodzenia lub ich współistnienie w złożonych zaburzeniach rytmu serca. Najczęściej występujące arytmie wśród dzieci i młodzieży to WPW – częstoskurcz w zespole Wolffa-Parkinsona-White'a, SVT (*supraventricular tachycardia*) - częstoskurcz węzłowy nawrotny, AT (*atrial tachycardia*) - częstoskurcz przedsionkowy oraz VES (*ventricular extrasystoles*) – częstoskurcz komorowy (1,2).

ZASADY BADANIA ELEKTROFIZJOLOGICZNEGO SERCA

Inwazyjne badanie elektrofizjologiczne (*EPS, electrophysiological study*) wykonuje się po uzyskaniu dostępu naczyniowego, najczęściej poprzez żyły udowe wg techniki Seldingera. Tą drogą wprowadza się elektrody diagnostyczne do jam serca. Typowe umiejscowienie elektrod w sercu to: prawy przedsionek serca w okolicy górnej części lub uszka prawego przedsionka, obszar pęczka Hisa, prawa komora w okolicy wierzchołka lub drogi odpływu. Badanie elektrofizjologiczne obejmuje dwie główne części: wewnątrzsercową rejestrację potencjałów, czyli część bierną EPS - jest to ocena aktywacji serca w czasie rytmu zatokowego (*sense mapping*) i podczas arytmii oraz stymulację wybranych obszarów serca, czyli część dynamiczną EPS – opcjonalnie zawiera programowaną stymulację komór, przedsionka. Celem stymulacji serca jest ocena aktywacji serca w czasie rytmu stymulacyjnego (*pace mapping*), oraz wyzwolenie arytmii będącej istotą problemu klinicznego chorego. Badanie elektrofizjologiczne serca ma zastosowanie w rozpoznaniu najczęstszych arytmii (3,4): SVT (*slow fast*) częstoskurcz węzłowy nawrotny, WPW częstoskurcz w zespole Wolffa-Parkinsona-White'a, AT (*atrial tachycardia*) częstoskurcz przedsionkowy (ekotopowy) oraz VES (*ventricular tachycardia*). W klasycznym badaniu elektrofizjologicznym rejestruje się potencjały wewnątrzsercowe z elektrod wielopunktowych, których położenie określa się na podstawie jedno- lub dwuwymiarowego obrazu rentgenowskiego. Związane jest to niestety z długim czasem ekspozycji na promienie X, zarówno dla pacjenta jak i dla personelu, i wymaga od wykonującego zabieg zapamiętania zmieniających się w czasie lokalizacji położenia elektrody rejestrującej potencjały wewnątrzsercowe, aby zlokalizować anatomiczne położenie arytmii. Obecnie stosuje się systemy mapowania elektroanatomicznego niefluoroskopowe. Jest to rejestracja aktywności elektrycznej i jej prezentacja na trójwymiarowej powierzchni endokardium danej jamy serca. Systemy elektroanatomiczne umożliwiają także precyzyjne odnajdywanie określonych miejsc krytycznych dla powstawania lub rozprzestrzeniania arytmii. Umożliwia też wielokrotne powracanie do tych miejsc w czasie zabiegu. System elektroanatomiczny CARTO jest najczęściej używanym trójwymiarowym systemem mapującym i nawigacyjnym. Metoda ta umożliwia automatyczne kojarzenie informacji dotyczących lokalnej aktywności

elektrycznej z położeniem elektrody mapującej. Na tej podstawie powstaje elektroanatomiczna mapa serca informująca jaka jest sekwencja aktywacji elektrycznej serca, jednocześnie z trójwymiarowym (3D) obrazem jam serca (2,3).

ABLACJA JAKO METODA LECZENIA ZABURZEŃ RYTMU SERCA

Ablacja jest zabiegiem polegającym na wytwarzaniu miejscowej martwicy. Obecnie najczęściej stosowaną i skuteczną metodą jest ablacja prądem o wysokiej częstotliwości (RFTA) oraz krioablacja wykorzystująca ciekły azot lub tlenek azotu.

W ablacji RFCA istotą zabiegu jest wytworzenie martwicy koagulacyjnej. Optymalną częstotliwością używaną w czasie procedury jest około 500 kHz. Istotną wadą ablacji RFCA jest jej ograniczone działanie w stosunku do głębiej położonych struktur, spowodowane reakcją elementów morfotycznych i białek krwi przy zwiększaniu temperatury do 90-100 °C. Elektrody ablacyjne, aby zwiększyć ich penetrację energii cieplnej w tkankach i bezpieczeństwo, chłodzone są 0,9% roztworem chlorku sodu, są to tzw. elektrody irygacyjne lub *thermo-flow* (3).

W krioablacji mechanizm uszkodzenia tkanek polega na ich oziębieniu. Niską temperaturę na końcówce elektrody ablacyjnej uzyskuje się w wyniku wstrzyknięcia pod wysokim ciśnieniem płynów chłodzących (ciekły azot, tlenek azotu). Uszkodzenie pod wpływem niskiej temperatury odbywa się trójfazowo: zamrożenie/rozmarzenie, krwawienie i odczyn zapalny, włóknienie. Istnienie tych etapów jest powodem różnorodności zmian morfologicznych na poszczególnych etapach tworzenia się uszkodzenia. Zaletą krioablacji jest małe ryzyko powstania materiału zatorowego dzięki małemu wpływowi na elementy morfotyczne i nieuszkodzeniu wsierdza. W porównaniu do ablacji RFTA efekt uszkodzenia miokardium może być odwracalny w zależności od czasu trwania aplikacji i obniżania temperatury do około -30°C tzw. CryoMapping. Krioablacja skutkuje utworzeniem się sferycznego, dobrze odgraniczzonego od nieuszkodzonej tkanki ogniska martwicy. Głębokość tego ogniska jest porównywalna z ablacją RF, natomiast ma mniejszą średnicę i objętość (5,6). W obu metodach na wielkość obszaru martwicy w odnalezionym miejscu ektopowym a tym samym na skuteczność zabiegu ablacji, istotny wpływ ma czas i ilość wykonywanych tzw. aplikacji wysoką lub niską temperaturą.

MARKERY USZKODZENIA MIĘŚNIA SERCOWEGO

Peptydy natriuretyczne

Peptydy natriuretyczne (PN) są wytwarzane fizjologicznie w przedsionkach i komorach serca. Przedsionkowy peptyd natriuretyczny (APN) magazynowany jest głównie w ziarnistościach kardiomiocytów w przedsionkach i dostępny do szybkiego uwalniania. Peptyd natriuretyczny typu B (BNP) wymaga syntezy de novo i magazynowany jest w niewielkim stopniu. ANP i BNP w prawidłowych warunkach największe stężenie mają w kardiomiocytach przedsionków, natomiast w czasie niewydolności serca więcej BNP znajduje się w komorach serca. Gen BNP koduje prekursor pre proBNP złożony z 134 aminokwasów. ProBNP powstaje po odszczepieniu 26-aminokwasowego peptydu sygnałowego. Tak zbudowany ze 108 aminokwasów proBNP rozszczepiany jest następnie na BNP 1-32 i NT-proBNP 1-76. Synteza prekursora białkowego w kardiomiocytach kontrolowana jest czynnikami mechanicznymi (rozciągnięcie ściany komory) i czynnikami neurohormonalnymi (noradrenalina i angiotensyna II). BNP występuje w bardzo małej ilości i jest aktywny biologicznie, NT-proBNP nie jest aktywny. Głównym PN jest forma proBNP, jednak cechuje ją niewielka aktywność. Okres półtrwania BNP wynosi 13-20 minut, a dla NT-proBNP to 25-70 minut. NT-proBNP w 55-65% jest usuwany przez nerki. Wydzielanie NT-proBNP w niewydolności mięśnia sercowego do krwi w wyniku odszczepienia zależne jest bezpośrednio od wzrostu objętości komory i ciśnienia przedsionkowego. Tak więc, gdy stężenie NT-proBNP we krwi jest niskie, można z dużym prawdopodobieństwem wykluczyć dysfunkcję mięśnia sercowego (7,8,9,10,11). Normalny zakres dla NT-proBNP zależy od płci i wieku, a kliniczny punkt odcięcia równy 125 pg/ml zapewnia wystarczającą dokładność diagnostyczną. Obecnie spośród PN powszechnie wykonuje się oznaczenia BNP i NT-proBNP. Działanie peptydów natriuretycznych to: hamowanie pragnienia, zwiększenie wydzielania wazopresyny (ADH) i hormonu kortykotropowego (ACTH), zwiększenie natriurezy i diurezy, hamowanie układu renina-angiotensyna-aldosteron. Dodatkowo obejmuje ono rozkurcz komórek mięśni gładkich naczyń, rozszerzenie naczyń, zwiększenie przepuszczalności śródbłonka, rozkurcz komórek mięśni gładkich płuc,

nasilenie lipolizy w tkance tłuszczowej, hamowanie przebudowy (remodelingu) serca i naczyń i działanie cytoprotekcyjne. Wydzielanie peptydów natriuretycznych odbywa się we wszystkich stanach przebiegających z zatrzymaniem wody i soli w ustroju, a także ze zwiększeniem napięcia ściany przedsionków i komór serca. Są one wydzielane przez serce w reakcji na stres hemodynamiczny związany z przeciążeniem objętościowym i/lub ciśnieniowym. Stanowią także półilościowe wskaźniki stopnia dysfunkcji komór, przedsionków i zastawek oraz ciężkości niewydolności serca (12). Zwiększone wydzielanie PN obserwuje się w stanach niewydolności serca ostrej i przewlekłej, skurczowej i rozkurczowej, prawo- i lewokomorowej, wadach zastawkowych serca, przerście lewej komory z nadciśnieniem i bez nadciśnienia, migotaniem przedsionków, zatorowości płucnej, zapalnych chorobach serca, ostrej i przewlekłej niewydolności nerek, marskości wątroby z wodobrzuszem, niedokrwistości, sepsie, zaburzeniach endokrynych – hiperaldosteronizm, zespole Cushinga, nadczynności tarczycy, ciężkich zaburzeniach neurologicznych, takich jak krwotok podpajęczynówkowy, udar mózgu, uraz OUN (13,14).

Troponiny

Troponiny sercowe (cTn) są kompleksami białkowymi, które kontrolują w obecności jonów wapnia czynność włókienek mięśniowych. W warunkach fizjologicznych ich składowe: troponina T (cTnT), troponina I (cTnI) i troponina C (cTnC) wpływają odpowiednio na: wiązanie kompleksu troponiny z tropomiozyną, hamują ATP-azę aktomiozyny i wiążą jony wapnia. Troponiny sercowe są w zdecydowanej większości związane na stałe z aparatem kurczliwym komórek mięśnia sercowego, w mniejszym stopniu, bo około 3-8% puli wewnątrzkomórkowej jest rozpuszczona w cytoplazmie. Wykrycie wzrostu poziomu cTnT i cTnI w surowicy krwi, w przeciwieństwie do cTnC, nie zależy od uszkodzenia komórek mięśni szkieletowych i oznacza swoiste uszkodzenie komórek sercowych. Z tego względu już od dekady markery te są włączone do definicji zawału serca jako czuły wskaźnik martwicy. Przydatny jest on także w chorobach mięśnia sercowego o podłożu zapalnym (*myocarditis*), w mechanicznym, chemicznym i elektrycznym uszkodzeniu mięśnia sercowego (urazy, przezskórna angioplastyka naczyń wieńcowych - PTCA, ablacja, operacje serca, przeszczepy serca, wszczepianie protezy zastawki serca, biopsja, substancje kardiotoksyczne, defibrylacja). Stężenie troponiny

TnI mniejsze niż 0,03 ng/ml nie wyklucza zawału mięśnia sercowego ponieważ uwalnianie troponiny I do krążenia z uszkodzonych komórek zachodzi z pewnym opóźnieniem, różnym w zależności od chorego. W związku z tym podczas interpretowania wyników powinna być wzięta pod uwagę kinetyka uwalniania troponiny I. Poziom troponiny wzrasta w 3-12 godzin od uszkodzenia mięśnia sercowego. Maksymalne stężenie uzyskuje w 24 godzinie. Powrót do wartości wyjściowych zajmuje 5-10 dni (15).

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH METOD ZNIECZULENIA

Wybrane w badaniu metody znieczulenia są powszechnie stosowane u dzieci i młodzieży do wielu procedur medycznych. Wybór konkretnej techniki zależy jest od typu zabiegu i jego rozległości, a co za tym idzie od poziomu stymulacji bólowej, ale musi także uwzględniać możliwość tłumienia arytmii. Zależy jest także od czasu trwania zabiegu, wieku dziecka, dodatkowych schorzeń pacjenta, jego aktualnego stanu zdrowia i optymalizacji bezpieczeństwa pacjenta. Do tej pory nie wypracowano rekomendowanej metody znieczulenia do zabiegów ablacji u dzieci i młodzieży.

Przy wyborze technik znieczulenia do zabiegów ablacji istotny był wiek pacjentów – dzieci i młodzież, czas trwania zabiegu – czasami nawet kilkogodzinny, konieczność pozostawania pacjenta w bezruchu – komfort dla kardiologa, konieczna precyzja w czasie wykonywania zabiegu, wyłączenie stymulacji wegetatywnej, bezpieczeństwo znieczulenia, szybkość powrotu świadomości i sprawności oddechowej i ruchowej pacjentów.

Głęboka Sedacja DS (Deep Sedation)

W technice głębokiej sedacji często wykorzystywanej w anestezjologii pediatrycznej znajduje zastosowanie wiele różnych leków o działaniu nasennym w tym ketamina, midazolam, etomidat, thiopental i propofol. Propofol należący do grupy fenoli umożliwia przeprowadzanie sedacji w sposób ciągły i stabilny, poprzez zastosowanie wlewu dożylnego tego leku. W doborze dawki propofolu należy uwzględnić wiek i masę ciała, co jednak nie zwalnia z indywidualnego podejścia do każdego pacjenta, ze względu na wąski margines bezpieczeństwa tego leku. Po włączeniu wlewu dożylnego konieczne jest obserwowanie klinicznego efektu sedacji przez kilka minut, a w trakcie wykonywania procedury medycznej utrzymanie stałego poziomu sedacji, celem ewentualnej korekty szybkości wlewu dożylnego propofolu. Zaletą tej metody jest szybki powrót świadomości i sprawności ruchowej pacjenta, brak zaburzeń oddychania – możliwość przeprowadzenia pacjenta przez procedurę zabiegową na oddechu własnym. (16,17,18).

Znieczulenie ogólne indukowane wziewnie VIMA (Volatile Induction and Maintenance Anaesthesia)

Właściwości farmakokinetyczne i farmakochemiczne lotnych związków halogenowych wykorzystywane są w technice indukcji wziewnej, jako metodzie alternatywnej do indukcji dożylniej. Możliwe jest także kontynuowanie znieczulenia tą samą drogą i tym samym środkiem. Taki sposób postępowania określa się mianem wziewnej indukcji i podtrzymywania znieczulenia, znane jako VIMA (Volatile Induction and Maintenance Anaesthesia). W technice VIMA najbardziej przydatne są środki o słabej rozpuszczalności. Kryterium to spełnia Sewofluran, którego współczynnik rozdziału krew/gaz jest na tyle niski, że umożliwia szybkie wyrównywanie stężeń pomiędzy powietrzem pęcherzykowym a krwią oraz pomiędzy krwią i tkankami. Technika ta pozwala na bardzo dużą elastyczność postępowania przez szybkie sterowanie głębokością znieczulenia, a w razie potrzeby pozwala na łatwe przejście do bardziej złożonych technik z użyciem opioidów i środków zwiotczających mięśnie poprzecznie prążkowane. W czasie indukcji nie obserwuje się bezdechu, możliwe jest założenie maski krtaniowej, możliwe jest też utrzymanie, jeśli to konieczne, oddechu spontanicznego u pacjenta. Ciśnienie tętnicze i czynność serca nie ulegają istotnym zmianom jeśli zachowany jest stabilny poziom znieczulenia. VIMA daje też możliwość szybkiego wyprowadzenia ze stanu znieczulenia (18,19,20).

Znieczulenie ogólne złożone GA (General Anesthesia)

Ta złożona technika znieczulenia polega na przeprowadzeniu kontrolowanej i odwracalnej utraty świadomości pacjenta, ze zniesieniem odruchów obronnych organizmu i zniesieniem reakcji na bodźce bólowe. W zależności od rodzaju zabiegu, rozległości przewidywanych bodźców bólowych anestezję taką prowadzi się na różnych poziomach głębokości. W znieczuleniu złożonym znajdują zastosowanie leki dożylne z grupy benzodwazepin, barbituranów oraz propofol podawane w postaci bolusów dożylnych. W technice tej stosuje się także opioidy i środki zwiotczające zarówno do indukcji jak i w podtrzymaniu znieczulenia w połączeniu z wziewnymi środkami anestetycznymi takimi jak sewofluran, desfluran, isofluran. Opioidy podawane mogą być w postaci bolusów oraz w postaci wlewów dożylnych. Najczęściej stosowane opioidy to

fentanyl, remifentanyl, alfentanyl. Stosowane najczęściej środki zwiotczające to wekuronium, rokuronium i mivacurium (17,18,19,20).

HIPOTEZY BADAWCZE

Czy metoda znieczulenia wykazuje wpływ na wybrane parametry życiowe i markery sercowe w czasie zabiegu ablacji?

Czy metoda znieczulenia może wpływać na skuteczność ablacji mierzoną czasem do pierwszej aplikacji ?

CEL PRACY

Celem pracy było porównanie wybranych metod znieczulenia dzieci i młodzieży do planowych zabiegów ablacji. Zaplanowane badanie było jednośrodkowe, prospektywne, randomizowane. Każdego pacjenta uczestniczącego w badaniu poinformowano o celu i sposobie realizacji badania. Wszyscy pacjenci i/lub ich rodzice/opiekunowie prawni wyrazili świadomą, pisemną zgodę na udział w badaniu.

Cele szczegółowe

Porównanie wybranych metod znieczulenia w aspekcie:

- Monitorowanych parametrów życiowych w wybranych przedziałach czasowych.
- Oceny markerów sercowych w wybranych przedziałach czasowych.
- Określenie która z metod znieczulenia do zabiegu ablacji u dzieci i młodzieży może być techniką rekomendowaną.
- Ocena bezpieczeństwa wybranych metod znieczulenia do zabiegów ablacji u dzieci i młodzieży.

