

**Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu
im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku**



Jakub Wasilewski

Rozprawa doktorska

**Ocena wydolności fizycznej i rozwoju
psychologicznego dzieci w odległym okresie po
kardiochirurgicznej korekcji wrodzonych wad serca**

promotor:

dr hab. n. med. Ireneusz Haponiuk, prof. AWF i S

Gdańsk 2024

Gdansk University of Physical Education and Sport



Jakub Wasilewski

**Evaluation of Physical Capacity and Psychological
Development of Children in the Long-Term Period
After Cardiac Surgical Correction
of Congenital Heart Defects**

Supervisor:

dr hab. n. med. Ireneusz Haponiuk, prof. AWFIS

Gdańsk 2024

Spis Treści

Lista symboli, oznaczeń i skrótów	3
Wprowadzenie.....	5
1. Aktualny stan wiedzy i analiza piśmiennictwa na temat wad serca VSD i ASD.....	10
1.1 Serce zdrowe – anatomia i fizjologia.....	10
1.2 Etiologia, epidemiologia oraz implikacje zdrowotne wrodzonych wad serca	19
1.3 Ubytek przegrody międzykomorowej (VSD)	20
1.4 Ubytek przegrody międzyprzedsionkowej (ASD).....	24
1.5 Niewydolność serca u dzieci.....	27
1.6 Rola wydolności fizycznej i aktywność fizyczna dzieci po operacji serca	29
1.7 Stan rozwoju psychologicznego dzieci po operacji serca	36
1.8 Procedura kardiochirurgiczna zabiegu naprawczego.....	38
2. Założenia pracy.....	40
2.1 Pytania Badawcze	41
2.2 Cele Badawcze.....	42
2.3 Hipotezy Badawcze	43
2.4 Zgoda komisji bioetycznej.....	44
3. Materiał i metody badawcze.....	45
3.1 Materiał badawczy.....	45
3.1.1 Dobór grupy	45
3.1.2 Kryteria kwalifikacji i dyskwalifikacji.....	46
3.1.3 Charakterystyka grup	47
3.2. Metody badawcze.....	49
3.2.1 Familaryzacja.....	49
3.2.2 Informacje o programie badań i świadoma zgoda.....	51
3.2.3 Kwestionariusz uczestnika - wstępna ocena stanu zdrowia fizycznego wg. American Academy of Pediatrics.....	51
3.2.4 Badanie ogólnolekarskie.....	52
3.2.5 Ergospirometria	53
3.2.6 Testy psychologiczne.....	56
3.2.7 Metody analizy statystycznej.....	57
4. Wyniki.....	60
4.1 Ogólna ocena badanych	60
4.2 Analiza wyników badań wydolnościowych	63
4.3 Analiza wyników z badania psychologicznego	71

5.	Dyskusja.....	74
6.	Podsumowanie	83
7.	Wnioski.....	85
8.	Ograniczenia pracy	86
	Streszczenie:.....	87
	Abstract:.....	88
	Bibliografia:	89
	Spis Rysunków:.....	98
	Spis Tabel:.....	100
	Spis Zdjęć:.....	101
	Spis Wykresów:.....	102
	Załączniki:.....	103
	Załącznik 1 – Zgoda na udział w badaniach	103
	Załącznik 2 - Informator dla rodziców.....	104

Lista symboli, oznaczeń i skrótów

Nazwa skrótu	Wyjaśnienie
ASD / ASD II	Ubytek przegrody międzyprzedsionkowej typu II
BH	Wysokość ciała
BM	Masa ciała
BMI	Wskaźnik masy ciała
BSA	Powierzchnia ciała
CHD	Wrodzone wady serca
CPET / CPT / CPX	Kardiopulmonologiczny test wysiłkowy
CWp / CWs	Test Cyfry Wprost / Test Cyfry Wspak
ECHO	Badanie dynamiczne USG serca - Echokardiografia
EF	Frakcja wyrzutowa
EKG	Elektrokardiografia
EqCO ₂	Ekwiwalent dwutlenku węgla
EqO ₂	Ekwiwalent tlenowy
FFM	Beztłuszczowa masa ciała
FM	Masa tkanki tłuszczowej
HIIT	Trening interwałowy o wysokiej intensywności
HR	Częstość skurczów serca
M	Mediana
max	Maksimum
MET	Ekwiwalent metaboliczny
min	Minimum
p £ 0.05	Poziom istotności p<0,05
PAL	Poziom aktywności fizycznej
P _{ET} CO ₂	Ciśnienie parcjale dwutlenku węgla w powietrzu

	końcowo-wydechowym
$P_{ET}O_2$	Ciśnienie parcjalne tlenu w powietrzu końcowo-wydechowym
RER	Współczynnik wymiany oddechowej
Sd	Odchylenie standardowe
SpO ₂	Saturacja krwi włosniczkowej
ST	Staż treningowy
TBW	Całkowita objętość wody
TFS-K/-Z	Test Fluencji Słownej Literka K / Zwierzęta
T_{max}	Całkowity czas pracy do przzerwania wysiłku fizycznego
VCO ₂	Objętość wydychanego dwutlenku węgla
VE	Wentylacja minutowa płuc
VO ₂	Objętość poboru tlenu
VO ₂ -pulse	Tętno tlenowe
VSD	Ubytek przegrody międzykomorowej
WISC	Testy inteligencji Wechslera
WR	Wielkość pracy
WWS	Wrodzone Wady Serca
X	Średnia
AHA	American Heart Association
APA	American Psychological Association
GUS	Główny Urząd Statystyczny
WHO	World Health Organization

Wprowadzenie

Wrodzoną wadą serca (ang. congenital heart defects, CHD) określa się anomalie strukturalne serca (lub naczyń krwionośnych), które powstają już w życiu płodowym [1], co może prowadzić do późniejszych zaburzeń funkcjonowania układu krążenia [2]. Występowanie CHD szacuje się na ok. 9 na 1000 żywych urodzeń i jest to najczęstsza poważna wrodzona wada rozwojowa [3]. Najnowszy raport opracowany przez Główny Urząd Statystyczny (GUS) [4] dotyczący przyczyn zgonów w Polsce, pokazuje, że główną przyczyną zgonów są choroby sercowo-naczyniowe oraz nowotwory. Każdego dnia w Polsce wykrywa się średnio 10 wrodzonych wad serca, z czego 90% z nich nie ma podłoża genetycznego [5]. Jest to poważny problem w kardiologii dziecięcej, dlatego potrzebna jest wielospecjalistyczna opieka medyczna [6]. Od lat 80-tych XX wieku przeżywalność dzieci z CHD znacznie się poprawiła. Obecnie uważa się, że ponad 97% dzieci z CHD osiągnie dorosłość, co podkreśla dodatkową potrzebę umiejętnego zarządzania zdrowiem przez całe życie [7]. Postęp kardiologii dziecięcej w ostatnich 70 latach spowodował wzrost przeżywalności pacjentów z CHD. Szacuje się, że ponad 90% dzieci urodzonych na początku lat 90. osiągnęło już dorosłość [8]. Długość życia u dzieci i młodzieży z CHD stale się wydłuża, spadł wiek operowanych i wzrosła liczba zabiegów korekcji wad [9,10]. Wzrasta także rola aktywności fizycznej i poprawy wydolności dzieci i młodzieży z CHD.