DOBÓR CHORYCH I METODYKA BADAŃ

Pacjenci

Badaniem objęto 60 pacjentów zakwalifikowanych do zabiegu ablacji z rozpoznanym zespołem WPW, częstoskurczem przedsionkowym AT, częstoskurczem przedsionkowo-komorowym SVT lub częstoskurczem komorowym VES, w wieku od 5 do 17 roku życia. Do badań zakwalifikowano pacjentów, u których nie stwierdzono istotnych odchyleń ze strony innych narządów oraz bez odchyleń w badaniach laboratoryjnych i których oceniono wg ASA na II lub III. Kryteria wyłączenia obejmowały pacjentów ocenionych na ASA IV i więcej oraz pacjentów ze współtowarzyszącą hiperbilirubinemią, hiperlipidemią, podwyższonym powyżej 50% hematokrytem (substancje interferujące-zawyżanie pomiarów troponiny i peptydu natriuretycznego), aktywnym stanem zapalnym, podejrzeniem hipertermii złośliwej.

Chorych losowo podzielono na trzy grupy w zależności od rodzaju zaplanowanego znieczulenia:

- głęboka sedacja (DS)
- znieczulenie ogólne indukowane i podtrzymywane wziewnie (VIMA)
- znieczulenie ogólne złożone (GA)

Wszystkich pacjentów premedykowano podając doustnie midazolam w dawce 0,25-0,5 mg/kg m.c. do 40 kg, a powyżej tej masy ciała - 7,5 mg jednorazowo, 60 minut przed zabiegiem.

Potokół badania

1. wiek
2. płeć
3. masa ciała, ASA - ocena ryzyka znieczulenia
4. rozpoznanie: WPW, SVT, AT, VES

5. rodzaj zabiegu: RFAC, krioablacja (KA)
6. metodę znieczulenia
7. czas trwania zabiegu - mierzony od nakłucia naczyń chorego do zakończenia kontrolnej stymulacji
8. czas znieczulenia - od rozpoczęcia monitorowania pacjenta do wybudzenia po zabiegu ablacji
9. czas od początku zabiegu do pierwszej aplikacji
10. czas od początku zabiegu do ostatniej aplikacji
11. badania parametrów życiowych: częstość uderzeń serca - HR, skurczowe ciśnienie tętnicze - SAP, rozkurczowe ciśnienie tętnicze - DAP, średnie ciśnienie tętnicze - MAP, wysycenie krwi tlenem mierzone metodą pulsoksymetrii - SpO₂.

Parametry takie jak HR, SAP, DAP, MAP, SpO₂ oceniano standardowo w odstępach co 5 min. Do celów badania wykorzystano następujące pomiary: T₀-początek znieczulenia, T₁-po wprowadzeniu do znieczulenia, T₂-początek wywołanych częstoskurczów, T₃-koniec zabiegu ablacji, T₄-po wybudzeniu.

12. badania laboratoryjne troponina TnI, peptyd natriuretyczny NT-proBNP. Wartości Troponiny TnI, NT-proBNP oznaczano z kolei w następujących przedziałach czasowych: Tn₀, BNP₀ - w dniu poprzedzającym zabieg ablacji, Tn₁, BNP₁ - po zakończeniu zabiegu ablacji, Tn₂, BNP₂ - 6 godzin po ablacji, Tn₃, BNP₃ - następnego dnia o godz. 8.00.

Tab. 1. Protokół badania.

Dane demograficzne					
Wiek pacjenta:				Ciężar ciała(kg):	
ASA:				Wzrost(cm):	
Początek znieczulenia:				początek zabiegu:	
Koniec znieczulenia:				Koniec zabiegu:	
Rodzaj znieczulenia:	DS		VIMA		GA
Parametry życiowe					
	HR	SAP	DAP	MAP	SpO2
0					
1					
2					
3					
4					
Badania laboratoryjne					
	Troponina			BNP	
0					
1					
2					
3					

DS – głęboka sedacja, VIMA – znieczulenie ogólne indukowane wziewne, GA – znieczulenie ogólne złożone.

Parametry życiowe: HR – częstość pracy serca, SAP- ciśnienie skurczowe, DAP- ciśnienie rozkurczowe, MAP- średnie ciśnienie tętnicze, SpO₂ – saturacja, 0 - początek znieczulenia, 1 - po wprowadzeniu do znieczulenia, 2 - początek wywoływanych częstoskurczów, 3 - koniec zabiegu ablacji, 4 - po wybudzeniu.

Badania laboratoryjne: Troponina i peptyd natriuretyczny: 0 - w dniu poprzedzającym zabieg, 1 - po zakończeniu zabiegu, 2 - po 6 godzinach od zabiegu, 3 - o godzinie 8:00 rano dnia następnego.

Technika znieczulenia w wybranych metodach znieczulenia

Głęboka Sedacja DS (Deep Sedation)

Technika znieczulenia:

1. Wprowadzenie do znieczulenia poprzedzono 2 minutową preoksycenacją, przez maskę twarzową przyłożoną luźno nad twarzą pacjenta. Indukcję znieczulenia przeprowadzono podając dożylnie 1% MCT/LCT propofol (Fresenius Kabi) w dawce 2-3 mg/kg m.c. i fentanyl (Polfa Warszawa) w dawce 1-2 µg/kg m.c..
2. Podtrzymanie znieczulenia kontynuowano z użyciem wlewu dożylnego propofolu w dawce 0,05-0,08 mg/kg/min. W trakcie znieczulenia pacjenci

otrzymywali tlen z przepływem 4l/min. poprzez maskę twarzową, z zachowaniem oddechu samoistnego. Żaden z pacjentów nie wymagał dodatkowych zabiegów lub użycia sprzętu udrażniającego drogi oddechowe.

3. Wybudzenie pacjenta poprzez stopniowe zmniejszanie dawki propofolu we wlewie dożylnym od momentu ostatniej aplikacji.

Znieczulenie ogólne indukowane wziewnie VIMA (Volatile Induction and Maintenance Anaesthesia)

Technika znieczulenia:

1. Wprowadzenie do znieczulenia poprzedzone było 2 minutową preoksygenacją. Następnie układ okrężny aparatu do znieczulenia wypełniono mieszaniną gazową tlenu/powietrza zawierającą 6 Vol% sewofluranu (Sevorane Abbott) przy przepływie świeżych gazów w ilości 6 l/min. Maskę twarzową szczelnie ułożono na twarzy pacjenta, rozpoczęto indukcję znieczulenia trzema pojemnościami życiowymi - głęboki wdech mieszaniny gazów i zatrzymanie oddechu na szczycie wdechu (u chorych współpracujących), u pozostałych (młodsze dzieci, pacjenci niewspółpracujący) przeprowadzano indukcję zwykłą objętością oddechową przy stężeniu sewofluranu 6 Vol%. Podawano dożylnie fentanyl 1-2 µg/kg m.c. Po zniesieniu świadomości u pacjenta zakładano maskę krtaniową (Ambu) należną do masy ciała.
2. W podtrzymaniu znieczulenie - obniżano stężenie sewofluranu w mieszaninie oddechowej do 1-2 Vol%, przy przepływie gazów 2,5 l/min. w mieszaninie tlenu i powietrza (FiO₂ 0,5). Przez cały czas trwania znieczulenia monitorowano stężenie gazów w mieszaninie oddechowej. Do momentu ostatniej aplikacji prowadzono wentylację zastępczą pacjenta w trybie objętościowym, umożliwiając następnie pacjentowi powrót do oddechu samoistnego.
3. Po zakończeniu zabiegu ablacji następowało wybudzenie, następnie usunięcie maski krtaniowej. Do znieczulenia używano aparatu Primus firmy Dräger z zastosowaniem układu zamkniętego.

Znieczulenie ogólne złożone GA (General Anesthesia)

Technika znieczulenia:

1. Wprowadzenie do znieczulenia poprzedzone było 2 minutową preoksygenacją poprzez maskę twarzową przyłożoną luźno nad twarzą pacjenta. Indukcję znieczulenia przeprowadzono podażą dożylną propofolu 2-3 mg/kg m.c. i fentanylu 1-2 µg/kg m.c. Po zaśnięciu pacjenta założono maskę krtaniową dostosowaną rozmiarem do masy ciała chorego.
2. W podtrzymaniu znieczulenia zastosowano sevofluran ilości 1,5-2 Vol% oraz mieszaninę tlenu i powietrza (FiO₂ 0,5) utrzymując przepływ gazów na poziomie 2,5 l/min. Utrzymywano wentylację zastępczą u pacjenta w trybie objętościowym do momentu ostatniej aplikacji, następnie stopniowo powracano do czynności oddechowej samoistnej.
3. Wybudzenie, usunięcie maski krtaniowej następowało po zakończeniu procedury ablacji. Do znieczulenia użyto aparat Primus firmy Dräger z zastosowaniem układu zamkniętego.

Metody badań

Pomiary i oznaczenia

Do pomiaru ciśnienia tętniczego skurczowego (SAP) i ciśnienia tętniczego rozkurczowego (DAP) zastosowano aparat do automatycznego przerywanego pomiaru, z doborem odpowiedniego rozmiaru mankietu. Średnie ciśnienie tętnicze (MAP) wyliczane było automatycznie przez użyty monitor (Drager Infinity Kappa). Taki sposób pomiaru ciśnienia tętniczego wykorzystuje oscylometrię, w której monitor wykrywa zmiany ciśnienia w mankiecie wywołane przez pulsację w naczyniu tętniczym podczas opróżniania mankietu (26). W czasie wykonywanego znieczulenia dokonywano pomiarów ciśnienia tętniczego co 5 minut, co jest zgodne z zaleceniami ustalonymi w standardach przez American Society of Anesthesiologists. Zgodnie z powyższymi standardami dokonywany był w postaci ciągłej pomiar częstości uderzeń serca (HR) z użyciem monitora (Drager Infinity Kappa), który obrazował graficznie i liczbowo ten parametr, po wcześniejszym umieszczeniu elektrod na klatce piersiowej pacjentów. Dla oceny wysycenia hemoglobiny tlenem, użyto pulsoksymetru (moduł Nelcor Oximax

Drager) będącego integralną częścią zastosowanego monitora, który analizuje tętniącą składową przepływu krwi zbieraną z czujnika umieszczonego na palcu. W metodzie tej wykorzystywane są dwie długości fali światła najczęściej 660 nm i 940 nm, ponieważ oksyhemoglobina i dezoksyhemoglobina absorbują światło przy tych długościach fali w różny sposób (26). Do celów badania wykorzystywano pomiary zgodnie z ustalonym protokołem badań.

Test paskowy do oznaczania troponiny TnI

Do każdego z pomiarów TnI pobierano od pacjentów 2 ml pełnej krwi żyłnej do próbki z heparyną. Z tej objętości pobierano mikropipetą 150 μ l krwi i nanoszono na pasek testowy aparatu Cobas h 232 firmy Roche Diagnostics. Zakres pomiarowy aparatu wynosił 0,01 ng/ml - 2 ng/ml. W badaniu użyto testów paskowych Roche CARDIAC Troponin T Quantitative.

Test paskowy do oznaczania hormonu natriuretycznego NT pro-BNP

Do każdego z oznaczeń NT pro-BNP pobierano od pacjentów 2 ml pełnej krwi żyłnej do próbki z heparyną. Z tej objętości pobierano mikropipetą 150 μ l krwi i nanoszono na pasek testowy aparatu Cobas h 232 firmy Roche Diagnostics. W badaniu użyto testów paskowych Roche CARDIAC proBNP.

Badania statystyczne

Test Shapiro-Wilka wykazał, że dane ciągłe nie miały rozkładu normalnego. Z tego powodu zaprezentowano je głównie jako mediany wraz 25. i 75. percentylem oraz dodatkowo jako średnia i odchylenie standardowe lub odchylenie standardowe średniej na wykresach. Przy pomocy testu Friedmana dla powtarzających się pomiarów oceniano wpływ czasu na mierzone parametry a przy pomocy post-testów porównań wartości zmierzone przed znieczuleniem (T0) z wartościami ocenianymi w kolejnych punktach czasowych (T1, T2, T3 i T4). Przy pomocy testu Kruskala-Wallisa porównano różnice między zastosowanymi sposobami znieczulenia dla zmierzonych parametrów w tych samych punktach czasowych, a post-testy pozwoliły bezpośrednio porównać między sobą różne rodzaje znieczulenia. Jako statystycznie istotne przyjęto wartości $p < 0,05$.

Analiza statystyczna została przeprowadzona przy pomocy programu MedCalc Statistical Software version 19.0.3 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium) i GraphPad Prism version 5.00 for Windows (GraphPad Software, San Diego California, USA).

WYNIKI

Charakterystyka demograficzna badanych grup

Wybrani pacjenci byli losowo przydzielani do jednej z trzech grup DS, VIMA i GA po 20 osób w każdej grupie.

Ogółem w badaniu wzięło udział 30 pacjentów płci żeńskiej (50%) i 30 pacjentów płci męskiej (50%). W grupie DS liczba pacjentów płci żeńskiej wynosiła 8, co stanowiło 40% badanych, natomiast płci męskiej - 12 (60%), w grupie VIMA było odpowiednio 12 (60%) i 8 (40%), a w grupie GA odpowiednio 10 (50%) i 10 (50%) dla obu płci. Różnice nie były istotne statystycznie.

Średnia masa ciała badanych w grupie DS wynosiła 57,80 kg (SD 16,15 kg), w grupie VIMA 49,35 kg (SD 13,66 kg), a w grupie GA 54,15 kg (SD 17,41 kg). Nie były to różnice istotne statystycznie.

Średnia wieku dla badanych pacjentów w grupie DS wynosiła 13,70 lat (SD 3,70 lat), w grupie VIMA 11,80 lat (SD 3,30 lat), a w grupie GA 12,75 lat (SD 3,74 lat). Różnice nie były istotne statystycznie.

Stan zdrowia pacjentów oceniono odpowiednio na II lub III stopień w skali ASA.

Nie obserwowano istotnych statystycznie różnic między poszczególnymi grupami (Tab.2.).

Tab. 2. Charakterystyka demograficzna badanych grup.

	DS				VIMA			GA			SD	25 - 75 P	P
	Mediana	Średnia	SD	25 - 75 P	Mediana	Średnia	SD	25 - 75 P	Mediana	Średnia			
Masa ciała [kg]	58,50	57,80	16,15	48,00 - 69,00	47,50	49,35	13,66	38,50 - 61,50	55,00	54,15	17,41	41,50 - 65,00	0,1971
Wiek [lata]	15,00	13,70	3,70	10,00 - 16,50	10,50	11,80	3,30	9,50 - 15,00	13,50	12,75	3,74	11,00 - 16,00	0,2129
ASA	2,00			2,00 - 3,00	3,00			2,00 - 3,00	2,50			2,00 - 3,00	0,6317

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic * p < 0,05

Charakterystyka kliniczna badanych grup

W grupie DS średni czas indukcji znieczulenia wynosił 19,25 min., SD 4,94 min., w grupie VIMA 20,75 min., SD 5,45 min., a w grupie GA 19,25 min., SD 6,54 min. i nie różnił się istotnie statystycznie.

Średni czas znieczulenia w poszczególnych grupach nie różnił się istotnie statystycznie i wynosił odpowiednio dla grupy DS 113,75 min., SD 30,64 minut, dla grupy VIMA 122,57 min., SD 35,15 min. i 119,75 min., SD 33,58 min. dla grupy GA.

W badanych grupach średni czas wybudzenia pacjentów po zabiegu ablacji nie różnił się statystycznie. Grupie DS 11,25 min., SD 4,25 min, w grupie VIMA 11 min,00 min, SD 4,47 min., a w grupie GA 12,50 min., SD 1,44 min.

Czas do pierwszej aplikacji w grupie DS 24,35 min., SD 14,36 min, w grupie VIMA 27 ,00 min., SD 22,18 min. i w grupie GA 24,35 min., SD 11,94 min. Natomiast czas do ostatniej aplikacji w grupie DS wynosił 47,30 min., SD 29,04 min., w grupie VIMA 44,65 min., SD 30,76 min., oraz w grupie GA 42,50 min., SD 22,88 min.

Średni czas wykonywania zabiegu ablacji w trakcie znieczulenia w grupie GA wynosił 81,25 min., SD 26,74 min., w grupie VIMA 90,50 min., SD 35,20 min., a w grupie DS 87,25 min., SD 35,56 min. Nie obserwowano istotnych statystycznie różnic (Tab. 3.).

Tab. 3. Charakterystyka kliniczna badanych grup.

	DS				VIMA				GA				P
	Media na	Średn ia	SD	25 - 75 P	Media na	Średn ia	SD	25 - 75 P	Media na	Średn ia	SD	25 - 75 P	
Czas do aplikacji [s]	24,00	24,35	14,3 6	11,0 0 - 35,0 0	18,00	27,00	22,1 8	12,5 0 - 31,0 0	24,50	24,35	11,9 4	14,5 0 - 31,5 0	0,89 83
Czas do ost. aplikacji [s]	40,00	47,30	29,0 4	24,0 0 - 69,5 0	37,50	44,65	30,7 6	19,0 0 - 65,5 0	41,50	42,50	22,8 8	28,0 0 - 57,5 0	0,90 36
Czas indukcji [min]	20,00	19,25	4,94	15,0 0 - 22,5 0	20,00	20,75	5,45	15,0 0 - 25,0 0	20,00	19,25	6,54	15,0 0 - 22,5 0	0,62 45
Czas zabiegu [min]	75,00	81,25	26,7 4	60,0 0 - 100, 00	92,50	90,50	35,2 0	62,5 0 - 120, 00	77,50	87,25	35,5 6	57,5 0 - 112, 50	0,73 91
Czas znieczule nia [min]	117,50	113,7 5	30,6 4	95,0 0 - 130, 00	122,50	122,7 5	35,1 5	97,5 0 - 147, 50	112,50	119,7 5	33,5 8	97,5 0 - 135, 00	0,72 43
Czas wybudze nia [min]	10,00	11,25	4,25	10,0 0 - 15,0 0	10,00	11,00	4,47	7,50 - 15,0 0	10,00	12,50	4,44	10,0 0 - 15,0 0	0,61 32

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic *p<0,05

Rozpoznanie w badanych grupach pacjentów

W grupie DS u 14 pacjentów wskazaniem do wykonania zabiegu ablacji było rozpoznanie zespołu Wolfa-Parkinsona-Whit'a WPW (70%), u 2 chorych częstoskurcz przedsionkowy AT (10%), u kolejnych 3 częstoskurcz przedsionkowo-komorowy SVT (15%) i częstoskurcz komorowy VES u 1 pacjenta (5%).

W grupie VIMA, ablacje przeprowadzono odpowiednio u 12 pacjentów z powodu rozpoznanego WPW (60%), u 1 pacjenta z powodu AT (5%), u 5 chorych w przebiegu SVT (25%), a u 2 pacjentów z powodu napadów VES (10%).

Z kolei w grupie GA odpowiednio u 16 chorych powodem do wykonania zabiegu ablacji był zespół WPW (80%), u 1 chorego napady AT (5%), a 2 pacjentów zakwalifikowano do ablacji z powodu SVT (10%) i 1 (5%) pacjent z częstoskurczem komorowym VES.

Powyższe różnice nie były istotne statystycznie.

Tab. 4. Rozpoznanie w badanych grupach pacjentów.

	DS n=20 (K=8)	VIMA n=20 (K=12)	GA n=20 (K=10)
Rozpoznanie:			
WPW	14 (70%)	12 (60%)	16 (80%)
SVT	3 (15%)	5 (25%)	2 (10%)
AT	2 (10%)	1 (5%)	1 (5%)
VES	1 (5%)	2 (10%)	1 (5%)

WPW - Zespół Wolfa-Parkinsona-Whit'a, SVT - częstoskurcz przedsionkowo-komorowy, AT - częstoskurcz przedsionkowy, VES – dodatkowe skurcze komorowe

Parametry życiowe w wybranych punktach czasowych w badanych grupach pacjentów

Mierzone parametry życiowe:

HR – częstość pracy serca

SAP- ciśnienie skurczowe

DAP- ciśnienie rozkurczowe

MAP- średnie ciśnienie tętnicze

SpO₂ – saturacja

Punkty czasowe pomiaru:

0 - początek znieczulenia

1 - po wprowadzeniu do znieczulenia

2 - początek wywoływanych częstoskurczów

3 - koniec zabiegu ablacji

4 - po wybudzeniu

Wyliczone parametry:

FPP - wskaźnik pulsacyjności i sztywności tętnic = stosunek PP/MAP

PP - ciśnienie tętna = SAP - DAP

RPP – wskaźnik zużycia tlenu przez mięsień sercowy = SAP x HR

Tab. 5. Parametry życiowe w wybranych punktach czasowych w badanych grupach pacjentów.

	DS		VIMA		GA	
	Mediana	25 - 75 P	Mediana	25 - 75 P	Mediana	25 - 75 P
HR ₀ [/min]	89,00	82,00 - 105,00	98,50	83,50 - 113,50	86,50	77,00 - 108,50
HR ₁ [/min]	68,00	62,00 - 87,50	80,50	66,50 - 94,00	73,50	66,50 - 82,00
HR ₂ [/min]	157,50	115,50 - 180,00	154,50	123,50 - 178,00	158,50	119,50 - 176,50
HR ₃ [/min]	75,50	67,50 - 86,00	86,00	73,00 - 93,50	79,00	64,50 - 88,00
HR ₄ [/min]	83,00	75,50 - 96,50	111,00	92,00 - 122,00	101,50	77,00 - 116,50
SAP ₀ [mmHg]	115,50	107,50 - 125,00	116,50	112,50 - 124,00	114,00	109,50 - 132,00
SAP ₁ [mmHg]	101,50	90,50 - 110,50	93,50	85,00 - 100,00	95,50	86,00 - 112,00
SAP ₂ [mmHg]	97,50	91,00 - 105,00	98,50	91,00 - 102,00	91,50	86,50 - 100,50
SAP ₃ [mmHg]	102,00	95,50 - 109,00	103,50	96,00 - 108,50	102,00	96,50 - 112,00
SAP ₄ [mmHg]	106,00	102,00 - 114,50	125,00	112,50 - 128,50	116,50	107,50 - 130,50
DAP ₀ [mmHg]	67,00	55,50 - 70,50	70,00	63,00 - 73,00	66,50	60,50 - 73,50
DAP ₁ [mmHg]	51,50	47,50 - 56,50	46,00	41,00 - 52,50	49,50	45,50 - 53,50
DAP ₂ [mmHg]	51,00	43,00 - 54,50	49,50	45,50 - 58,00	48,00	43,00 - 53,00
DAP ₃ [mmHg]	51,00	45,50 - 59,00	52,50	45,00 - 57,00	53,50	47,00 - 59,50
DAP ₄ [mmHg]	54,50	48,00 - 64,50	72,00	59,50 - 82,00	65,00	60,50 - 80,50
MAP ₀ [mmHg]	84,50	76,50 - 92,50	86,00	82,00 - 96,50	88,00	80,00 - 93,50
MAP ₁ [mmHg]	74,00	67,00 - 77,50	66,50	61,00 - 72,00	71,00	63,50 - 74,50
MAP ₂ [mmHg]	70,00	65,00 - 75,00	68,00	64,50 - 77,50	68,00	63,00 - 73,00
MAP ₃ [mmHg]	73,50	69,00 - 79,00	74,50	69,00 - 83,00	74,50	67,00 - 80,50
MAP ₄ [mmHg]	75,50	72,00 - 88,00	98,00	85,50 - 103,00	88,00	75,00 - 99,00
SpO ₀ [%]	100,00	99,00 - 100,00	100,00	99,00 - 100,00	100,00	99,50 - 100,00
SpO ₁ [%]	100,00	99,00 - 100,00	100,00	99,00 - 100,00	100,00	99,50 - 100,00
SpO ₂ [%]	99,00	97,50 - 100,00	99,50	99,00 - 100,00	99,00	99,00 - 100,00
SpO ₃ [%]	99,00	98,00 - 100,00	100,00	99,00 - 100,00	100,00	99,00 - 100,00
SpO ₄ [%]	99,00	98,50 - 100,00	100,00	99,00 - 100,00	99,50	99,00 - 100,00
FPP ₀	0,640	0,52 - 0,69	0,58	0,49 - 0,65	0,622	0,451 - 0,735
FPP ₁	0,642	0,61 - 0,73	0,701	0,623 - 0,776	0,677	0,584 - 0,865
FPP ₂	0,690	0,64 - 0,76	0,640	0,522 - 0,765	0,636	0,496 - 0,757
FPP ₃	0,671	0,55 - 0,73	0,647	0,548 - 0,767	0,629	0,541 - 0,856
FPP ₄	0,667	0,56 - 0,76	0,494	0,406 - 0,647	0,600	0,435 - 0,632
PP ₀ [mmHg]	52,50	46,50 - 62,00	51,50	44,50 - 61,50	50,50	41,50 - 56,00
PP ₁ [mmHg]	47,00	42,50 - 53,00	48,00	38,50 - 53,50	46,50	38,00 - 63,00
PP ₂ [mmHg]	50,50	40,50 - 55,00	46,00	30,50 - 51,00	40,50	35,50 - 52,50
PP ₃ [mmHg]	47,00	44,00 - 52,50	48,00	41,00 - 55,50	47,50	41,50 - 57,00
PP ₄ [mmHg]	53,00	45,00 - 59,50	46,50	40,50 - 55,50	52,00	40,50 - 64,50
RPP ₀ [mmHg/min]	9052,50	8241,00 - 10727,00	8761,50	7666,00 - 10456,00	8662,50	7450,00 - 10069,50
RPP ₁ [mmHg/min]	6320,50	5829,500 - 8011,00	7899,00	6400,00 - 9655,00	6834,00	5976,00 - 7346,50
RPP ₂ [mmHg/min]	14234,00	12340,00 - 17842,00	15323,50	12667,50 - 19007,00	15768,00	13660,50 - 17973,00
RPP ₃ [mmHg/min]	8211,00	6741,00 - 9617,50	9958,00	8475,00 - 11668,00	9087,00	8024,00 - 10677,50
RPP ₄ [mmHg/min]	5068,00	4526,50 - 6402,00	7182,00	6064,50 - 8103,00	6615,00	5771,00 - 7640,00

HR – częstość pracy serca, SAP – ciśnienie skurczowe, DAP – ciśnienie rozkurczowe, MAP – średnie ciśnienie, SpO₂ saturacja FPP-wskaźnik pulsacyjności i sztywności tętnic, PP - ciśnienie tętna, RPP – wskaźnik zużycia tlenu przez mięsień sercowy

Poziomy markerów sercowych w badanych grupach w wybranych punktach czasowych

Badane markery sercowe:

T – troponina

BNP - peptyd natriuretyczny

Punkty czasowe pomiaru:

0 - w dniu poprzedzającym zabieg

1 - po zakończeniu zabiegu

2 - po 6 godzinach od zabiegu

3 - o godzinie 8:00 rano dnia następnego

Tab. 6. Poziomy markerów uszkodzenia mięśnia sercowego w badanych grupach w
wybranych punktach czasowych.

	DS		VIMA		GA	
	Media na	25 - 75 P	Media na	25 - 75 P	Media na	25 - 75 P
Tn ₀ ng/ml	0,030	0,030 - 0,030	0,030	0,030 - 0,030	0,030	0,030 - 0,030
Tn ₁ ng/ml	0,030	0,030 - 0,100	0,030	0,030 - 0,100	0,030	0,030 - 0,100
Tn ₂ ng/ml	0,135	0,100 - 0,605	0,135	0,100 - 0,280	0,155	0,100 - 0,310
Tn ₃ ng/ml	0,170	0,100 - 0,440	0,125	0,100 - 0,220	0,120	0,100 - 0,170
BNP ₀ [pg/ml]	60,00	60,00 - 61,00	61,00	60,00 - 86,50	60,00	60,00 - 63,00
BNP ₁ [pg/ml]	60,00	60,00 - 97,50	60,00	60,00 - 94,50	60,00	60,00 - 61,00
BNP ₂ [pg/ml]	78,00	60,00 - 150,00	79,50	60,00 - 167,50	60,00	60,00 - 96,50
BNP ₃ [pg/ml]	92,50	60,00 - 285,50	127,50	76,50 - 267,00	75,00	60,00 - 158,50

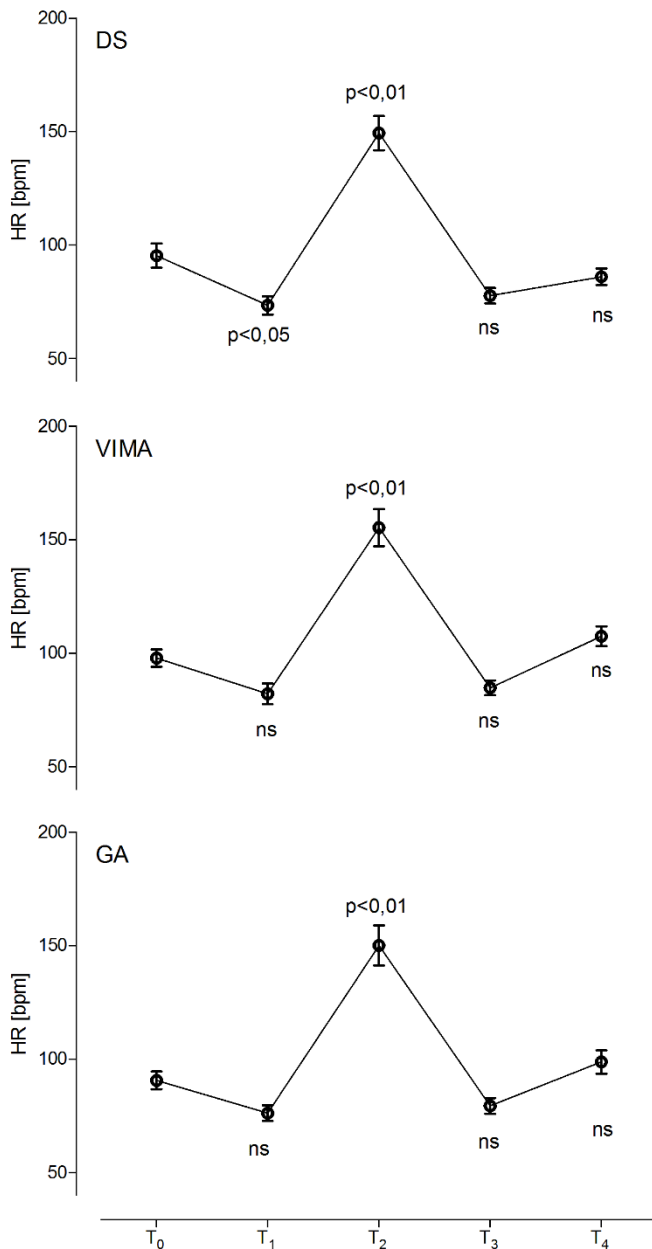
T – troponina, BNP peptyd natriuretyczny * p < 0,05

Powikłania w badanych grupach pacjentów w zależności od zastosowanej metody znieczulenia

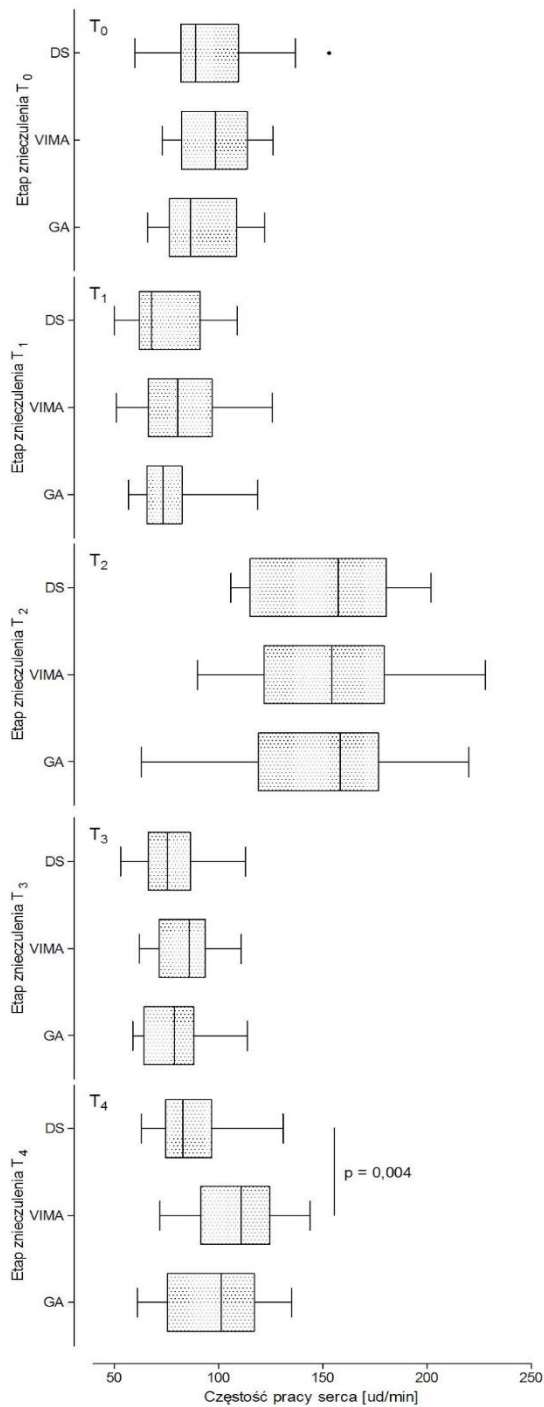
Tab. 7. Powikłania w badanych grupach w zależności od zastosowanej metody znieczulenia.

POWIKŁANIA	DS	VIMA	GA
nudności/wymioty	0	0	0
depresja oddechowa	0	0	0
niepokój/pobudzenie	0	0	0
spazm krtaniowy/oskrzelowy	0	0	0

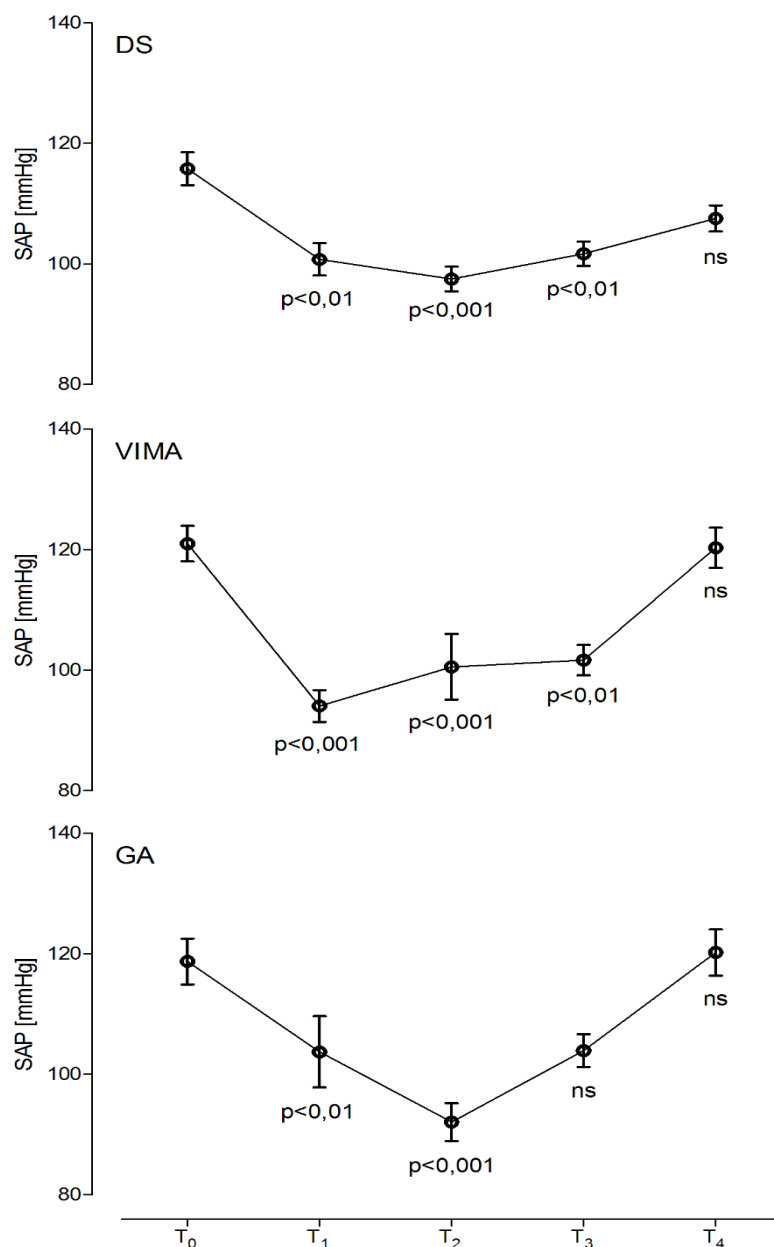
Nie odnotowano powikłań u pacjentów w żadnej z zastosowanych metod znieczulenia.