Ubytek przegrody międzyprzedsionkowej (ang. atrial septal defect, ASD) oraz ubytek przegrody międzykomorowej (ang. ventricular septal defect, VSD) to najczęstsze proste wrodzone wady serca. Pomimo postępu w dziedzinie medycyny, pacjenci, nawet ci, którzy przeszli operacje w okresie dzieciństwa, mogą doświadczać różnorodnych konsekwencji zdrowotnych, zarówno w kontekście fizycznym, jak i psychologicznym. Coraz więcej dowodów wskazuje na związek między brakiem aktywności fizycznej a zdrowiem psychicznym [11]. Pomimo, że dzieci po zabiegach związanych z CHD mogą osiągnąć wiek dorosły i prowadzić normalny tryb życia [12], część z nich może wymagać poprawy wydolności, stanu psychicznego oraz jakości życia. Zmniejszona wydolność wysiłkowa może nieść ze sobą zwiększone ryzyko rozwoju chorób cywilizacyjnych i przewlekłych tj.: cukrzyca typu 2, otyłość, nowotwory, stany lękowe, a nawet ryzyko depresji. Parametry związane z wydolnością, np. VO₂max (maksymalny pobór tlenu) świadczące o gorszej dyspozycji układu sercowo-naczyniowego, mogą w późniejszym wieku przełożyć się na niższe osiągnięcia edukacyjne oraz ogólnie niższy dobrostan psychofizyczny [13]. Wysiłek fizyczny jest najistotniejszym elementem zdrowia

w profilaktyce tych chorób. Osoby z CHD są także bardziej narażone na ryzyko nabytych chorób sercowo-naczyniowych, nadciśnienia tętniczego, zawału serca i udaru. Wynika to z obecności przynajmniej jednego dodatkowego czynnika sercowo-naczyniowego [14].

Obniżone parametry związane z wydolnością fizyczną, takie jak niższy maksymalny pobór tlenu (VO_{2max}), odzwierciedlające stan układu sercowo-naczyniowego, mogą mieć długotrwałe konsekwencje w późniejszym życiu, wpływając na ogólny dobrostan psychofizyczny oraz wyniki w nauce. Badania sugerują, że regularna aktywność fizyczna pełni kluczową rolę w prewencji wspomnianych chorób, a jednocześnie może wpływać na poprawę jakości życia pacjentów po operacjach wrodzonych wad serca.

Osoby z CHD, ze względu na specyfikę ich historii medycznej, są również bardziej narażone na ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych, nadciśnienia tętniczego, zawału serca i udaru. Warto zauważyć, że obecność przynajmniej jednego dodatkowego czynnika sercowo-naczyniowego może zwiększać to ryzyko. Dlatego też, oprócz dbałości o sprawność fizyczną, istotne jest promowanie dobrego zdrowia sercowo-naczyniowego i wdrażanie działań prewencyjnych, które obejmują zdrowy tryb życia, odpowiednią dietę i regularną aktywność fizyczną.

Niewydolność serca jest stanem patofizjologicznym, w którym serce nie jest w stanie pompować wystarczającej ilości krwi, aby zaspokoić metaboliczne potrzeby tkanek organizmu. Stan ten może wynikać z uszkodzenia mięśnia sercowego, nieprawidłowości zastawek serca lub chorób naczyń wieńcowych. Objawia się dusznością, obrzękami, zmniejszoną tolerancją wysiłku oraz uczuciem zmęczenia. Przewlekła niewydolność serca może rzutować także na inne układy organizmu człowieka w tym też na jego rozwój jeśli dotyczy dzieci. Celem coraz wcześniejszych zabiegów kardiochirurgicznych korygujących CHD jest zniwelowanie niewydolności tak, aby jak najbardziej zbliżyć sprawność serca do poziomu zdrowego organu [15,16].

Diagnostyka niewydolności serca według wytycznych Amerykańskiego Stowarzyszenia Kardiologicznego z siedzibą w Nowym Jorku (ang. New York Heart Association, NYHA) obejmuje ocenę zarówno objawów klinicznych, jak i wyników badań diagnostycznych. NYHA klasyfikuje niewydolność serca na podstawie stopnia nasilenia objawów i ograniczeń w codziennej aktywności fizycznej pacjentów. [17,18]

Klasyfikacja NYHA wyróżnia 4 klasy niewydolności serca:

Klasa I: Pacjenci z chorobą serca, którzy nie doświadczają ograniczeń w normalnej aktywności fizycznej. Zwykła aktywność nie powoduje zmęczenia, duszności ani kołatania serca.

Klasa II: Pacjenci z niewielkimi ograniczeniami aktywności fizycznej są komfortowi w spoczynku, ale zwykła aktywność fizyczna prowadzi do zmęczenia, duszności lub kołatania serca.

Klasa III: Pacjenci ze znacznym ograniczeniem aktywności fizycznej są komfortowi w spoczynku, ale zwykła aktywność powoduje objawy.

Klasa IV: Pacjenci, którzy nie są w stanie wykonać żadnej aktywności fizycznej bez dyskomfortu. Objawy niewydolności serca są obecne nawet w spoczynku, a każda aktywność fizyczna nasila objawy.

Diagnostyka niewydolności serca składa się z kilku etapów:

1. Wywiad i badanie fizykalne

Ocena objawów: duszność, obrzęki, zmniejszona tolerancja wysiłku, zmęczenie.

Badanie przedmiotowe: poszukiwanie oznak zastoinowej niewydolności serca, takich jak obrzęki obwodowe, powiększenie wątroby, szmer sercowy.

2. Badania laboratoryjne

Morfologia krwi, elektrolity, badania wskazujące pracę nerek i wątroby, peptydy natriuretyczne (BNP lub NT-proBNP): podwyższone poziomy mogą wskazywać na niewydolność serca.

3. Badania obrazowe

Echokardiografia: kluczowe narzędzie w ocenie struktury i funkcji serca, w tym frakcji wyrzutowej lewej komory (LVEF).

RTG klatki piersiowej: pomocne w ocenie powiększenia serca i obecności płynu w płucach.

4. Badania elektrokardiograficzne

EKG spoczynkowe: ocena rytmu serca, obecności przerostu komór oraz oznak niedokrwienia lub przebytego zawału serca.

Holter EKG: długoterminowe monitorowanie pracy serca w celu wykrycia zaburzeń rytmu serca.

5. Testy wysiłkowe

Klasyczny test wysiłkowy na bieżni lub rowerze stacjonarnym: ocena wydolności fizycznej oraz odpowiedzi serca na wysiłek fizyczny z wykorzystaniem aparatu EKG.

Test wysiłkowy sercowo-płucny (ang. cardiopulmonary exercise test, CPET): zaawansowana ocena funkcji serca i płuc podczas wysiłku z wykorzystaniem zaawansowanej aparatury do testów wysiłkowych (EKG wysiłkowe + analizator gazów oddechowych).

6. Inwazyjne badania hemodynamiczne (opcjonalnie w uzasadnionych przypadkach)

Cewnikowanie serca: pomiar ciśnień w jamach serca oraz ocena przepływu krwi i rezerw wieńcowych.

Wszystkie te badania i procedury diagnostyczne pomagają w dokładnej ocenie stanu pacjenta, ustaleniu stopnia zaawansowania niewydolności serca oraz zaplanowaniu odpowiedniego leczenia, w tym też i także odpowiedniej, zindywidualizowanej rehabilitacji.

Aktywność fizyczna i związana z nią wydolność fizyczna ma też ścisły związek ze stanem psychicznym dzieci i młodzieży z CHD. Bardzo ważne znaczenie przypisuje się tzw. jakości życia (ang. quality of life, QoL) związanej ze zdrowiem we wszystkich grupach wiekowych osób z CHD [11]. W medycynie i kardiologii w kręgu zainteresowania jest nie tylko przedłużenie życia pacjentów (oceny na podstawie średniej długości życia po zabiegu). Tak było jeszcze do 1980 roku. Jednak obecne wyniki leczenia dzieci z powodu CHD określa się także w kontekście poprawy jakości życia [19].

Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci - V Edycja (WISC-V) to kompleksowe narzędzie psychometryczne, które znajduje zastosowanie w ocenie różnorodnych aspektów intelektualnych dzieci w wieku od 6 do 16 lat. Jego głównym celem jest dostarczenie kompleksowej diagnozy zdolności poznawczych, umiejętności poznawczych oraz ogólnej inteligencji u badanych dzieci.