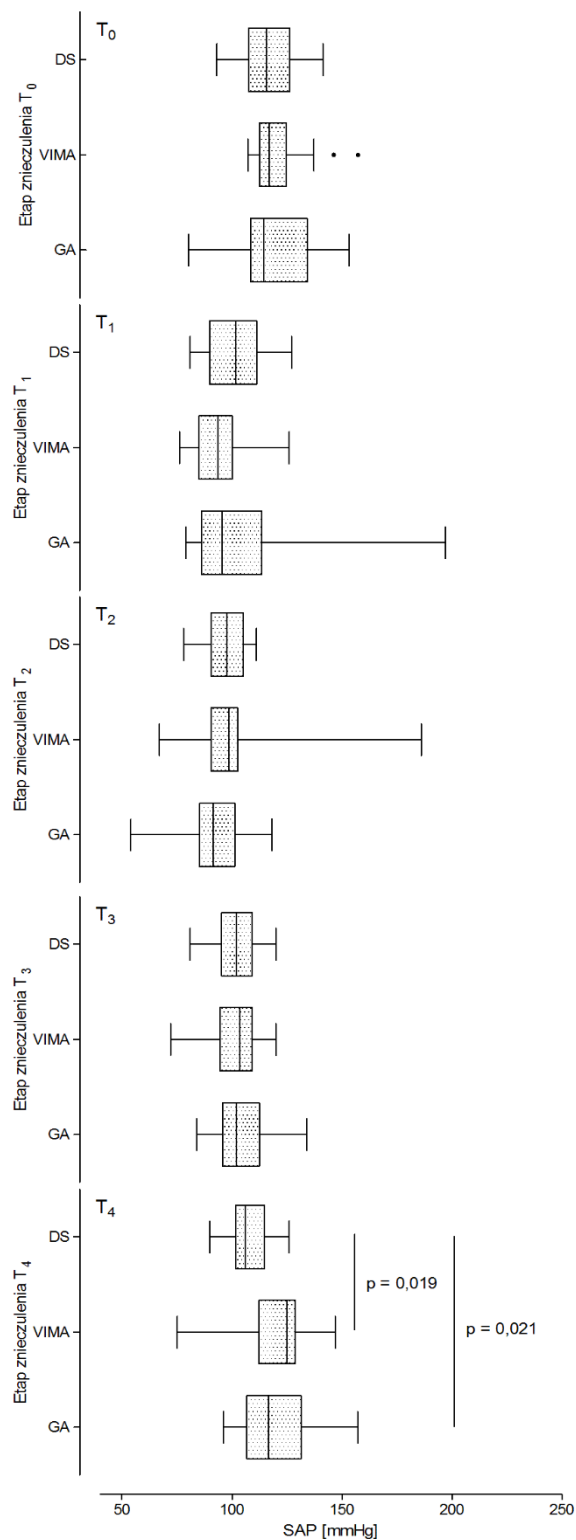
Ryc. 1. Średnia wartość czynności serca (HR) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. We wszystkich grupach wykazano istotne statystycznie różnice w odniesieniu HR tylko w punkcie czasowym T₂ (początek wywoływania częstoskurczów).



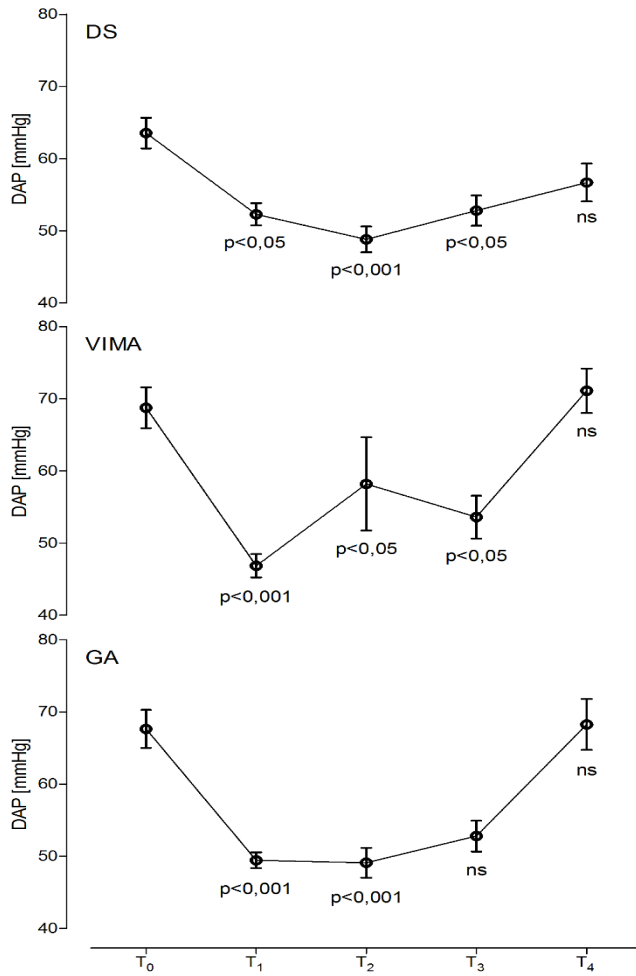
Ryc. 2. Porównanie średniej wartości czynności serca (HR) pomiędzy znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. Niezależnie od rodzaju znieczulenia obserwowano wzrost parametrów życiowych HR, po wybudzeniu pacjentów (T₄).



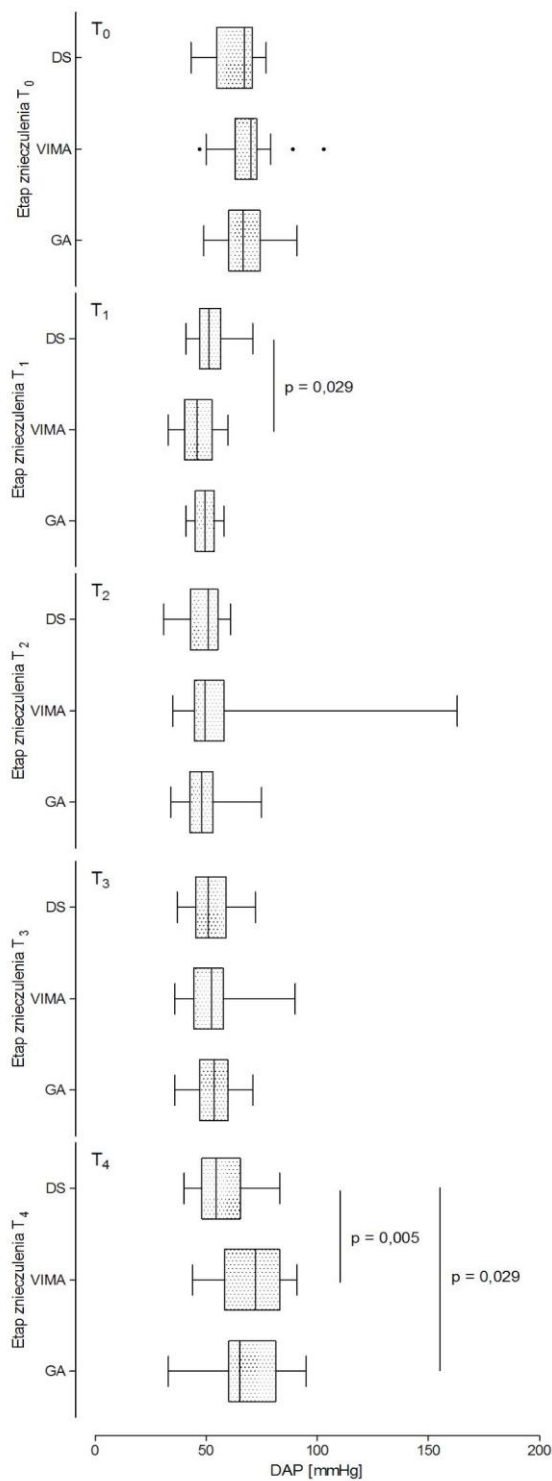
Ryc. 3. Średnia wartość skurczowego ciśnienia tętniczego (SAP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. SAP oceniane w poszczególnych punktach czasowych T₁-T₃ różniły się istotnie statystycznie w badanych grupach.



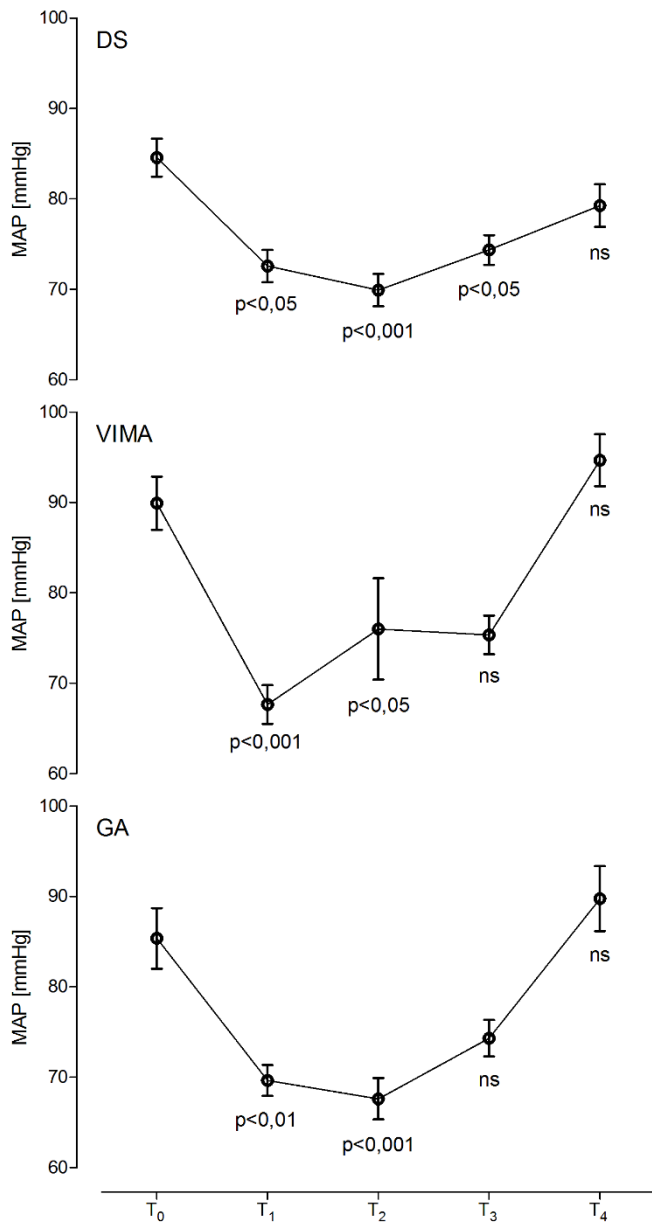
Ryc. 4. Porównanie średniej wartości ciśnienia skurczowego (SAP) pomiędzy znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. Niezależnie od rodzaju znieczulenia obserwowano wzrost parametrów życiowych SAP, po wybudzeniu pacjentów (T₄).



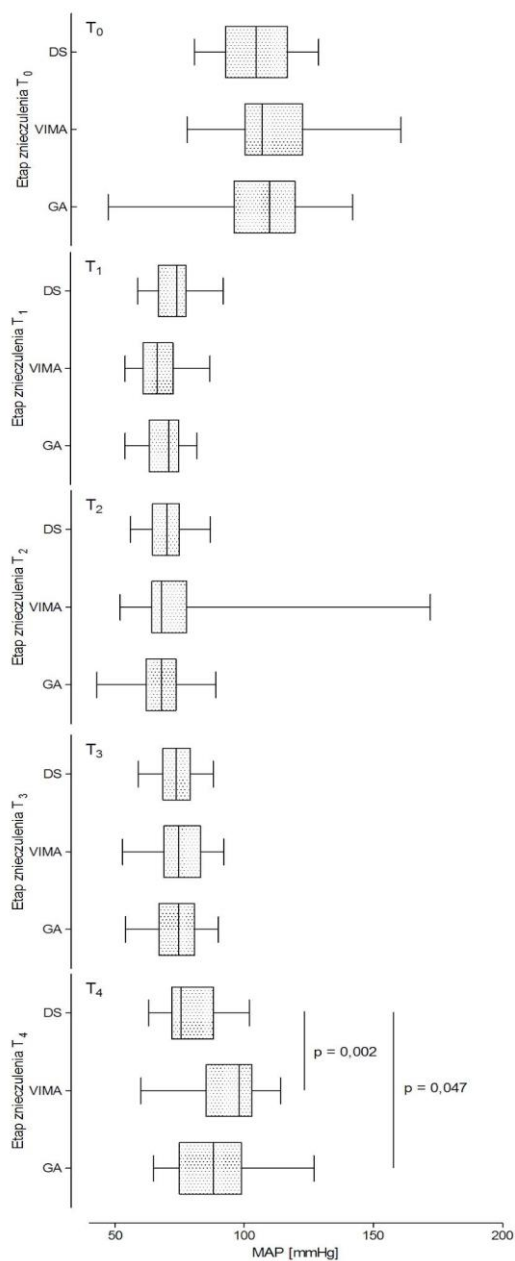
Ryc. 5. Średnia wartość rozkurczowego ciśnienia tętniczego (DAP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. DAP oceniane w poszczególnych punktach czasowych T₁-T₃ różniły się istotnie statystycznie w badanych grupach.



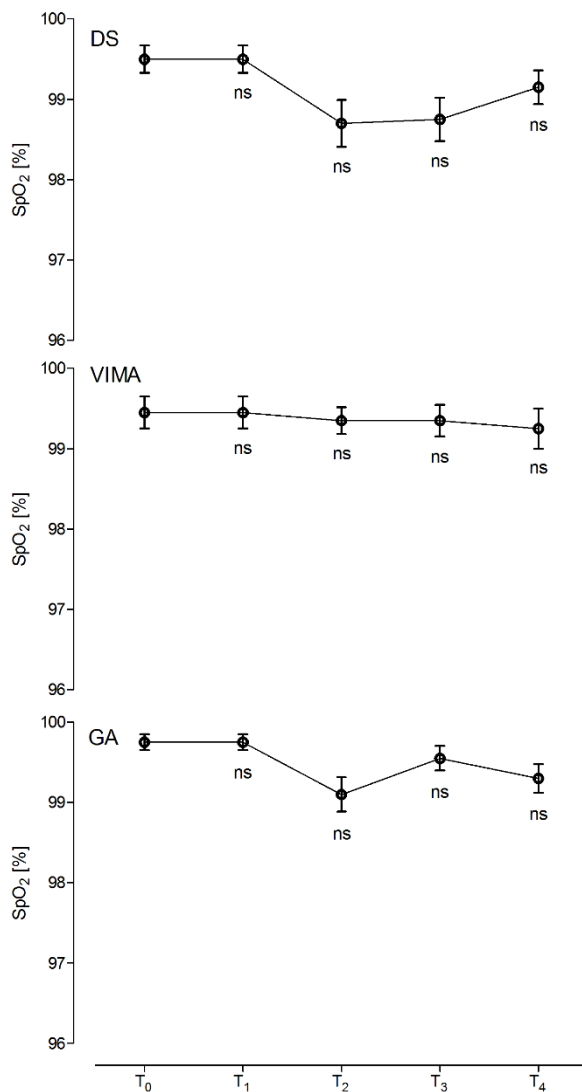
Ryc. 6. Porównanie rozkurczowego ciśnienie tętniczego (DAP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. Niezależnie od rodzaju znieczulenia obserwowano wzrost parametrów życiowych DAP, po wybudzeniu pacjentów (T₄).



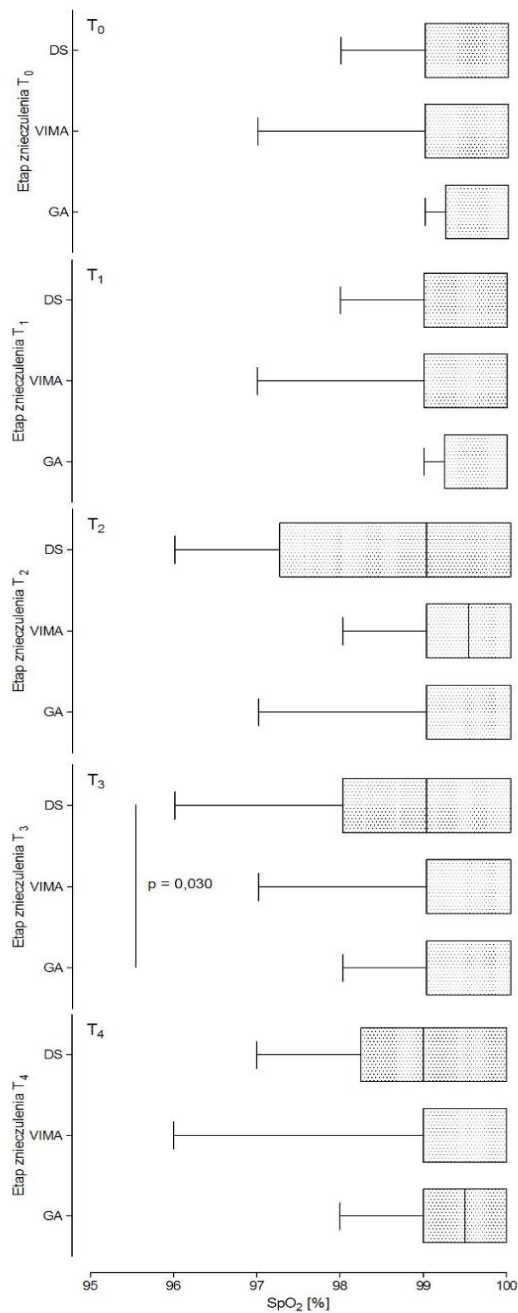
Ryc. 7. Średnia wartość średniego ciśnienia tętniczego (MAP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. MAP oceniane w poszczególnych punktach czasowych T₁-T₃ różniły się istotnie statystycznie w grupie DS oraz T₁-T₂ w grupach VIMA i GA.



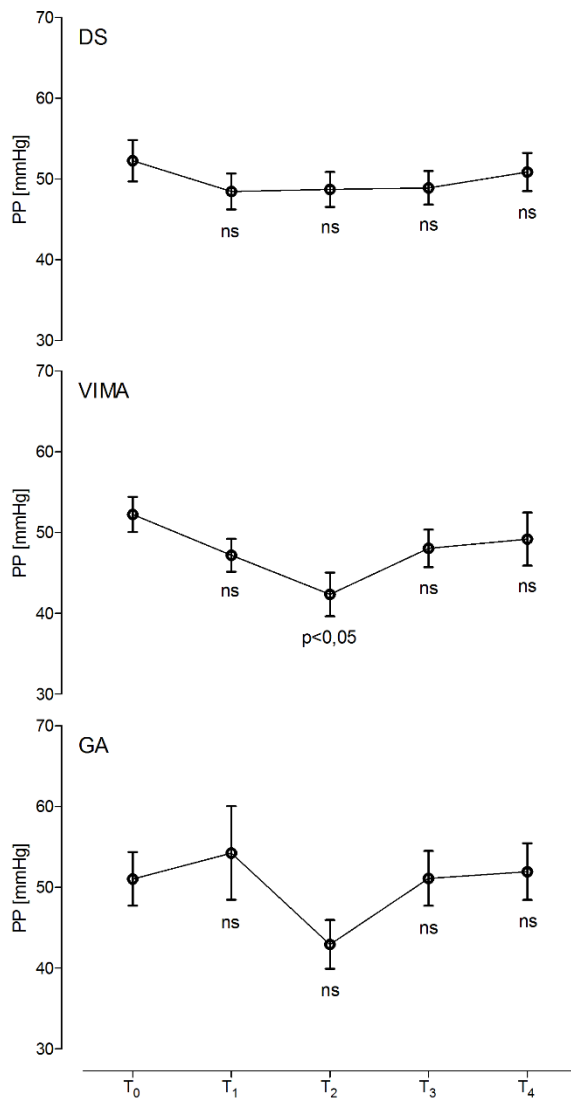
Ryc. 8. Porównanie wartości średnich średniego ciśnienia tętniczego (MAP) między znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. Niezależnie od rodzaju znieczulenia obserwowano wzrost parametrów życiowych MAP, po wybudzeniu pacjentów (T₄).



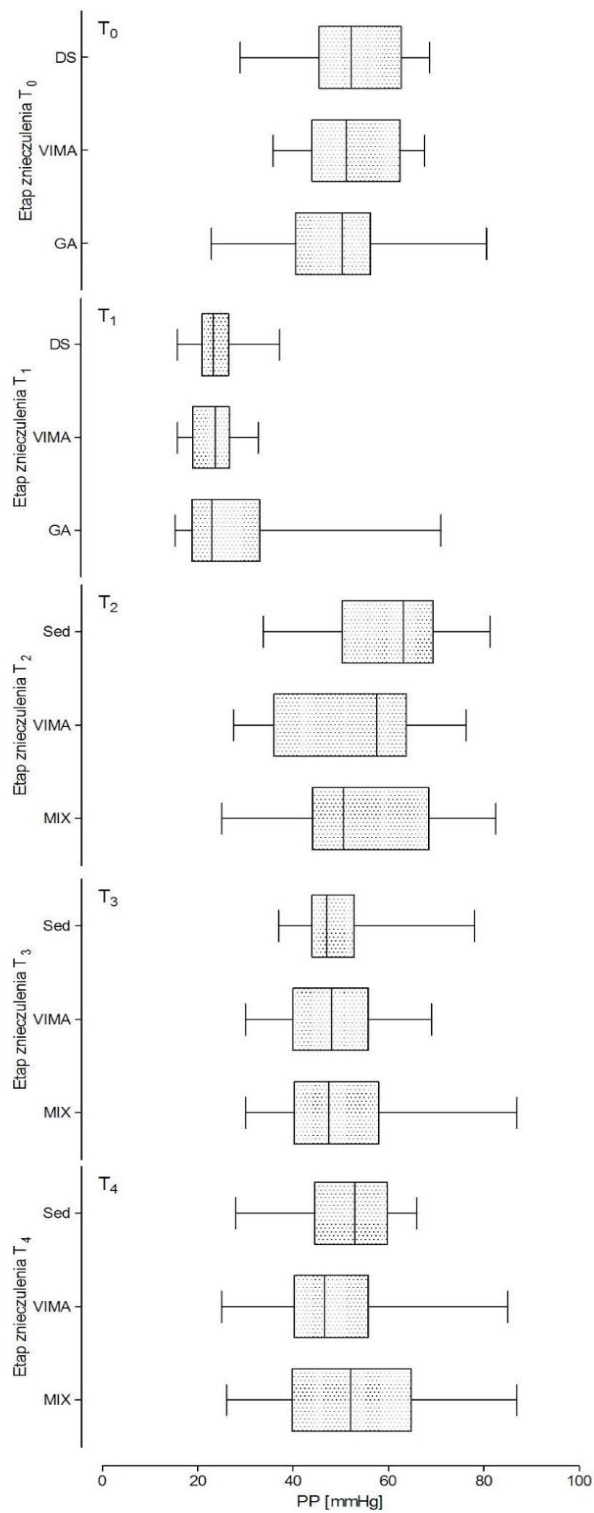
Ryc. 9. Średnie wartości saturacji (SpO₂) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. Nie obserwowano istotnych zmian w SpO₂ podczas zabiegu w każdym typie znieczulenia i nie obserwowano różnic na żadnym etapie zabiegu.



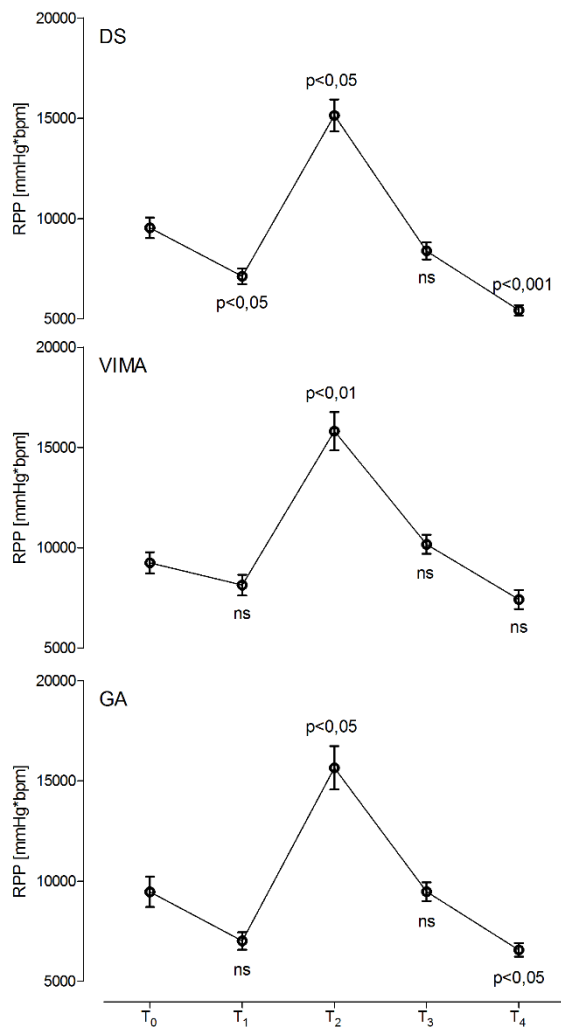
Ryc. 10. Porównanie średnich wartości saturacji (SpO₂) między znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. Nie obserwowano istotnych zmian w SpO₂ podczas zabiegu w każdym typie znieczulenia i nie obserwowano różnic na żadnym etapie zabiegu.



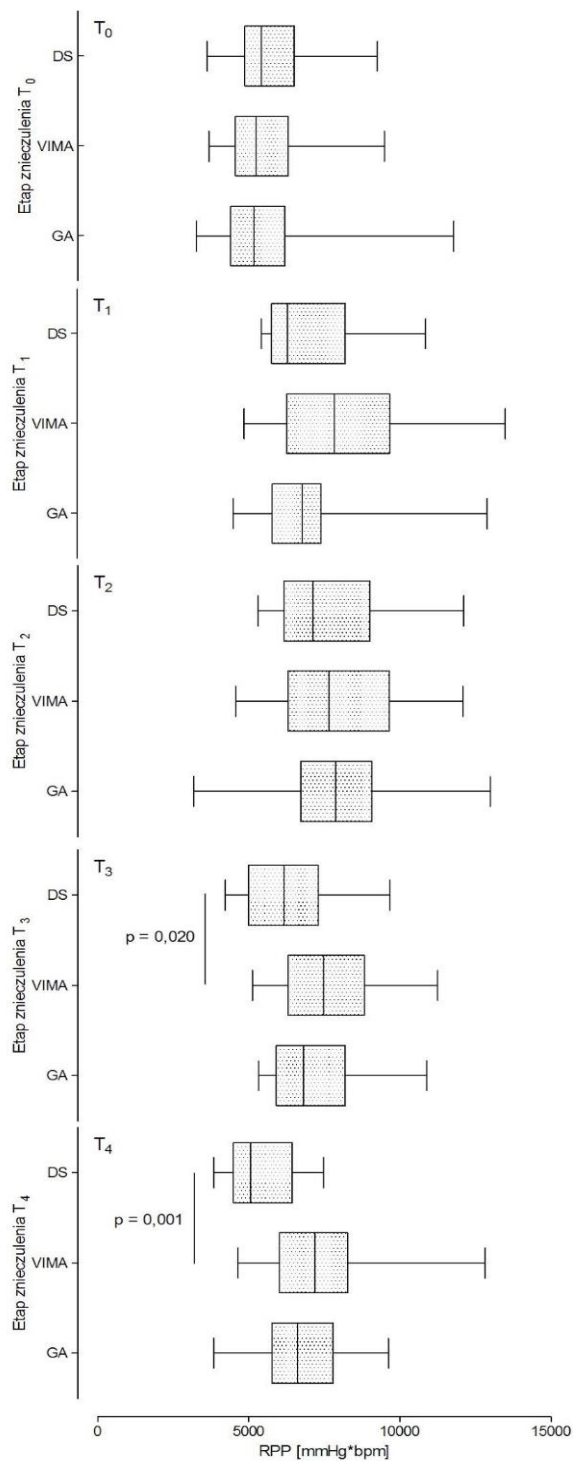
Ryc. 11. Średnie ciśnienie tętna (PP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. W trakcie wyzwalania częstoskurczu (punkt T₂) stwierdzono istotny spadek PP w VIMA i GA.



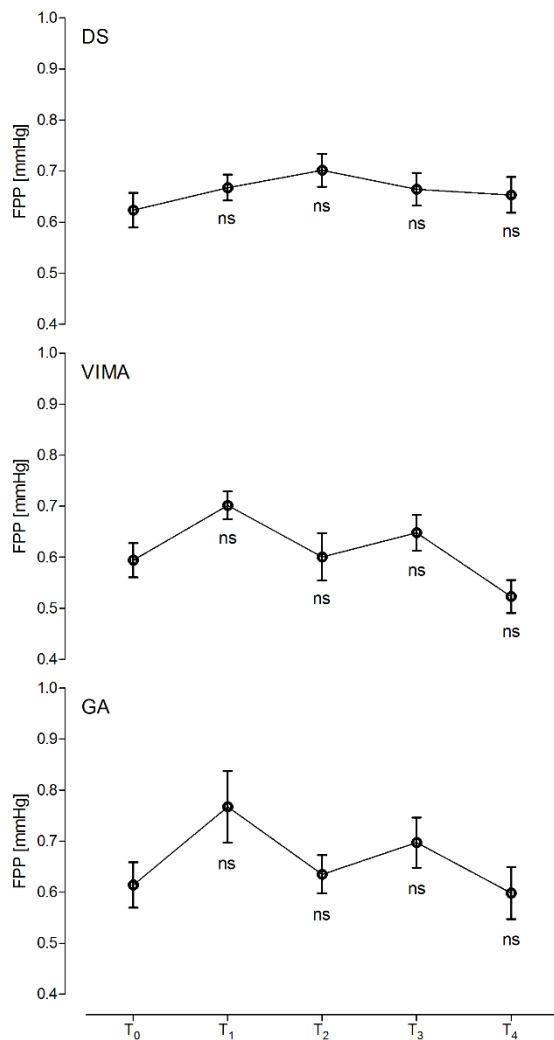
Ryc. 12. Porównanie średniego ciśnienia tętna (PP) między znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. W trakcie wyzwalania częstoskurczu (punkt T₂) stwierdzono istotny spadek PP w VIMA i GA.



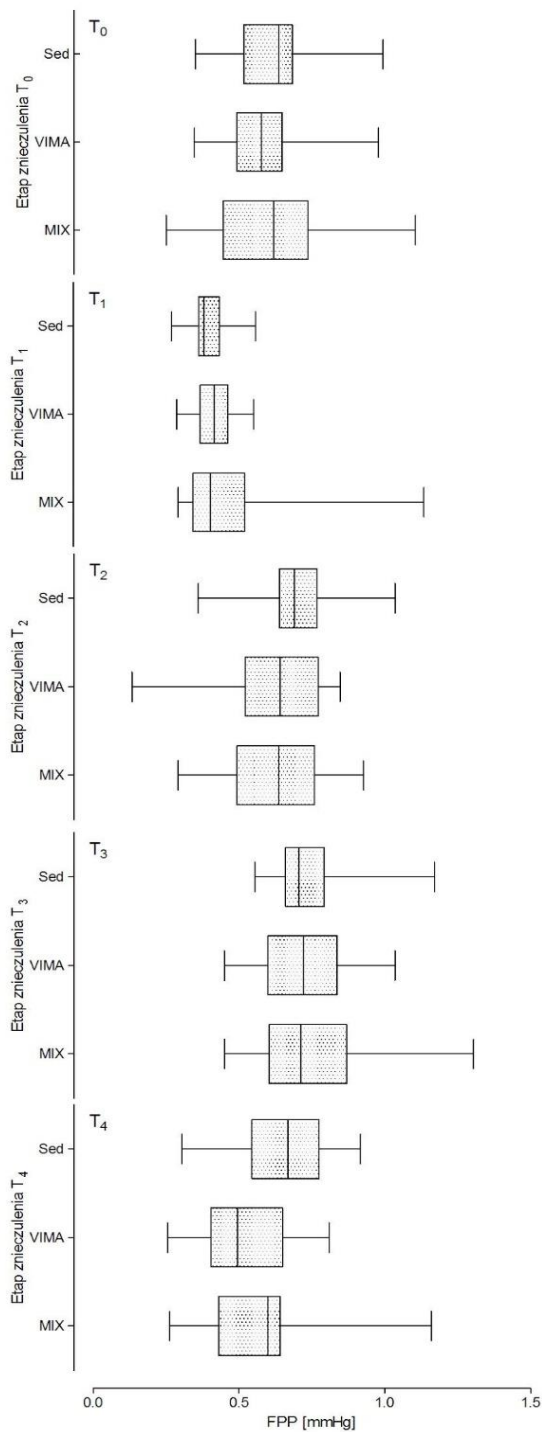
Ryc. 13. Średnia wartość wskaźnika pośredniego zużycia tlenu przez mięsień sercowy (RPP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. Zastosowanie DS spowodowało istotny spadek RPP po wprowadzeniu do znieczulenia (punkt T₁). W czasie wywoływania częstoskurczu obserwowano istotny wzrost RPP w każdej z grup.



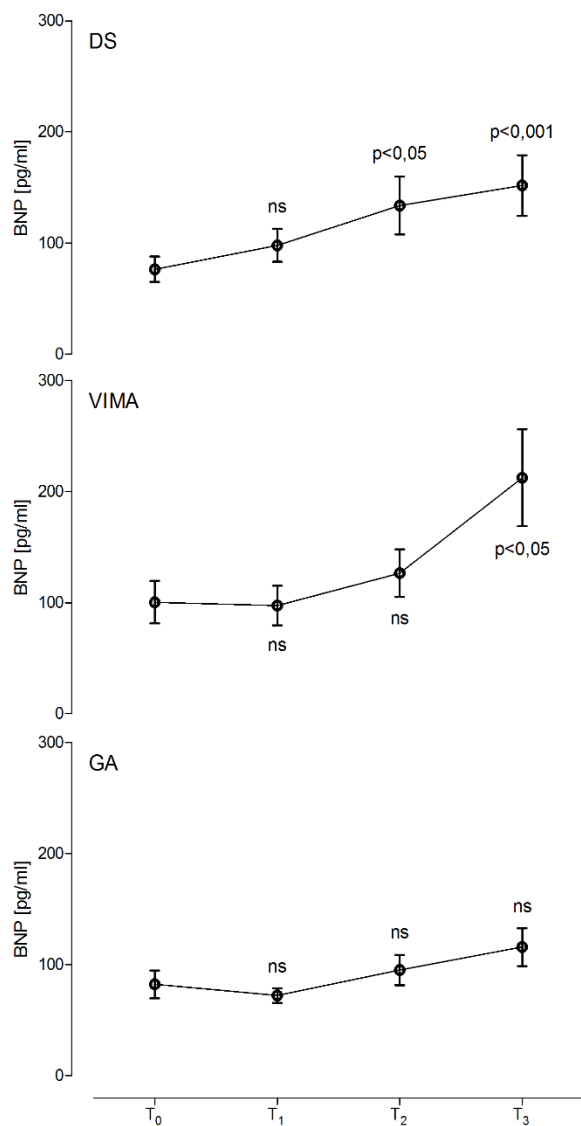
Ryc. 14. Porównanie średniej wartości wskaźnika zużycia tlenu przez mięsień sercowy (RPP) pomiędzy znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. Zastosowanie DS spowodowało istotny spadek RPP po wprowadzeniu do znieczulenia (punkt T_1). W czasie wywoływania częstoskurczu obserwowano istotny wzrost RPP w każdej z grup.