W trakcie przeprowadzania testu, psycholog stosuje elastyczną konstrukcję WISC-V, co pozwala na indywidualne dostosowanie zestawu testów do charakterystyki intelektualnej

każdego badanego dziecka. Przed samym testem przeprowadzany jest szczegółowy wywiad z rodzicami, mający na celu uzyskanie informacji na temat codziennego funkcjonowania dziecka, jego mocnych i słabych stron oraz ewentualnych trudności czy wyzwań w nauce i życiu społecznym.

Testy, takie jak "Podobieństwa", oceniają zdolności abstrakcyjnego myślenia, porównywania, uogólniania i abstrahowania. "Powtarzanie cyfr" koncentruje się na pamięci bezpośredniej i koncentracji uwagi, "Kodowanie" na zdolności uczenia się wzrokowo-ruchowego i tempie pracy, a "Labirynty" na umiejętności planowania. Poprzez te różnorodne testy, WISC-V pozwala na pełniejsze zrozumienie specyfiki intelektualnej każdego dziecka.

Dodatkowo, test ten spełnia standardy i zalecenia Amerykańskiego Towarzystwa Psychiatrycznego (ang. American Psychiatric Association, APA) oraz Amerykańskiego Towarzystwa Psychologicznego (ang. American Psychological Association, APA), co zapewnia jego wiarygodność i użyteczność w kontekście psychodiagnozy. W ten sposób, Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci staje się istotnym narzędziem, wspierającym profesjonalne podejście do oceny intelektualnej dzieci i dostarczającym wartościowych informacji dla procesu edukacyjnego oraz interwencji psychologicznej, jeżeli zajdzie taka potrzeba.

Z uwagi na ograniczoną zdolność do wykonywania aktywności fizycznej oraz niewystarczające zalecenia skierowane do rodziców, dzieci z wrodzonymi wadami serca przejawiają niższą aktywność fizyczną w porównaniu z rówieśnikami. W celu prawidłowego osobniczego rozwoju dzieci, istnieje potrzeba przeprowadzenia badań, które mogą stanowić podstawę do formułowania nowoczesnych, spersonalizowanych zaleceń medycznych dla dzieci z wrodzonymi wadami serca. Zatem niezbędne są badania, obejmujące większe próby pacjentów lub wykorzystujące dokładniejszy, bardziej obiektywny sposób pomiaru jakości pracy serca.

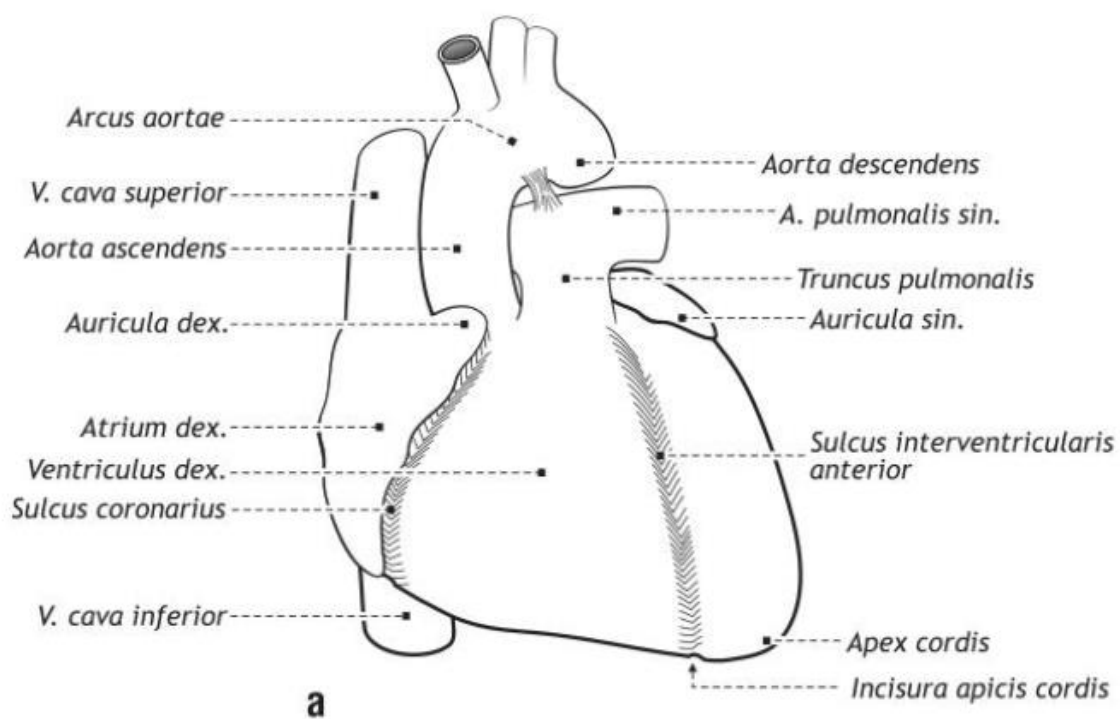
Przeświadczenie o potrzebie przeprowadzenia obiektywnej, czynnościowej oceny wydolnościowej i psychologicznej dzieci w odległym okresie po kardiochirurgicznej korekcji wrodzonych wad serca stało się impulsem do podjęcia badań przedstawionych w niniejszej pracy doktorskiej.

1. Aktualny stan wiedzy i analiza piśmiennictwa na temat wad serca VSD i ASD

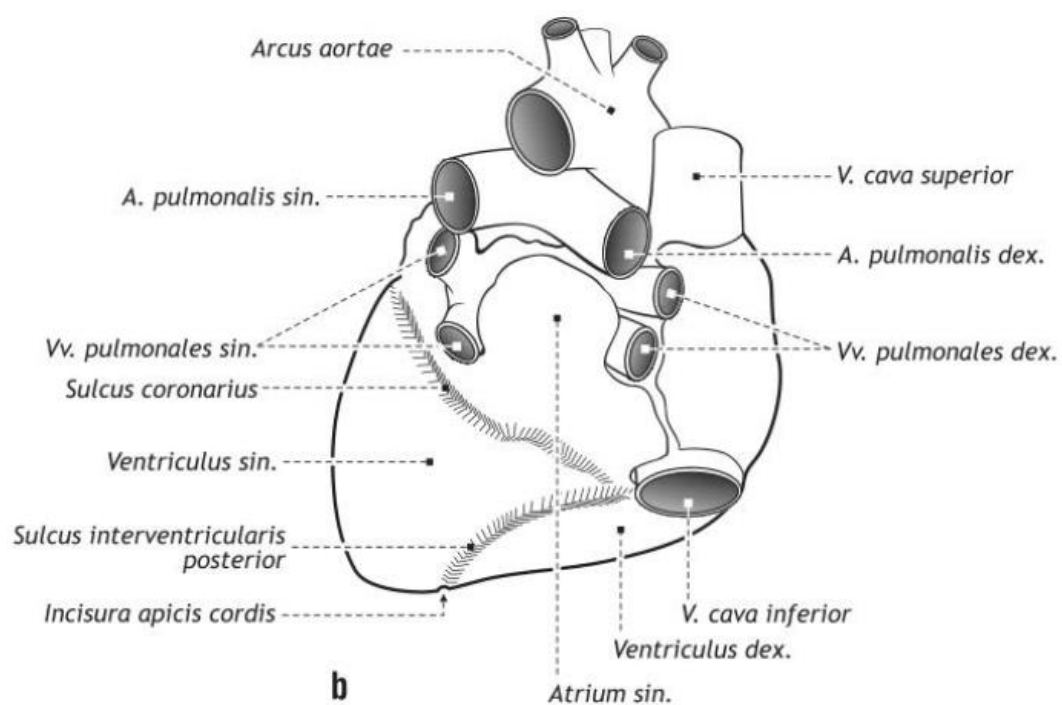
1.1 Serce zdrowe – anatomia i fizjologia

Serce, będące mięśniem o specyficznej strukturze, stanowi centralny narząd w układzie naczyniowym, pełniąc funkcję pompy ssąco-tłoczącej dla krwi. Anatomicznie umiejscowione w środkowej części klatki piersiowej z lekkim przesunięciem w lewo, topograficznie leży w śródpiersiu, ponad przeponą, między 5 a 9 kręgiem kręgosłupa piersiowego. W okresie dzieciństwa serce przybiera bardziej kulisty kształt, ewoluując w latach do formy spłaszczonego stożka. W strukturze serca wyróżniamy istotne elementy, takie jak podstawa, koniuszek (wierzchołek), powierzchnia przednia (mostkowo-żebrowa), powierzchnia tylna-dolna (przeponowa) oraz powierzchnie płucne prawą i lewą.