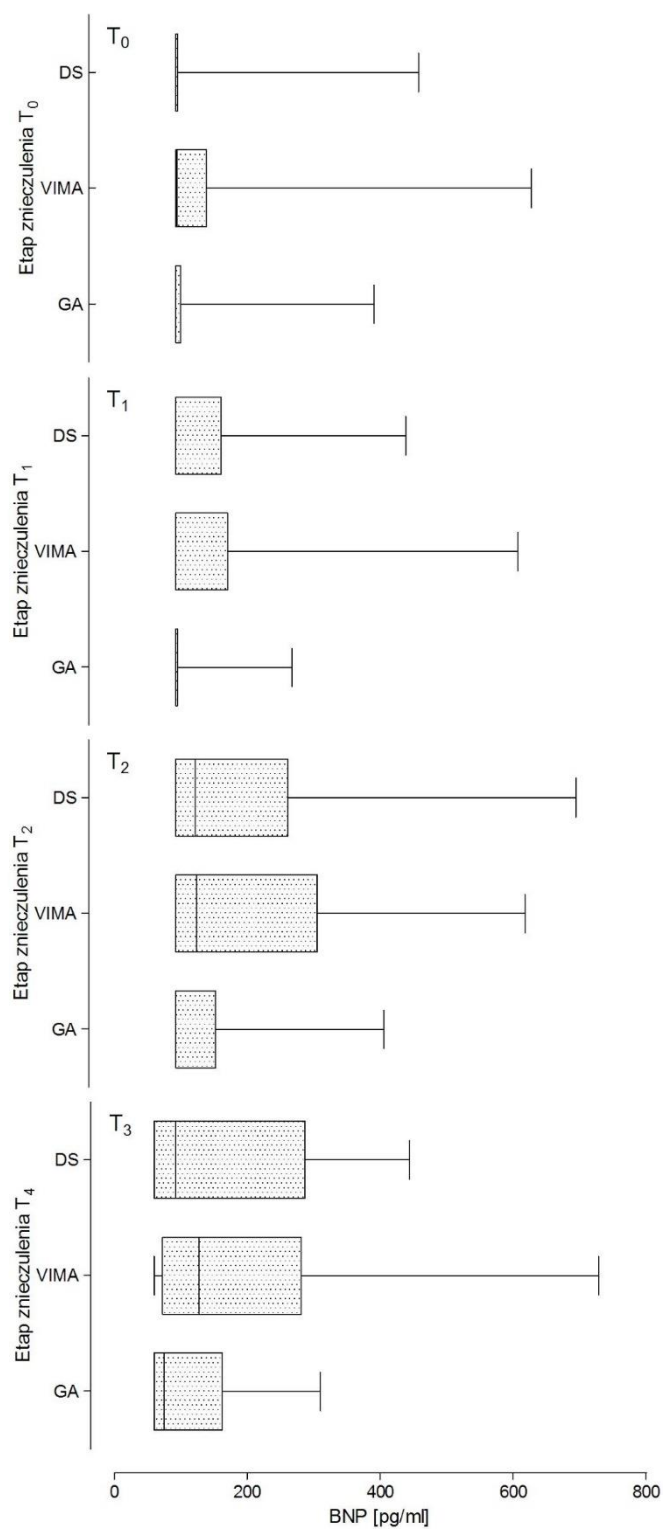
Ryc. 15. Średnia wartość wskaźnika pulsacyjności i sztywności tętnic (FPP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu dla wybranych typów znieczulenia. Nie obserwowano istotnych zmian w FPP podczas zabiegu w każdym typie znieczulenia i nie obserwowano różnic na żadnym etapie zabiegu.



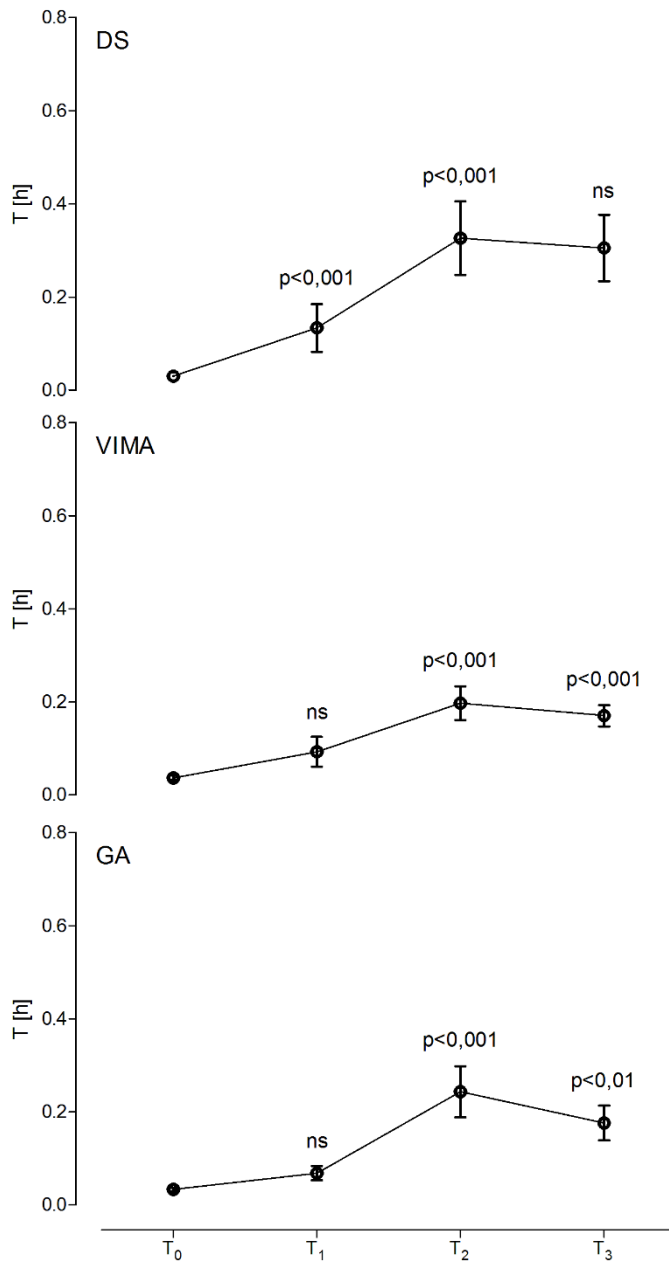
Ryc. 16. Porównanie średniej wartości wskaźnika pulsacyjności i sztywności tętnic (FPP) pomiędzy znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. Nie obserwowano istotnych zmian w FPP podczas zabiegu w każdym typie znieczulenia i nie obserwowano różnic na żadnym etapie zabiegu.



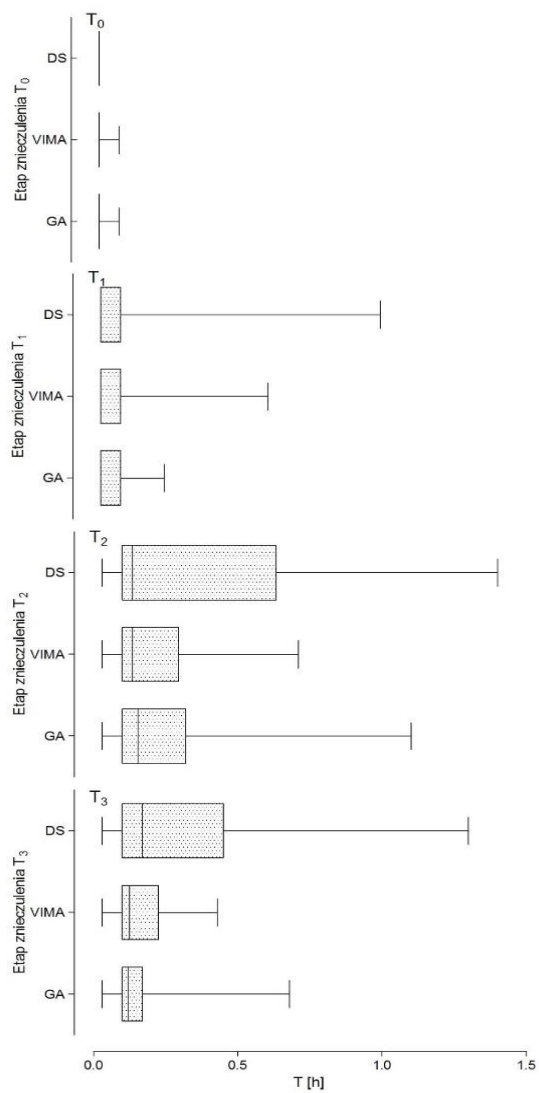
Ryc. 17. Średnie stężenie peptydu natriuretycznego (BNP) w trakcie kolejnych etapów zabiegu w wybranych typach znieczulenia. Obserwowano istotny statystycznie wzrost BNP podczas zabiegu w DS i VIMA w T₄.



Ryc. 18. Porównanie średniego stężenia peptydu natriuretycznego (BNP) między znieczuleniami w różnych etapach zabiegu. Nie obserwowano istotnych statystycznie zmian w BNP podczas zabiegu w każdym typie znieczulenia i nie obserwowano różnic na żadnym etapie zabiegu.



Ryc. 19. Średnie stężenie troponiny (T) w trakcie kolejnych etapów zabiegu w wybranych typach znieczulenia. Obserwowano zwiększenie wartości TnI po 6 godzinach i dnia następnego po zabiegu ablacji (T₂, T₃). Podczas zabiegu ablacji dochodzi do istotnego wzrostu TnI tylko w grupie DS.



Ryc. 20. Porównanie średniego stężenia troponiny (T) między znieczuleniami w różnych etapach zabiegu.

DYSKUSJA

W przedstawionym badaniu przeprowadzane zabiegi ablacji były wykonywane jednocześnie jako metoda diagnostyczna jak i lecznicza. Wymagały one zarówno wywołania snu/anestezji, jak i działania przeciwbólowego na optymalnym poziomie koniecznym dla zachowania stabilności położenia elektrod, możliwości mapowania, wywoływania częstoskurczu w trakcie diagnostyki i wykonywania aplikacji. Młody wiek pacjentów i długotrwała choroba oraz uciążliwe leczenie są odpowiedzialne za silniejsze przeżywanie przez nich strachu, stresu, niepewności co do wyniku leczenia zabiegowego. Konieczne jest zatem zmniejszenie odpowiedzi wegetatywnej pacjentów oraz całkowite i często długotrwałe ich unieruchomienie. Zabieg ablacji wymaga bardzo dużej precyzji i doświadczenia od kardiologa, a od anestezjologa stworzenia optymalnych warunków do jego przeprowadzenia. Wybór strategii znieczulenia u pacjentów poddawanych zabiegowi ablacji wymaga zachowania równowagi między koniecznością zapewnienia wygody i bezpieczeństwa znieczulenia oraz potrzeby wywołania w bezpiecznych warunkach arytmii. Znieczulenie w tej grupie wiekowej istotne jest także ze względu na wyższe ryzyko powikłań w trakcie wykonywania całej procedury ablacji spowodowane szczególnymi warunkami anatomicznymi. W ośrodku w którym przeprowadziłam badania, zabiegi ablacji u dzieci i młodzieży, były nowym typem procedury medycznej, wprowadzanym do standardowej praktyki medycznej z uwzględnieniem odpowiedniej procedury anestezjologicznej. Konieczne wydawało się więc, wypracowanie optymalnej metody znieczulenia w tej grupie wiekowej.

Wśród pacjentów dorosłych poddawanych zabiegowi ablacji najczęściej stosowana jest płytka analgosedacja. Kottkamp i wsp. zalecają przeprowadzania analgosedacji u dorosłych pacjentów do zabiegu ablacji z zastosowaniem dożylnie podanego midazolamu w dawce 2-4 mg w zależności od masy ciała oraz fentanylu w dawce 0,025-0,05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (21). Alternatywą dla takiego sposobu może być sedacja z użyciem propofolu w dawce indukcyjnej 0,5 mg/kg masy ciała, podanej dożylnie i kontynuowanej z użyciem wlewu propofolu w dawce 5 mg/kg/h. Tlenoterapię przeprowadzano przez kaniule donosowe w przepływie 1-2 l/min. Fazelifar i wsp. zastosowali podobnie fentanyl w dawce 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ m.c., midazolam 0,03 mg/kg m.c. i propofol we wlewie 200 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$.

W celu udrożnienia dróg oddechowych zakładano pacjentom rurkę ustno-gardłową i podawano tlen 2 l/min. przez kaniule donosowe (22). Jednakże w populacji dzieci i młodzieży, odmiennie niż u dorosłych, nie zawsze znajdują zastosowanie metody płytkiej sedacji. Publikacje dotyczące ablacji w populacji dziecięcej dotyczą głównie opisu samej procedury i prezentują w większości stanowisko kardiologów. Niewielka jest nadal liczba doniesień dotyczących rodzaju i techniki postępowania anestezyjologicznego u dzieci i młodzieży. Nie wypracowano jednakże jak dotychczas rekomendacji sedacji i/lub znieczulenia w tym typie zabiegów w pediatrii. Dostępne w literaturze medycznej artykuły dotyczące kardiologii inwazyjnej u dzieci poruszają jednak głównie problem techniki i wskazań do zabiegów cewnikowania serca we wrodzonych wadach, pomijając często ważki problem postępowania anestezyjologicznego. W dostępnych publikacjach opisywane jest użycie ketaminy jako leku z wyboru do sedacji dzieci w procedurach kardiologii inwazyjnej, mimo jej działań ubocznych takich jak ślinienie, przedłużone budzenie, tachykardia, wzrosty ciśnienia systemowego (23,24). Mester i wsp. użyli ketaminę w połączeniu z dexmedetomidyną jako efektywną sedację u dzieci w trakcie cewnikowania serca (24). Abbas i wsp. opisują użycie samej ketaminy jak i w skojarzeniu z midazolamem jako metodę sedacji z wyboru w ostatnich kilku dekadach (25). Jednakże to połączenie ketaminy z propofolem wielu autorów uważa za niemal idealne w głębokiej sedacji z adekwatną analgezą pozwalającą na stabilizację krążenia z zachowanym oddechem spontanicznym u dzieci do zabiegów cewnikowania serca (25,26,27,28). Abbas i wsp. oraz Tosun i wsp. podkreślają potrzebę jak najszybszego rozszerzenia rejestracji tych leków także dla chorych populacji pediatrycznej, ze szczególnym uwzględnieniem zabiegów kardiologicznych w tej grupie chorych (25,26). Mimo braku jasno sprecyzowanych wytycznych Tobias i wsp. oraz Mukhtar i wsp. zastosowali dexmedetomidynę w dawce 0,2-0,75 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$ w chirurgii ogólnej i kardiologicznej u dzieci (29,30). Podczas wykonywania zabiegów ablacji należy uwzględniać leczenie przeciwbólne. Rautiainen i Meretoia zalecają zastosowanie opioidowych leków takich jak fentanyl i alfentanyl jako efektywną analgezę w tym typie zabiegów. Należy jednak pamiętać, że w połączeniu z benzodiazepinami i propofolem mogą one prowadzić do depresji oddechowej i zaburzeń stabilności hemodynamicznej (31,32).

W przedstawionym badaniu pacjenci grupy DS poddawani byli znieczuleniu z użyciem w indukcji fentanylu w dawce 1-2 mcg/kg m.c. oraz propofolu w dawce 2-3 mg/kg m.c., następnie kontynuowano wlew ciągły z zastosowaniem propofolu w dawce 2,5-3,5 mg/kg/h. Pacjenci zachowywali zdolność oddychania samoistnego z tlenem podawanym poprzez maskę twarzową 4 l/minutę. Nie zaobserwowałam u żadnego z pacjentów trudności z utrzymaniem drożności dróg oddechowych przy takim schemacie farmakoterapii.

Drabek i wsp. rekomendują znieczulenie ogólne do przeprowadzania procedury ablacji wśród młodocianych pacjentów, natomiast głęboką sedację oceniają jako bardziej przydatną dla takich procedur jak badanie elektrofizjologiczne lub założenie stymulatora (33). Drabek i wsp. zastosowali znieczulenie ogólne z krótkodziałającymi anestetykami takimi jak remifentanyl, propofol i dexmedetomidyna, uzupełnionymi użyciem cisatrakurium w celu zwiotczenia mięśni podczas intubacji. Podtrzymanie znieczulenia przeprowadzono z użyciem gazów anestetycznych takich jak enfluran, izofluran i halotan (33). Hafez i wsp. przedstawiają znieczulenie ogólne do zabiegu ablacji u dzieci z zastosowaniem dożylnie podanego propofolu 2-3 mg/kg m.c. i fentanylu w dawce 1 µg/kg m.c., a do intubacji cisatrakurium w dawce 0,1 mg/kg m.c. (34).

W mojej pracy w grupie GA zaplanowałam znieczulenie bez planowej intubacji. W związku z tym do indukcji znieczulenia zastosowałam propofol, podany dożylnie w dawce 2-3 mg/kg m.c. i fentanyl w dawce 1 µg/kg m.c. podobnie jak cytowani autorzy. Nie zastosowałam natomiast środka zwiotczającego, a jako zabezpieczenia dróg oddechowych użyłam maski krtaniowej. Kontynuację znieczulenia prowadziłam z użyciem sewofluranu w mieszaninie tlenu z powietrzem 50%. Natomiast u pacjentów grupy VIMA w indukcji wziewnej podawałam sewofluran i dodatkowo fentanyl w dawce 1-2 µg/kg m.c., i w tym typie znieczulenia zabezpieczeniem dróg oddechowych była także maska krtaniowa. Podtrzymanie znieczulenia prowadziłam z użyciem sewofluranu w mieszaninie tlenu z powietrzem 50%.

Opublikowane w 2007 roku Wytyczne Oceny Ryzyka Powikłań Sercowo-Naczyniowych i Przygotowania Przedoperacyjnego w Operacjach Niekardiochirurgicznych są obszernym dokumentem, który kompleksowo określa postępowanie z chorymi obciążonymi takim

ryzykiem (35). Pacjenci z zaburzeniami rytmu serca, a takimi są także dzieci i młodzież z rozpoznanymi istotnymi arytmiami, według tych wytycznych zaliczają się do 1-szej grupy ryzyka określonej jako aktualnie istniejące choroby serca i są szczególnie narażeni na powikłania. Cytowane rekomendacje podkreślają rolę znieczulenia w ewentualnym obniżeniu ryzyka powikłań w okresie okołoperacyjnym. Ludmyla Kachko w badaniu prowadzonym od 2010-2014 roku w Schneider Children's Medical Center w Izraelu stosowała izofluran i sewofluran jako główny lek anestetyczny. Indukcję znieczulenia prowadzono z użyciem sewofluranu i propofolu oraz mieszaniny tlenu i N₂O (FiO₂ 0,33%), natomiast dzieci intubowano z zastosowaniem fentanylu i pankuronium. W podtrzymanie znieczulenia autorzy stosowali sewofluran lub izofluran oraz mieszaninę tlenu i powietrza (FiO₂ 50%) z frakcjonowanymi dawkami pankuronium. Praca ta nie została do tej pory ukończona i nie podano jej rezultatów (36). Wśród anestetyków wziewnych wielu autorów wykazuje szereg korzystnych działań sewofluranu na układ sercowo-naczyniowy. To skłoniło mnie do wykorzystania sewofluranu do znieczuleń w ablacjach w przeprowadzonym badaniu, ze względu na szeroko opisywane działanie kardioprotekcyjne (37,38,39,40,41). Julier i wsp. uważają, że sewofluran zmniejsza zapotrzebowanie mięśnia sercowego na tlen, zwiększa dostarczanie tlenu do kardiomiocytów, naśladuje mechanizm „ischemic preconditioning” (42). Ti i wsp. stwierdzili, że znieczulenie z użyciem sewofluranu jak i propofolu, daje podobną stabilność hemodynamiczną w zabiegach z użyciem maski krtaniowej (43). W pracach dotyczących rozległych zabiegów kardiochirurgicznych stwierdzono, że pacjenci w czasie znieczulenia z zastosowaniem sewofluranu byli bardziej stabilni hemodynamicznie niż po podaniu propofolu (44,45). MAP stabilny był przy użyciu obu środków, jednak HR wśród pacjentów znieczulanych sewofluranem ulegało częściej obniżeniu bez znaczenia klinicznego (38,46,47). Claves i wsp. stwierdzili, że propofol obniża SAP i DAP poprzez obniżenie SVRI i obciążenia następczego (48). Nie ma natomiast wpływu na CI. Ten efekt zależy w dużym stopniu od dawki i prędkości podania leku (49,50). Efekt wywierany przez sewofluran na układ krążenia jest wypadkową jego wpływu na rzut serca, obwodowy opór naczyniowy oraz na autonomiczny układ nerwowy (51). Sewofluran nie upośledza rzutu serca, obniża głównie DAP, nie wpływa na HR, nie powoduje zaburzeń rytmu serca i nie wpływa na dodatkową drogę przewodzenia w WPW (52,53).

W mojej pracy parametry życiowe oceniane w poszczególnych punktach czasowych $T_0 - T_4$ nie różniły się istotnie statystycznie w badanych grupach. Niezależnie od rodzaju znieczulenia obserwowano wzrost parametrów życiowych istotny statystycznie tylko po wybudzeniu pacjentów w punkcie czasowym T_4 . W grupie poddanej głębokiej sedacji z użyciem wlewu propofolu (grupa DS) parametry życiowe HR, DAP, SAP, MAP wzrastały istotnie statystycznie mniej w porównaniu z grupą VIMA z użyciem sewofluranu i grupą GA z użyciem propofolu i sewofluranu. Może to mieć związek z rodzajem zastosowanych leków anestetycznych i brakiem stymulacji ze strony maski krtaniowej używanej do zabezpieczenia dróg oddechowych w czasie zabiegu i znieczulenia w grupie DS.

Sharp i wsp. wykazali brak wpływu sewofluranu na parametry elektrofizjologiczne, przewodzenie lub wyzwalanie częstoskurczów (53). Cohen i wsp. porównywali znieczulenie z użyciem isofluranu i znieczulenie z zastosowaniem małych dawek propofolu we wlewie, poprzedzone indukcją w obu grupach z zastosowaniem fentanylu, midazolamu i wekuronium do intubacji pacjentów. Autorzy we wnioskach pracy sugerują, że użycie w znieczuleniu isofluranu w porównaniu do propofolu ograniczało częściej możliwość wywołania częstoskurczu w miejscu ektopowym i wymuszało konieczność użycia isoproterenolu dla ułatwienia zainicjowania SVT (54). Takiego wpływu leków na przewodzenie w mięśniu sercowym nie potwierdzają inni autorzy porównujący znieczulenie z zastosowaniem isofluranu i propofolu (55,56) oraz autorzy, którzy stosowali desfluran i propofol (57).

Z monitorowanych parametrów życiowych możliwe było wyliczenie dodatkowych parametrów takich jak PP - ciśnienie tętna, FPP - wskaźnik pulsacyjności i sztywności tętnic, RPP – wskaźnik zużycia tlenu przez mięsień sercowy. Obniżenie PP w grupie VIMA mogło być spowodowane prawdopodobnym spadkiem SV, zakładając, że wypełnienie łóżyska naczyniowego było porównywalne w każdej z grup. Obserwowany efekt może być spowodowany inotropowo ujemnym działaniem sewofluranu. Wyzwolenie częstoskurczu było związane z istotnym zwiększonym zużyciem tlenu w każdym typie znieczulenia. Obserwowano również najmniejszy wskaźnik zużycia tlenu przez mięsień sercowy w grupie DS i GA po wybudzeniu. Porównanie rodzaju znieczulenia wykazało, że zużycie tlenu przez mięsień sercowy (RPP) było istotnie wyższe w grupie VIMA w porównaniu z grupą GA po zakończeniu zabiegu i w czasie wybudzania. Analiza

zachowania się FPP pozwala wyciągnąć wniosek, że zastosowane rodzaje znieczulenia nie zmieniały istotnie stabilności perfuzji narządowej.

W przeprowadzonym badaniu nie wykazałam istotnego statystycznie wpływu rodzaju znieczulenia na czas indukcji znieczulenia, całkowity czas znieczulenia i zabiegu oraz czas wybudzenia a także na czas aplikacji wśród badanych pacjentów, niezależnie od rodzaju rozpoznania.

Na podstawie dostępnej literatury wskazującej na przydatność oznaczania markerów uszkodzenia mięśnia sercowego BNP (8,9,10,11,12,58,59) i TnI (13,14,15,60,61,62,63,64,65) obydwa markery zostały poddane analizie.

Oceniane markery uszkodzenia mięśnia sercowego: troponina TnI i hormon natriuretyczny NT-proBNP, nie różniły się istotnie statystycznie pomiędzy grupami. Zaobserwowano tendencję do zwiększonych wartości TnI po 6 h od ablacji i dnia następnego w stosunku do wartości wyjściowych we wszystkich rodzajach znieczulenia. Podobnie, ale znacznie słabiej wyrażoną tendencję obserwowano w odniesieniu do NT-proBNP. Podczas zabiegu ablacji dochodzi do wzrostu TnI niezależnie od zastosowanego znieczulenia. Tendencji tej nie obserwowano w przypadku NT-proBNP. Wydaje się zatem, że oznaczanie TnI może być przydatne w monitorowaniu uszkodzenia mięśnia sercowego w zabiegach ablacji u dzieci i młodzieży.

Van Here i wsp. ocenili ogólną częstość powikłań ablacji RF w leczeniu tachyarytmii nadkomorowych i komorowych na około 5% (66). Większość z nich wynikała z mechanicznego uszkodzenia serca, dostarczonej energii RF lub nakłucia dużych naczyń. Śmiertelność wśród tej grupy dzieci i młodzieży wyniosła 0,12%, a u tych pacjentów, u których współistniała strukturalna choroba serca była wyższa i wynosiła 0,89%. Kugler i wsp. w metaanalizie ocenili częstość powikłań podczas ablacji u dzieci i młodzieży następująco: blok przedsionkowo-komorowy II i III stopnia - 0,6-0,9%, perforacja i tamponada serca - 0,5-0,7% oraz powikłania zatorowo-zakrzepowe - 0,2-0,4% (67). Podobnie Perez i wsp. ocenili ryzyko powikłań takich jak blok przedsionkowo-komorowy II i III stopnia, wysięk lub tamponada osierdziowa, zawał serca a także powikłania zakrzepowo-zatorowe na 0,2%. Czynnikiem zwiększającym istotnie częstość powikłań był czas trwania ablacji jak i ilość powtarzanych zabiegów (68).

W badanej grupie pacjentów autorka nie zaobserwowała żadnych powikłań związanych bezpośrednio z procedurą ablacji, w tym bloku przedsionkowo-komorowego, tamponady serca i uszkodzenia dużych naczyń. Zastosowane metody anestezyjologiczne i kardiologiczne można zatem uznać za skuteczne i bezpieczne.

WNIOSKI

1. We wszystkich grupach wykazano istotne statystycznie wzrost parametrów życiowych HR tylko w punkcie czasowym T₂, SAP, DAP w T₁–T₃, a MAP głównie T₁-T₂.
2. Badane parametry życiowe wzrastały istotnie statystycznie niżej w grupie znieczulanej DS w porównaniu z grupą VIMA i GA, co może mieć związek z rodzajem zastosowanych leków anestetycznych jakimi są propofol i sevofluran. Istotnym czynnikiem stymulującym układ współczulny jest także maska krtaniowa użyta w grupie VIMA i GA.
3. W trakcie wyzwalania częstoskurczów obserwowano istotny spadek PP w grupie VIMA.
4. Zastosowanie DS spowodowało istotny spadek RPP po wprowadzeniu do znieczulenia. W czasie wywoływania częstoskurczu obserwowano istotny wzrost RPP w każdej z grup. W czasie wybudzania obserwowano istotny spadek RPP w grupie DS i GA.
5. Nie obserwowano istotnych zmian w FPP podczas zabiegu w każdym typie znieczulenia i nie obserwowano różnic na żadnym etapie zabiegu.
6. W czasie zabiegu ablacji parametry życiowe wzrastały istotnie statystycznie niżej w grupie znieczulanej DS w porównaniu z grupą VIMA i GA, zarówno w czasie indukcji jak i wybudzania pacjentów, co może sugerować najmniejszy wpływ tej metody znieczulenia na stabilność układu krążenia.
7. Sedacja głęboka (GA) ze względu na jej najmniejszy wpływ na stabilność układu krążenia może być uznana za metodę preferowaną w zabiegach ablacji u dzieci i młodzieży.
8. Oceniane markery uszkodzenia mięśnia sercowego troponina TnI i hormon natriuretyczny NT-proBNP nie różniły się istotnie statystycznie pomiędzy grupami.
9. Zaobserwowano tendencję do zwiększonych wartości TnI, po 6 h i dnia następnego po ablacji w stosunku do wartości wyjściowych we wszystkich

rodzajach znieczulenia. Podobnie, ale znacznie słabiej wyrażoną tendencję obserwowano w odniesieniu do NT-proBNP.

10. Podczas zabiegu ablacji dochodzi do wzrostu TnI niezależnie od zastosowanego znieczulenia. Tendencji tej nie obserwowano w przypadku NT-proBNP. Wydaje się zatem, że oznaczanie TnI może być przydatne w monitorowaniu uszkodzenia mięśnia sercowego w zabiegach ablacji u dzieci i młodzieży.
11. W przeprowadzonym badaniu nie wykazałam istotnego statystycznie wpływu rodzaju znieczulenia na czas indukcji znieczulenia, całkowity czas znieczulenia i zabiegu oraz czas wybudzenia a także na czas aplikacji wśród badanych pacjentów, niezależnie od rodzaju rozpoznania.
12. Nie odnotowano powikłań u pacjentów w żadnej z zastosowanych metod znieczulenia. W badanej grupie pacjentów autorka nie zaobserwowała żadnych powikłań związanych bezpośrednio z procedurą ablacji, w tym bloku przedsionkowo-komorowego, tamponady serca i uszkodzenia dużych naczyń. Zastosowane metody anestezyjologiczne i kardiologiczne można zatem uznać za skuteczne i bezpieczne.

STRESZCZENIE

Ablacja stosowana w leczeniu częstoskurczu i zespołu w większości przypadków jest uznawana za leczenie z wyboru. Zabieg polega na wprowadzeniu sterowalnych elektrod do serca poprzez kaniulację dużych naczyń i zniszczeniu zlokalizowanych dodatkowych dróg przewodzenia za pomocą wysokiej (ablacja RF) lub niskiej (krioablacja) temperatury. Dzieci i młodzież zakwalifikowani do zabiegu ablacji prezentują doświadczenia i przeżycia związane z wcześniejszym leczeniem farmakologicznym, zwykle bez osiągnięcia zamierzonego efektu. Młody wiek pacjentów i długotrwała choroba oraz leczenie są odpowiedzialne za silniejsze przeżywanie strachu, stresu, niepewności co do wyniku leczenia zabiegowego. Zabieg wymaga bardzo dużej precyzji i doświadczenia od kardiologa, a od anestezjologa stworzenia optymalnych warunków do przeprowadzenia tego zabiegu. Ze względu na specyfikę związaną z wiekiem oraz stanem emocjonalnym konieczne jest wyciszenie odpowiedzi wegetatywnej oraz długotrwałe całkowite unieruchomienie pacjentów.

Celem pracy było wypracowanie najbardziej optymalnej metody znieczulenia do zabiegów ablacji u dzieci i młodzieży a także ocena wpływu zaburzeń rytmu serca na ewentualne uszkodzenia mięśnia sercowego w trakcie i po zabiegu ablacji podczas zastosowanych metod znieczulenia. Po uzyskaniu zgody Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Medycznym im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, badaniami o charakterze jednośrodkowym, prospektywnym i randomizowanym objęto 60 pacjentów w wieku 5-17 rok życia z rozpoznaniem zespołem WPW, częstoskurczem nadkomorowy (SVT), częstoskurczem przedsionkowym (AT) i częstoskurczem komorowym (VES), ocenianych w skali ASA na II-III. Z badania wyłączeni byli pacjenci zakwalifikowani jako ASA IV, z wrodzoną wadą serca i istotnymi odchyleniami w badaniach laboratoryjnych. Badanych pacjentów podzielono losowo na trzy grupy po 20 pacjentów w każdej:

W grupie DS indukcję znieczulenia wykonano z zastosowaniem propofolu 2-3 mg/kg dożylnie i fentanylu 1-2 µg/kg dożylnie. Znieczulenie kontynuowano stosując dożylny

wlew propofolu w dawce 0,05-0,08 mg/kg/min. z założoną maską twarżową, przez którą podawano mieszaninę powietrza i tlenu (FiO₂ 50%) w przepływie 4l/min.

W Grupie VIMA indukcję znieczulenia przeprowadzono z wykorzystaniem sewofluranu 4-6 Vol% i podaniem dożylnym fentanylu w dawce 1-2 µg/kg. Pacjentom założono maskę krtaniową, a w podtrzymaniu znieczulenia zastosowano mieszaninę sewofluranu 1,5-2 Vol%, i powietrza z tlenem (FiO₂ 50%) z użyciem LFA 2l/min.

W Grupie GA zastosowano znieczulenie ogólne złożone. W grupie tej indukcję znieczulenia przeprowadzono przy użyciu propofolu w dawce 2-3 mg/kg dożylnie i fentanylu 1-2 µg/kg dożylnie z założeniem maski krtaniowej. Podtrzymanie znieczulenia kontynuowano z zastosowaniem mieszaniny sewofluranu 1,5-2 Vol% i powietrza i tlenu (FiO₂ 50%) z użyciem LFA 2l/min.

Badanie przeprowadzono wg zatwierdzonego przez Komisję Bioetyczną protokołu badania, uwzględniającego: dane demograficzne (wiek, płeć, masa ciała, ASA), badania parametrów życiowych (HR,SAP,DAP,MAP,SpO₂) w określonych punktach czasowych (T₀-T₄), badania laboratoryjne (troponina TnI, NT-proBNP) w określonych przedziałach czasowych (TnI₀-TnI₃, BNP₀-BNP₃). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Na podstawie analizy danych trzech grup badanych pacjentów stwierdzono, że grupy te były jednorodne i nie różniły się istotnie statystycznie. Parametry życiowe HR, SAP, DAP, MAP oraz SpO₂ oceniane w poszczególnych punktach czasowych T₀-T₃ nie różniły się istotnie statystycznie w badanych grupach. We wszystkich grupach wykazano istotne statystycznie różnice w odniesieniu do parametrów życiowych HR, SAP, DAP, MAP tylko w punkcie czasowym T₄ (po wybudzeniu). Różnice dotyczyły grupy DS w porównaniu z VIMA i GA, natomiast nie wykazano tych różnic pomiędzy VIMA i GA. Niezależnie od rodzaju znieczulenia obserwowano wzrost parametrów życiowych (HR, SAP,DAP,MAP) po wybudzeniu pacjentów (T₄). Wymieniane parametry wzrastały istotnie statystycznie niżej w grupie znieczulanej DS w porównaniu z grupą VIMA i GA, co może mieć związek z rodzajem zastosowanego leku anestetycznego jakim jest Propofol i Sewofluran i brakiem stymulacji ze strony maski krtaniowej używanej do zabezpieczenia drożności dróg oddechowych. Oceniane markery uszkodzenia mięśnia sercowego (TnI, NT-proBNP) nie różniły się istotnie statystycznie pomiędzy grupami. Zaobserwowano

tendencję wzrostową wartości TnI, po 6 h i dnia następnego po ablacji w stosunku do wartości wyjściowych we wszystkich rodzajach znieczulenia. Podobnie, ale znacznie słabiej wyrażoną tendencję obserwowano w odniesieniu do NT-proBNP. Podczas zabiegu ablacji zaobserwowano wzrost TnI niezależnie od zastosowanego znieczulenia. Tendencji tej nie obserwowano w przypadku NT-proBNP. Wydaje się zatem, że oznaczanie TnI może być przydatne w monitorowaniu uszkodzenia mięśnia sercowego w zabiegach ablacji u dzieci i młodzieży. Nie wykazano, aby rodzaj znieczulenia miał istotny wpływ na czas aplikacji w czasie zabiegu ablacji, bez względu na rodzaj rozpoznanych zaburzeń rytmu u badanych pacjentów. Przeprowadzone badanie porównania wybranych metod znieczulenia do zabiegów ablacji u dzieci i młodzieży nie wykazało przewagi żadnego z zastosowanych rodzajów znieczulenia. Nie odnotowano także żadnych istotnych powikłań w czasie wykonywania procedury ablacji i przeprowadzanych znieczuleń.