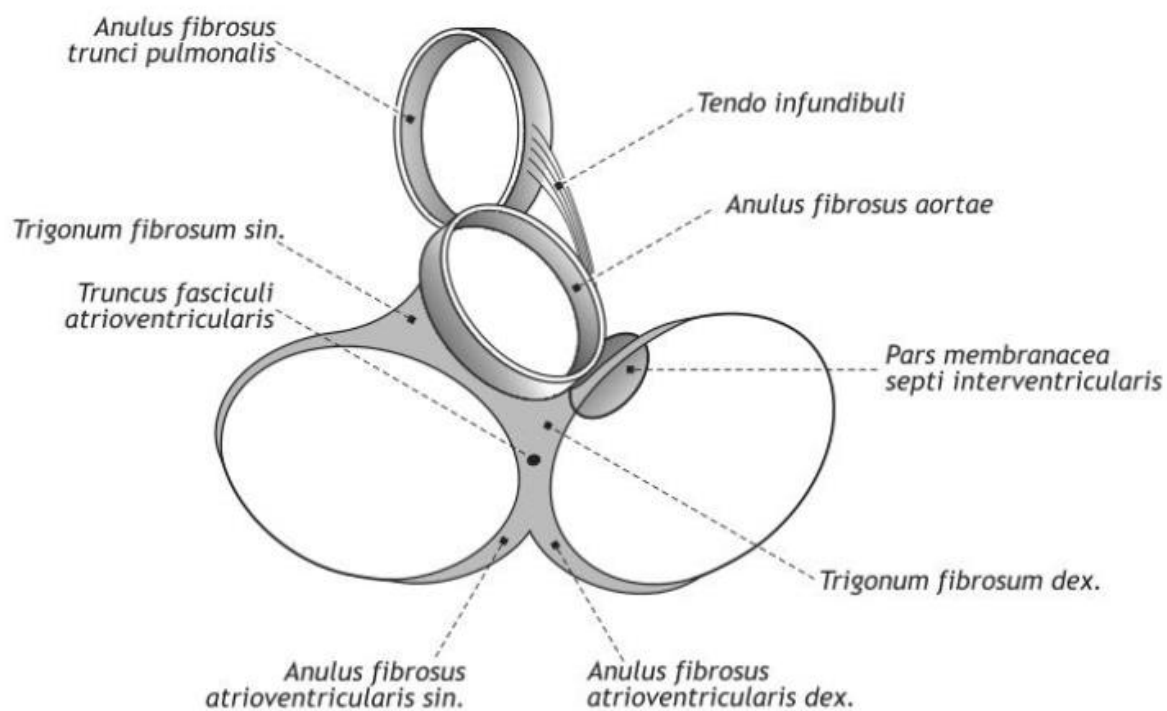
Serce jest bogato unerwione sensorycznie przez aferentne włókna nerwów sercowych, osiągające korzenie tylnych nerwów wychodzących z poziomu Th1-Th4 kręgosłupa, a także pośrednio przez osierdzie, unerwione czuciowo przez nerw przeponowy wychodzący z poziomu C3-C5 kręgosłupa. Unerwienie ruchowe podlega kontroli włókien współczulnych zakończonych w splotach sercowych. Sygnał pobudzający pracę serca przekazywany jest do niego przez włókna nerwów sercowych szyjnych i piersiowych, wychodzące z segmentów Th1-Th4 kręgosłupa. Natomiast sygnał hamujący pracę serca jest przesyłany za pośrednictwem włókien przywspółczulnych nerwu błędnego (X nerw czaszkowy).



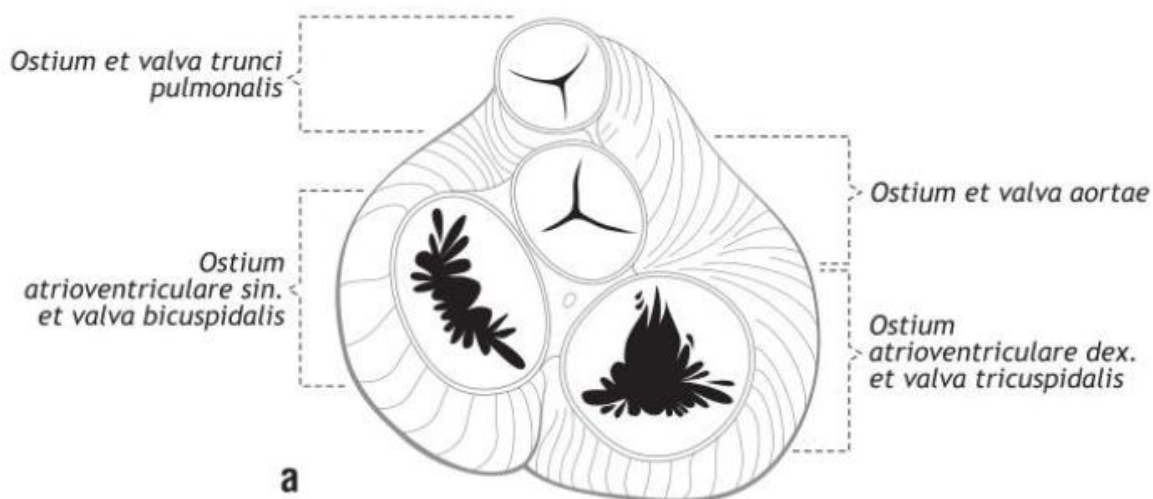
Rysunek 1: Serce, widok od przodu.



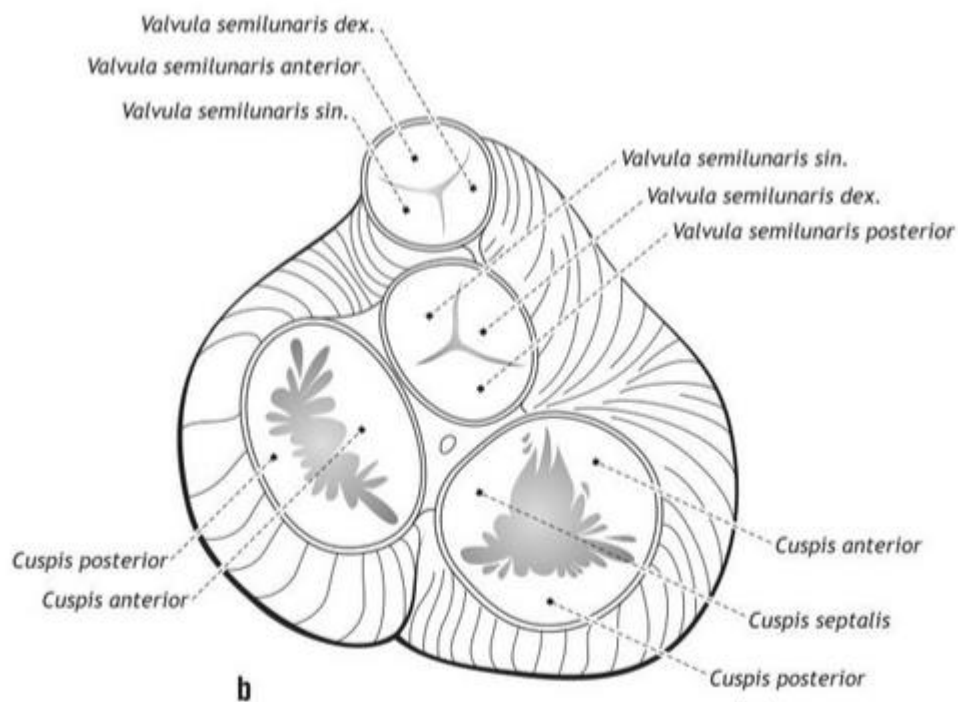
Rysunek 2: Serce, widok od tyłu.



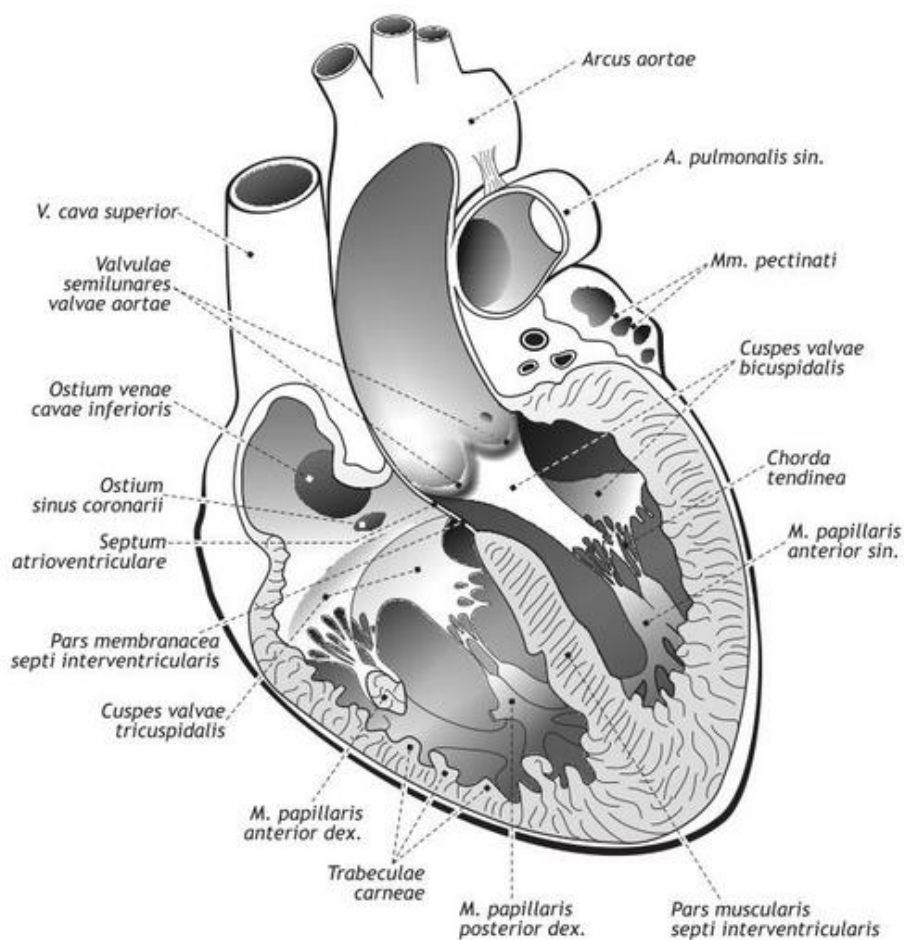
Rysunek 3: Szkielet serca, widok od góry.



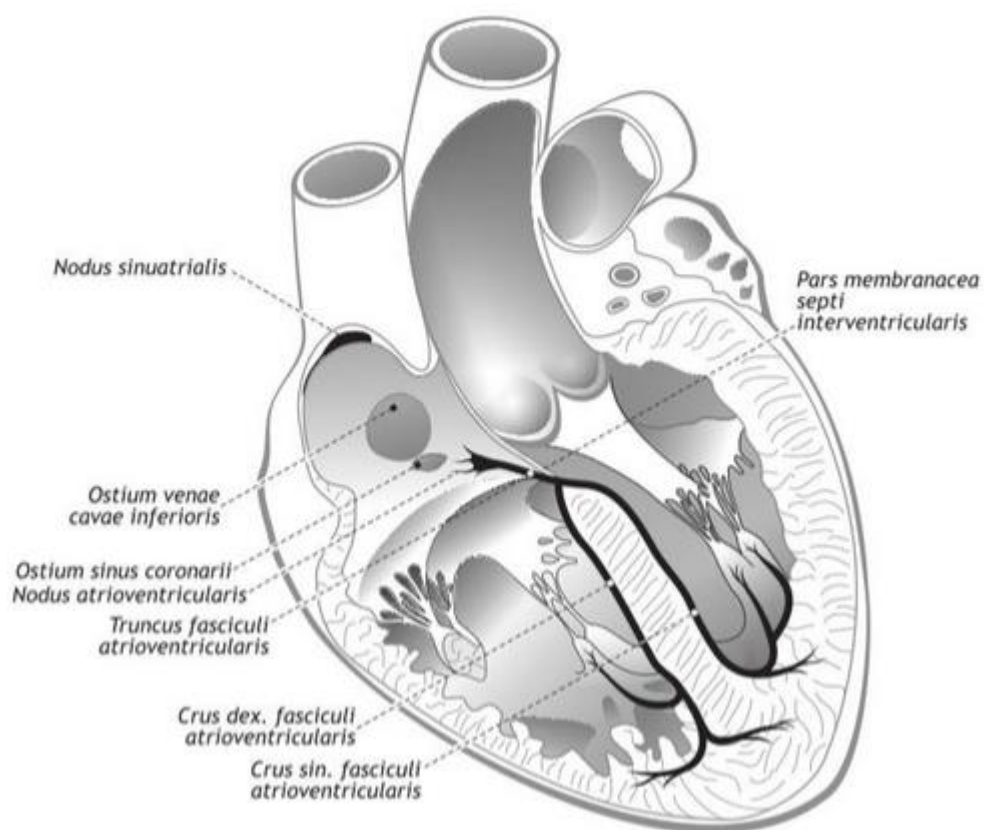
Rysunek 4: Podstawa komór, ujście tętnicze i żyłne serca, widok od góry.



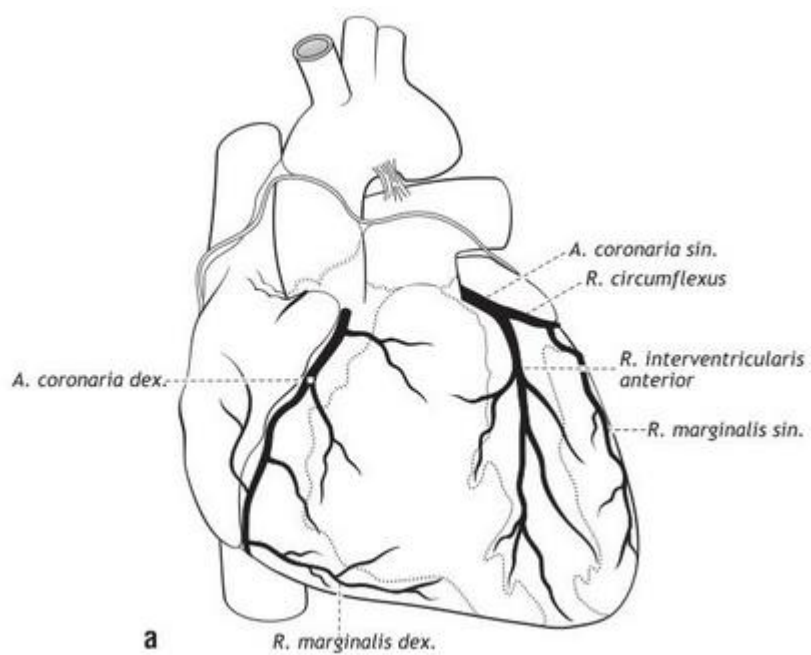
Rysunek 5: Podstawa komór, płatki zastawek, widok od góry.