SUMMARY

Ablation used in the treatment of the tachycardia syndrome in most cases is considered to be the treatment of choice. The procedure involves inserting electrodes into the heart of controllable via cannulation of large vessels and the destruction of additional localized pathways using high (RF ablation) or low (cryoablation) temperatures. Children and adolescents qualified for the ablation present experience of previous medical therapy, usually without achieving the desired effect. The young age of the patients, long-term illness and treatment are responsible for the greater experience of fear, stress, uncertainty about the outcome of the treatment. The treatment requires very high precision and knowledge from the cardiologists, and from the anesthesiologist to create optimum conditions for carrying out this procedure. Due to the nature of age-related and emotional state, it is necessary to mute the vegetative response and long-term total immobilization of patients.

The aim of this study was to develop the most optimal method of anesthesia for ablation in children and adolescents and the evaluation of the impact of cardiac arrhythmias for possible myocardial damage during and after ablation in the of anesthesia methods used. After obtaining the approval of the Bioethics Committee of the University of Medical Sciences in Poznan, study was initiated as a single center, prospective and randomized trial and included 60 patients aged 5-17 years and diagnosed with WPW syndrome, atrioventricular tachycardia (SVT), atrial tachycardia (AT) and ventricular tachycardia (VES), assessed in ASA on II-III. Patients excluded from the study were qualified as ASA IV, with congenital heart disease and significant deviations in laboratory tests.

Patients were randomized into three groups of 20 patients each:

In group DS, the induction of anesthesia was performed with propofol 2-3 mg/kg i.v. and fentanyl 1-2 mg/kg intravenously. Anaesthesia was continued by using an intravenous infusion of propofol in dose of 0.05-0.08 mg/kg/min with a predetermined face mask through which dosed mixture of air and oxygen (FiO₂ 50%) at a flow of 4 l/min.

Group VIMA was carried out in the induction of anesthesia using sevoflurane 4-6 Vol% and intravenous administration of fentanyl in a dose of 1-2 mg/kg. Patients assume laryngeal mask and in the maintaining of anesthesia a mixture of sevoflurane 1.5-2 vol%, and the air with oxygen (FiO₂ 50%) with LFA 2l/min was used.

In group GA general anesthesia was done. In this group, the induction of anesthesia was performed using propofol in dose of 2-3 mg/kg i.v. and fentanyl 1-2 mg/kg i.v. allowing to introduce the laryngeal mask. Maintenance of anesthesia was continued with sevoflurane 1.5-2 vol% air and oxygen (FiO₂ 50%) with LFA 2l/min.

The study was approved by the Bioethical Committee according to the study protocol, taking into account demographic data (age, sex, body weight, ASA), hemodynamic studies (HR, SAP, DAP, MAP, SpO₂) at specified time points (T₀-T₄), laboratory tests (TnI troponin, NT-proBNP,) at specified intervals (TnI₀-TnI₃, BNP₀-BNP₃).

The results were statistically analyzed. Measurable parameters such as age, weight, duration of anesthesia, ablation time, the time of application are described in the arithmetic average. Based on the analysis of the three groups of patients studied, it was found that these groups were homogeneous and did not differ significantly. Hemodynamic parameters HR, SAP, DAP, MAP and SpO₂ evaluated in different time points T₀-T₃ did not differ significantly between groups. All groups demonstrated statistically significant differences in the hemodynamic parameters HR, SAP, DAP, MAP only at time point T₄ (awaking). The differences related to the group DS compared to VIMA and GA, but there was no such differences between VIMA and GA. Regardless of the type of anesthesia increase in hemodynamic parameters (HR, SAP, DAP, MAP) has been observed only after awakening (T₄). The replacement hemodynamic parameters were grown significantly lower in the group DS when compared to group VIMA and GA, and may be related to the type of anesthetic drugs such as Propofol and Sevofluran. Markers of myocardial damage (TnI, NT-proBNP) did not differ significantly between groups. The trend of increasing TnI 6 hours after the ablation and on the next day compared in all types of anesthesia was observed. Similarly, but much less pronounced trend has been observed in NT-proBNP. There was no evidence that the type of anesthesia had the impact on the time of application during ablation, regardless of the

type of diagnosed arrhythmias. During the ablation there was constant increase of TnI, regardless the type of anesthesia. This tendency was not observed in NT-proBNP. It seems, therefore, that the determination of TnI may be useful in the monitoring of myocardial damage during ablation procedures in children and adolescents. It has not been shown that the type of anesthesia had a significant effect on the time of application during the ablation procedure, regardless of the type of arrhythmias diagnosed in the examined patients. The study of comparison of selected anesthesia methods for ablation in children and adolescents did not show the advantage of any of the types of anesthesia used. There were also no significant complications during the ablation procedure and anesthesia carried out.

PIŚMIENICTWO

1. Kubicka K., Bieganowska K. Zaburzenia rytmu serca u dzieci. Wydawnictwo Lekarskie PZWL 2001; 29-34
2. Lubiński A., Trusz-Gluzy M., Walczak F. Podręcznik elektrofizjologii klinicznej. Via Medica 2007.
3. Stanke A., Kozłowski D., Sielski S., Świątecka G. Przydatność transseptalnego dostępu do lewego przedsionka w elektrofizjologii interwencyjnej. 57 Kongres Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Warszawa. Kardiologia Polska 1995; 43:79 (streszczenie).
4. Smeets J. L., Rodriguez J. M., Timmermans C., Wellens H. J.J. New method for nonfluoroscopic endocardial mapping in humans: Accuracy assessment and first clinical results. *Circulation* 1998; 97: 2426 – 2432.
5. Josephson M.E. Clinical cardiac electrophysiology. Techniques and interpretations. Wydanie 3 Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2002.
6. Moulton K.P. Order and disorder in the cardiac rhythm. *Electrophysiology Review Course. Critical Care Edition*, Springfield 2002.
7. Thygesen K., Mair J., Muller C I wsp. Recommendations for the use of natriuretic peptides in acute cardiac care: a position statement from the Study Group on Acute Cardiac Care; *European Heart Journal* 2011
8. Bayes-Genis A et al. N-terminal probrain natriuretic peptide (NT-proBNP) in the emergency diagnosis and in-hospital monitoring of patients with dyspnoea and ventricular dysfunction. *European Journal Heart Fail* 2004; 6: 301-308
9. MacDonagh TA. Et al. NT-proBNP and the diagnosis of heart failure: a pooled analysis of Tyree European epidemiological studies. *European Journal Heart Fail* 2004; 6: 269-273
10. Svenstrup Nielsen L., et al. N-terminal pro-brain natriuretic peptide for discriminating between cardiac and non-cardiac dyspnoea. *European Journal Heart Fail* 2004; 6: 63-70
11. Cakmak N., Sayar N., Cakmak M., Akyol A., Eksik A., Aliper AT., Hasdemir H., Yilmaz H., Erdinler I. Effects of radiofrequency catheter ablation on myocardial

- performance index and plasma NT- proBNP levels in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome. *Echocardiography* 2008 Aug; 25(7): 692-698
12. Solnica B. Peptydy natriuretyczne NT-proBNP. *Medycyna Praktyczna* 2005/09
 13. Davies C., Bashira Y. i wsp. Nagłe stany w kardiologii. *Via Medica* 2002: 16
 14. Szczeklik A. Choroby wewnętrzne. Przyczyny, rozpoznania i leczenie. Tom I. Kraków. *Medycyna Praktyczna* 2005;27-28
 15. Solnica B. Troponina sercowa. *Medycyna Praktyczna* 2004/10.
 16. Absalom AR., Struys MMR., Overview of Target Controlled Infusions and Total Intravenous Anaesthesia. Second edition Academia Press 2007; 58-59
 17. Miller R.D., Eriksson L.I., Fleisher L.A., Wiener-Kronish J.P., Young W.L. Miller Anestezjologia. Elsevier Urban & Partner 2012; edycja 7; tom1; 173-190
 18. Morton N.S.,Peutrell J.M. Anestezjologia i intensywna terapia u dzieci. Urban & Partner 2003
 19. Rawicz M. Anestetyczne środki wziewne. Przewodnik. Wydawnictwo Lekarskie PZWL 2007;
 20. Miller R.D., Eriksson L.I., Fleisher L.A., Wiener-Kronish J.P., Young W.L. Miller Anestezjologia. Elsevier Urban&Partner 2014; edycja 7; tom 2;
 21. Kottkamp H., Hindricks G., Eitel C., Muller K., Siedziako A., Koch J., Nana-Anastasiou M., Varounis C., Arya A., Sommer P., Gasper T., Piotrowski C., Dagues N. Deep sedation for catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2011; 22 (12);139-1343
 22. Fazelifar A., Eskandari A., Hashemi M., Alavi M., Totouchi M., ForghanianA., Zeighami M., EmkanjooZ., Haghjoo M. Deep sedation in patients undergoing atrioventricular nodal reentry tachycardia ablation. *Research Cardiovascular Medicine* 2013 September; 1(5): 176-9
 23. Malviva S., Burrows TA., Johnston AE., Benson LN., Anesthetic experience with pediatric interventional cardiology. *Can J Anaesth* 1989; 36: 320-432
 24. Mester R., Easley RB., Brady KM., Chilson K., Tobias JD. Monitored anesthesia care with a combination of ketamine and dexmedetomidine during cardiac catheterization. *Am J Ther* 2008;15:24-30
 25. Abbas M.S., Rashid A., Latif H. Sedation for children undergoing cardiac catheterization: A review literaturę. *Review literaturę* Vol.62,No 2, February 2012

26. Tosun Z., Akin A., Guler G., Esmoğlu A., Bovaci A. Dexmedetomidine-ketamine and propofol-ketamine combination for anesthesia in spontaneously breathing pediatric patients undergoing cardiac catheterization. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2006;20:515-9
27. Kogan A., Efrat R., Katz J., Vidne BA. Propofol –ketamine mixture for anesthesia in pediatric patients undergoing cardiac catheterization. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:691-3
28. Akin A., Guler G., Esmoğlu A., Demircioğlu R., Narin N., Bovaci A. Propofol and propofol-ketamine in pediatric patients undergoing cardiac catheterization. *Pediatr Cardiol* 2005;26:553-7
29. Tobias JD., Berkenbosch JW., Russo P. Additional experience with dexmedetomidine in Pediatric Patients. *South Med J* 2003;96:871-5
30. Mukhtar AM., Obayah EM., Hassona AM. The use of dexmedetomidine in pediatric cardiac surgery. *Anesth Analg* 2006;103:52-6
31. Rautiainen P. Alfentanil infusion for sedation in infants and small children during cardiac catheterization. *Can J Anaesth* 1991;38:980-4
32. Meretoia OA., Rautiainen P. Alfentanil and fentanyl sedation in infants and small children during cardiac catheterization. *Can J Anaesth* 1990;37:624-8
33. Drabek T., Nemeč J., Anesthetic management of electrophysiological procedures for heart failure. *International Anesthesiology Clinics* 2012; Volume 50; number 3, 22,42
34. Hafez MM., Abu-Elkheir MM., Shokier M., Al-Marsafawy HF., Abo-Haded M. Radiofrequency catheter ablation in children with supraventricular tachycardias: intermediate term follow up results. *Clinical Medicine Insights: Cardiology* 2012; 6; 7-16
35. Fleisher LA. et al. ACC/AHA 2007 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation and Care for Noncardiac Surgery. *Circulation* 2007; 116: 418-499
36. Kachko L. Schneider Children's Medical Center Israel, Sevoflurane and Isoflurane for RF or Cryo Ablation in Children. *Clinical Trials* October 7, 2010
37. Neerija B., Pramile CH., Shyam T., Suman A. Comparison of haemodynamic and cardiovascular effects of VIMA with sevoflurane versus TIVA with propofol in

- patients undergoing coronary artery bypass surgery. *Indian Journal of Anaesthesiology* 2008;52(6):805-12
38. Andres J. Anestetyki wziewne, środki znieczulenia ogólnego a może leki o działaniu kardioprotekcyjnym? Streszczenie XVI Międzynarodowy Zjazd PTaIT Kraków 24-27 września 2008;9-14
 39. De Hert S., ten Broecke P., Mertens et al. Sevoflurane but not propofol preserves myocardial function in coronary surgery patients. *Anesthesiology* 2002 July;97(1):42-9
 40. Garcia C., Julier K., Bestmann L., Zollinger A., Von Segesser LK. Et al. Preconditioning with sevoflurane decreases PECAM-1 expression and improves one-year cardiovascular outcome in coronary artery bypass graft surgery. *British J anaesth* 2005;94:159-65
 41. Nader ND., Li CM., Khadra WZ., Reedy R., Panos AL. Anaesthetic myocardial protection with sevoflurane. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;18;269-74
 42. Julier K., Da Silva R., Garcia C., Bestmann L., Frascarelo P., Zollinger A., Chassot PG et al. Preconditioning by sevoflurane decreases biochemical markers for myocardial and renal dysfunction in coronary artery bypass graft surgery: a double-blinded, placebo controlled, multicenter study. *Anesthesiology* 2003;98:1315-27
 43. Ti LK., Cow MY., Lee TL. Comparison of sevoflurane with propofol for laryngeal mask airway insertion in adults. *Anesth Analg.* 1999 Apr;88(4):908-12
 44. Potocnik I., Novak V., Stupnik T., Kremza B. Haemodynamic changes after induction of anaesthesia with sevoflurane v. propofol. *Signa Vitae* 2011;6(2):52-57
 45. Thwaites A., Edmonds S., Smith I. Inhalation induction with sevoflurane: a double-blind comparison with propofol. *British J Anaesthesia* 1997 April;78(4):356-61
 46. Fredman B., Nathanson MH., Smith I., Wang J., Klein K., White PF. Sevoflurane for outpatient anaesthesia: a comparison with propofol. *A&A* 1995;81:823-8
 47. Ebert TJ., Harkin CP., Muzi M. Cardiovascular responses to sevoflurane: a review. *A&A* 1995;81(6): 11-22

48. Clayes MA., Gepts E., Comu F. Haemodynamics changes during anaesthesia induced and maintaining with propofol. *British J Anaesthesia* 1988;60(1):3-9
49. Stephan H., Conntag H., Schenke HD., Khambata HJ. Effects of propofol on cardiovascular dynamics myocardial blood flow and myocardial metabolism in patients with coronary artery disease. *British J anaesthesia* 1986 Sep;58(9):969-75
50. Zheng D., Upton RN., Martinez AM., Grant C., Lundbrook GL. The influence of the bolus injection rate of propofol on its cardiovascular effects and peak blood concentration in sleep. *A&A* 1998;86:110-15
51. Bernard JM., Wouters PF., Doursout MF. et al. Effects of sevoflurane and isoflurane on cardiac and coronary dynamics in chronically instrumented dogs. *Anesthesiology* 1990;72:659-662
52. Tollar WG., Kersten JR., Pagel PH., Hettrick DA., Warltier DC. Sevoflurane reduces myocardial infarct size and decreases the time threshold for ischemic preconditioning in dogs. *Anesthesiology* 1999;91(5):1437-46
53. Sharpe MD., Cuillerier DJ., Lee JK., Basta M., Krahn AD., Klein GJ., Yee R. Sevoflurane has no effect on sinoatrial node function or on normal atrioventricular and accessory pathway conduction in Wolff-Parkinson-White syndrome during alfentanil/midazolam anesthesia. *Anesthesiology* 1999 Jan;90(1):60-65
54. Cohen IT., Furbursh N., Moak J., The effect of general anesthesia on radiofrequency catheter ablation for supraventricular tachycardia in children; *Pediatric Research* 1999; 45
55. Lavoie J., Walsh E., Burrows F., Laussen P., Lulu J., Hansen D. Effects of propofol or isoflurane anesthesia on cardiac conduction in children undergoing radiofrequency catheter ablation for tachydysrhythmias. *Anesthesiology* 1995;82:884-7
56. Erb T., Kanter R., Hall J et al. Comparison of electrophysiological effects of propofol and isoflurane-based anaesthetics in children undergoing radiofrequency catheter ablation for SVT. *Anesthesiology* 2002;96:1386-94

57. Haideki H., Yutaka O., Ryu O. Effect of propofol versus desfluran on electrophysiology in children undergoing radiofrequency catheter ablation for tachyarrhythmias. Annual Meeting. Abstract Webside October 2013
58. Hussein AA., Saliba WI., Martin DO et al. Plasma B-type natriuretic peptide levels and recurrent arrhythmia after successful ablation of lone atrial fibrillation. *Circulation* 2011;123:2077-2082
59. Malinowski M., Biernat J., Roleder T. i wsp. Peptydy natriuretyczne:coś nowego w kardiologii?. *Kardiologia Polska* 2006;64:10(supl.6)
60. Muller-Bardorff M., Freitag H., Scheffold T., Remppis A., Kubler W., Katus HA. Development and characterization of a rapid assay for bedside determinations of cardiac troponin T. *Circulation* 1995; 335, 1333-1341
61. Bader D., Kugelman A., Lanir A., Tamir A., Mula E., Riskin A. Cardiac troponin I serum concentrations in newborns: a study and review of the literature. *Clin Chim Acta*. 2006 Sep;371(1-2):61-65 Epub 2006 Mar 6.
62. Kannankeril PJ., Pahl E., Wax DF. Usefulness of troponin I as marker of myocardial injury after pediatric cardiac catheterization. *American Journal of Cardiology* 2002 Nov 15;90 (10): 1128-1132
63. Alaiti MA., Maroo A., Edel TB. Troponin levels after cardiac electrophysiology procedures: review of the literature. *Pacing Clinical Electrophysiology* 2009 Jun; 32(6):800-810
64. Vasatova M., Pudil R., Tichy M., Buchler T., Horacek JM., Haman L., Parizek P., Palicka V. *AnnClinical Biochem*. 2010 Nov 23.
65. Korff S., Katus HA., Giannitsis E. Differential diagnosis of elevated troponins. *Heart* 2006 July; 92(7): 987-993
66. Van Here GF., Javitz H., Carmelli D. et al. Prospective assessment after pediatric cardiac ablation; recurrence at 1 year after initially successful ablation of supraventricular tachycardia. *Heart Rhythm* 2004;1:188-96
67. Kugler JD., Danford DA., Houston K., i wsp. Pediatric Radiofrequency Catheter Ablation Registry success, fluoroscopy time, and complication rate for supraventricular tachycardia: comparison of Elary and recent eres. *Journal Cardiovascular Electrophysiology* 2002; 13: 336-341

68. Perez FJ., Schubert CM., Parvez B., Pathak V., Ellenbogen KA., Wood MA. Long – term outcomes after catheter ablation of cavo-tricuspid isthmus dependent atrial flutter: a meta-analysis. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2009;2:393-401