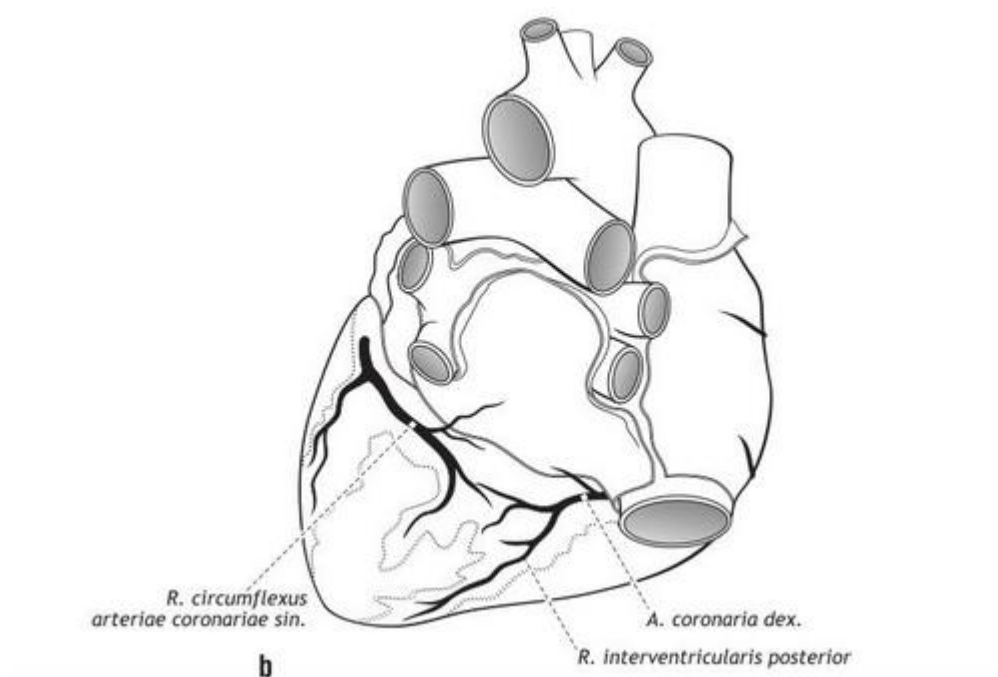
Rysunek 6: Serce, przekrój czołowy, widok od góry.



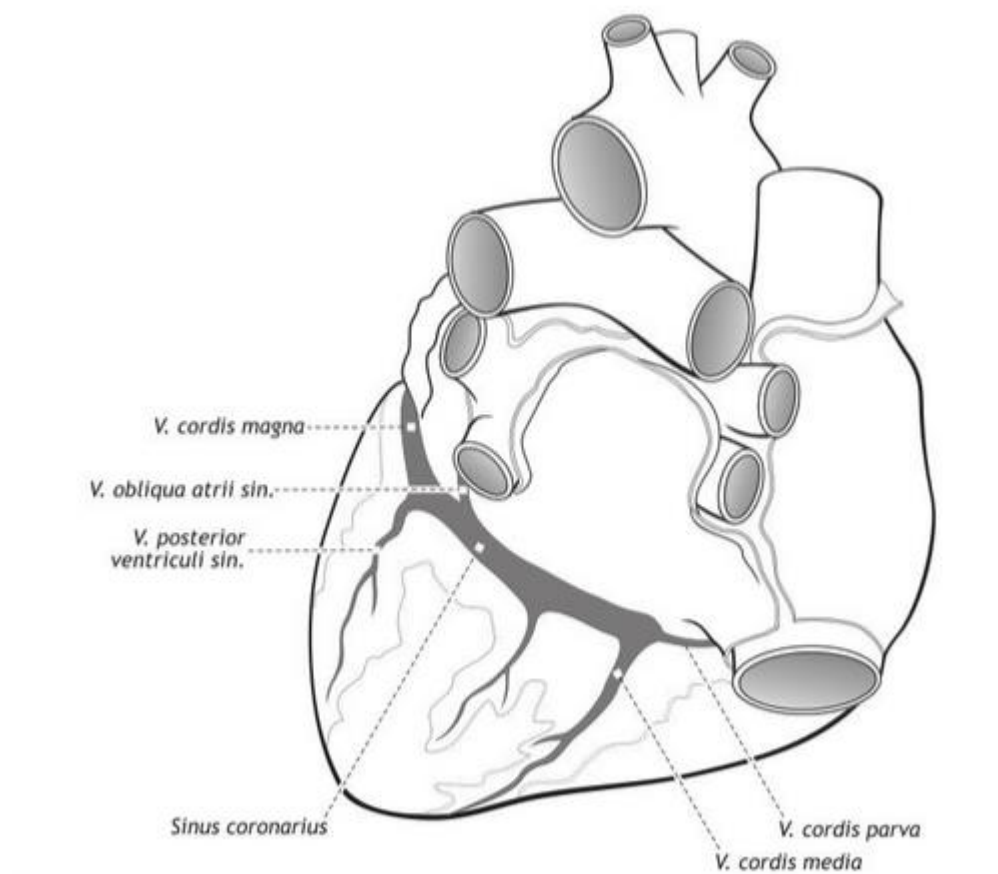
Rysunek 6: Układ przewodzący serca.



Rysunek 7: Tętnice wieńcowe, widok od góry.



Rysunek 8: Tętnice wieńcowe, widok od tyłu.



Rysunek 9: Żyły serca, widok od tyłu.

Serce ludzkie, będące kluczowym narządem, składa się z dwóch przedsionków i dwóch komór. Przedsionek prawy pełni rolę zbiornika dla krwi żyłnej, która powraca z tkanek ciała, natomiast przedsionek lewy gromadzi krew bogatą w tlen, napływającą z płuc poprzez cztery żyły płucne. Między przedsionkami oraz komorami serca istnieją mięśniowe przegrody: międzyprzedsionkowa i międzykomorowa. Kształtowanie się serca u człowieka rozpoczyna się w czwartym tygodniu życia płodowego, przy czym przed tym etapem formuje się jama osierdziowa. Workowate osierdzie, składające się z osierdzia surowiczego i osierdzia włóknistego, wypełnione niewielką ilością płynu, utrzymuje serce w właściwej pozycji, chroniąc je jednocześnie przed przesunięciem i pełniąc funkcję ochronną wobec otaczających narządów.

Podział serca na cztery części następuje w piątym tygodniu rozwoju embrionalnego, a szczelne przegrody uniemożliwiają mieszanie się krwi utlenowanej z odtlenowaną. Kluczowym elementem regulującym przepływ krwi są zastawki, takie jak trójdzielna, płucna, mitralna i aortalna. Zastawka trójdzielna, umiejscowiona między prawym przedsionkiem a prawą komorą, posiada trzy płatki, podobnie jak zastawka płucna, znajdująca się między prawą komorą a pniem płucnym. Zastawka mitralna, z dwoma płatkami, oddziela lewy przedsionek od lewej komory, natomiast zastawka aorty znajduje się między lewą komorą a aortą. Funkcją tych struktur jest precyzyjna regulacja przepływu krwi przez odpowiednie otwieranie i zamykanie jam serca. Przedsionki i komory serca działają naprzemiennie, kurcząc się i rozkurczając w rytmie skoordynowanym. W trakcie jednej minuty serce jest w stanie przepompować od 3 do 30 litrów krwi. Naczynia krwionośne przechodzące przez podstawę serca tworzą strukturę znaną jako „korona”, składającą się z aorty, pnia płucnego, żył płucnych, żyły głównej górnej oraz żyły głównej dolnej.

Układ sercowo-naczyniowy podzielony jest na dwie główne części: krwiobieg mały, odpowiedzialny za doprowadzanie i odprowadzanie krwi do i z płuc, oraz krwiobieg duży, który obsługuje krwiobieg z całego ciała z wyjątkiem płuc. Krwiobieg mały, znany również jako krążenie płucne, inicjowany jest w prawej komorze serca i zakończony w lewym przedsionku, obejmując wszystkie naczynia krwionośne na swojej drodze, włączając w to pęcherzyki płucne.

Głównym celem krwiobiegu małego jest kontrolowanie oraz umożliwianie przepływu krwi przez płuca, szczególnie przez pęcherzyki płucne. Proces ten umożliwia żyłnej krwi z krwiobiegu dużego oddanie zbędnego dwutlenku węgla oraz pobranie niezbędnego tlenu przez erytrocyty. W ten sposób krążenie płucne odgrywa kluczową rolę w wymianie gazowej,

umożliwiając utrzymanie optymalnego poziomu tlenu i usuwanie produktów przemiany materii, takich jak dwutlenek węgla.

Obieg duży, znany również jako krążenie ogólnoustrojowe, rozpoczyna się w lewej komorze serca i zakończony jest w prawym przedsionku, obejmując wszystkie naczynia krwionośne przebiegające w organizmie, prowadzące do i z różnych tkanek oraz narządów, w tym również do mięśni.

Z serca wychodzą dwie główne tętnice: pień płucny, który rozpoczyna się w prawej komorze, oraz aorta, wychodząca z lewej komory. Pień płucny jest tętnicą, która doprowadza krew odtlenowaną do płuc w krążeniu małym, natomiast aorta odprowadza utlenowaną krew z lewej komory do krążenia ogólnoustrojowego. Obydwie te tętnice charakteryzują się dużym przekrojem poprzecznym oraz wytrzymałymi ścianami, które skutecznie opierają się siłom ciśnienia krwi.

Dodatkowo, do serca napływają cztery żyły płucne, wpadające do lewego przedsionka, oraz dwie żyły główne, wpływające do prawego przedsionka. Żyły płucne, w przeciwieństwie do tętnic, nie posiadają zastawek i transportują krew utlenowaną. Żyły główne natomiast są dużymi naczyniami, zbierającymi całą odtlenowaną krew z krążenia ogólnoustrojowego.

Osierdzie człowieka przybiera formę worka, w którym umiejscowione jest serce. Jego struktura mechanicznie stabilizuje pozycję serca, utrzymując równowagę ciśnień i objętości w komorach serca. Worek osierdziowy pełni istotną rolę jako bariera ochronna, zabezpieczając serce przed potencjalnym rozprzestrzenianiem się infekcji w śródpiersiu. Ponadto, redukuje tarcie pomiędzy pracującym mięśniem sercowym a otoczeniem, dzięki obecności płynu surowiczego.

Osierdzie składa się z dwóch warstw: zewnętrznej włóknistej i wewnętrznej surowiczej. Warstwa włóknista rozchodzi się częściowo na największe naczynia wychodzące z serca. Natomiast osierdzie surowicze obejmuje część ścienną, wypełniającą osierdzie włókniste od wewnątrz, oraz część trzewną, przechodzącą w zewnętrzną powierzchnię serca. Przestrzeń między blaszkami osierdzia surowiczego, nazywana jamą osierdzia, jest wypełniona płynem osierdziowym. Ten płyn pełni funkcję nawilżającą blaszki osierdzia, skutecznie redukując tarcie w trakcie pracy serca. Dodatkowo, komórki śródbłonna wydzielają prostaglandyny, które wpływają na autonomiczne odruchy serca oraz kurczliwość mięśnia sercowego, odgrywając istotną rolę w regulacji funkcji serca.

Mięsień sercowy, podobnie jak każdy inny mięsień, wymaga dostępu do krwi zaopatrzonej w substancje odżywcze oraz tlen, co umożliwia jego prawidłową funkcję i regenerację. Ten proces odżywiania komórek serca jest osiąganym dzięki wyjątkowej sieci

naczyń krwionośnych, znanej jako krążenie wieńcowe. Tętnice wieńcowe, wychodzące od opuszki aorty, dzielą się na tętnicę wieńcową lewą i prawą, penetrując głąb struktury serca. Te naczynia krwionośne umożliwiają dopływ krwi do mięśnia sercowego, dostarczając niezbędne składniki odżywcze i tlen niezbędne do utrzymania jego funkcji. Żyły wieńcowe serca zbierają krew z komórek mięśnia sercowego i przekazują ją do zatoki wieńcowej, która następnie wpada do prawego przedsionka serca. To skomplikowane krążenie wieńcowe jest kluczowe dla utrzymania zdolności serca do efektywnej pracy i zapewnienia mu niezbędnych zasobów energetycznych.

Funkcje układu krążenia obejmują kluczowe zadania, takie jak transport tlenu, dwutlenku węgla, substancji odżywczych, produktów przemiany materii, regulacja temperatury, transport przeciwciał układu odpornościowego i hormonów. Automatyzm pracy mięśnia sercowego jest zapewniany przez wyspecjalizowane grupy komórek zdolnych do generowania i przewodzenia impulsów elektrycznych. Te komórki układu bodźcowo-przewodzącego są regulowane przez autonomiczny układ nerwowy i grupują się w określone obszary, takie jak węzeł zatokowo-predsionkowy, węzeł przedsionkowo-komorowy, pęczek Hisa i włókna Purkiniego.

Pobudzenie układu współczulnego, za pośrednictwem amin, takich jak adrenalina i noradrenalina, przyspiesza akcję serca poprzez działanie na receptory beta-adrenergiczne. Z kolei aktywacja układu przywspółczulnego przez uwalnianie acetylocholiny zwalnia pracę serca, hamując węzeł zatokowo-predsionkowy. Komórki nerwowe z układu autonomicznego obecne w sercu nie uczestniczą bezpośrednio w generowaniu pobudzenia w mięśniu sercowym; ich rola polega na uwalnianiu neuroprzekaźników, które przyspieszają lub zwalniają skurcze serca.

Źródłem elektrycznych pobudzeń w mięśniu sercowym są wyspecjalizowane komórki rozrusznikowe, które odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu rytmu serca. To złożone współdziałanie różnych elementów regulacyjnych umożliwia precyzyjną kontrolę pracy serca, dostosowaną do zmieniających się potrzeb organizmu.

Droga impulsu nerwowego w układzie przewodzącym serca:

Impulsy elektryczne w sercu mają swoje źródło w komórkach rozrusznikowych, zwłaszcza w węźle zatokowo-predsionkowym (SA), gdzie powstają i szerzą się trzema głównymi drogami: przednią, środkową i tylną. Następnie impulsy te przekazywane są do węzła przedsionkowo-komorowego (AV), gdzie są opóźniane, a następnie docierają do pęczka Hisa. Odnogi pęczka przedsionkowo-komorowego (przednia i tylna) kończą się w włóknach Purkiniego, które pobudzają ściany komór serca.

Prawidłowy rytm serca wynosi od 60 do 100 uderzeń na minutę, a węzeł zatokowo-przedsionkowy pełni rolę ośrodka pierwszorzędowego, narzucając swój rytm wszystkim pozostałym komórkom. W przypadku uszkodzenia węzła SA, funkcję rozrusznika przejmuje węzeł przedsionkowo-komorowy.

Kardiomiocyty, czyli komórki mięśnia sercowego, charakteryzują się ujemnym potencjałem spoczynkowym. Potencjał czynnościowy komórki serca to minimalna wartość prądu (ilość jonów), która zmienia polaryzację błony komórkowej. Pobudzenie jednej komórki wywołuje przekazywanie ładunku elektrycznego na sąsiednie komórki. Docierający impuls do błony komórkowej powoduje depolaryzację, inicjując potencjał czynnościowy. Ten proces wywołuje sprzężenie elektromechaniczne, obejmujące wzrost stężenia jonów wapnia wewnątrz komórki, aktywację białek kurczliwych, skurcz kardiomiocytów, wypływ jonów wapnia z komórki i ostateczny rozkurcz komórki mięśniowej. To kompleksowe zjawisko jest kluczowe dla sprawnego funkcjonowania serca i skoordynowanego rytmu jego skurczów i rozkurczów.

1.2 Etiologia, epidemiologia oraz implikacje zdrowotne wrodzonych wad serca

Rozwój układu krwionośnego i serca zachodzi między 4. a 8. tygodniem życia płodowego, stanowiąc proces niezwykle złożony podatny na zaburzenia i wszelkiego rodzaju oddziaływania na naturalny cykl rozwoju serca. Pomimo badań i aktualizowaniu wiedzy geneza wielu zmian nadal pozostaje niejasna, jednak postęp technologii diagnostycznych umożliwia lekarzom wcześniejsze prenatalne diagnozowanie tych zmian, oraz wczesną analizę ich konsekwencji.

Badania naukowe z ostatniej dekady jednoznacznie wskazują na rolę najbardziej poznanych czynników ryzyka, takich jak choroby zakaźne matki w trakcie ciąży, używki, alkoholizm czy ekspozycja na promieniowanie X. Stwierdza się, że te czynniki znacząco przyczyniają się do rozwoju wad serca, stanowiąc istotne determinanty patologii sercowo-naczyniowych. Trudno podważyć tezę, że są to powszechnie znane czynniki ryzyka we współczesnej populacji. Osobną grupę stanowią obciążenia genetyczne, związane z rodzinnym występowaniem chorób sercowo-naczyniowych.

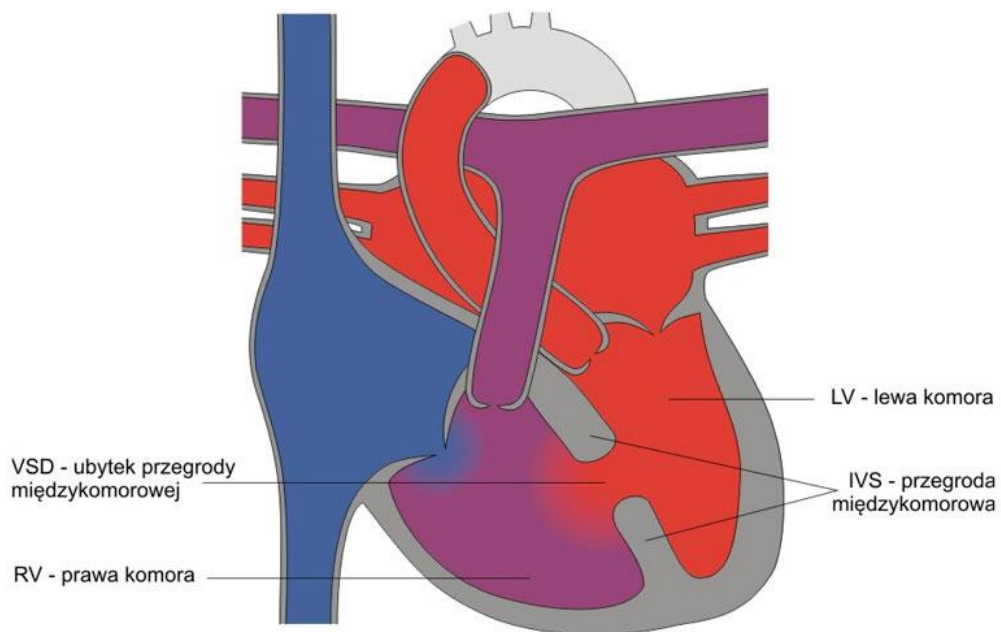
1.3 Ubytek przegrody międzykomorowej (VSD)

Jednym z przykładów najczęściej występujących wad serca jest ubytek przegrody międzykomorowej (ang. ventricular septal defect, VSD), który może występować w izolacji lub w połączeniu z innymi wadami serca, takimi jak zespół Fallota, przetrwały przewód tętniczy Botalla czy zarośnięcie zastawki trójdzielnej. Ubytek przegrody międzykomorowej stanowi istotne wyzwanie kliniczne, a jego złożoność i różnorodność manifestowanych objawów wymagają kompleksowej analizy oraz skoordynowanego podejścia w zakresie diagnostyki, strategii leczenia oraz odległej terapii. Współczesne technologie pozwalają na lepsze zrozumienie etiologii i patogenezы tego schorzenia, co otwiera perspektywy dla bardziej skutecznych strategii zarządzania pacjentami dotkniętymi VSD.

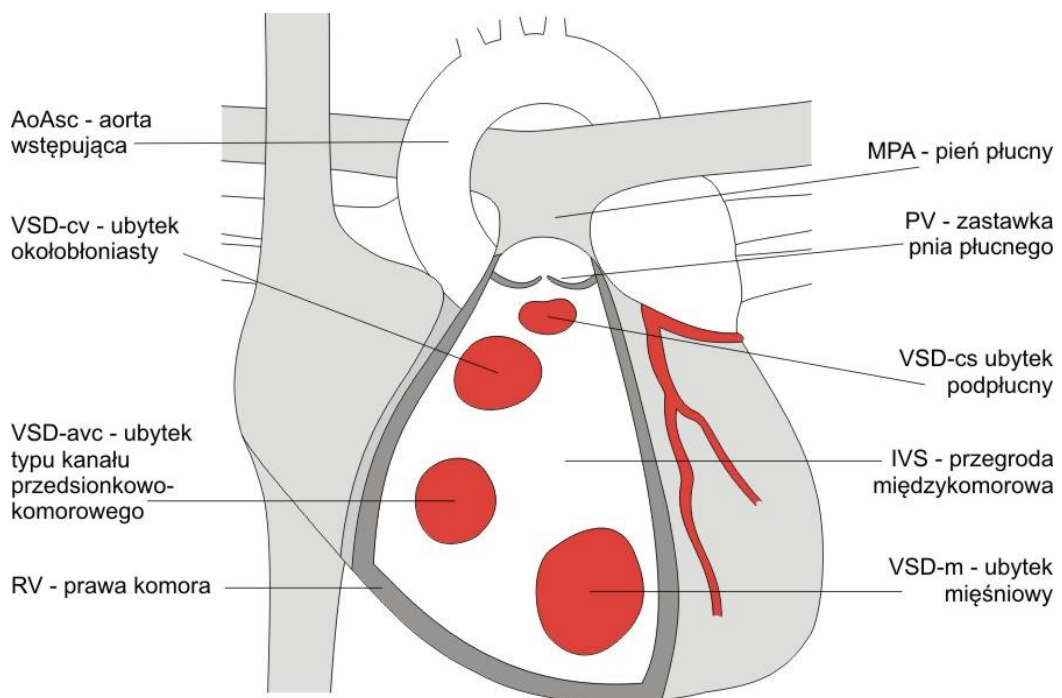
Etiologia występowania ubytków w przegrodzie międzykomorowej pozostaje obecnie nieznana. Statystyki częstości tego schorzenia prowadzone przez Narodowy Instytut Kardiologii im. prof. dr. med. Stefana Wyszyńskiego wskazują, że jest to najczęstsza wrodzona anomalia wśród noworodków żywych. W przypadku 50% pacjentów z tą wadą, obserwuje się, że jest to wada izolowana. Ubytki o małych rozmiarach zazwyczaj nie powodują istotnych zaburzeń w funkcji serca ani w parametrach hemodynamicznych krwi. Ubytki o wielkości poniżej 0,5 cm² z reguły zamykają się spontanicznie w pierwszym roku życia, aczkolwiek niemowlę wymaga stałego nadzoru i regularnej oceny kardiologicznej.

Wyróżniamy cztery typy tej wady:

1. Podaortalny ubytek – zlokalizowany w błoniastej części przegrody międzykomorowej.
2. Napływowy ubytek – zlokalizowany pod zastawkami przedsionkowo komorowymi.
3. Podpłucny ubytek – zlokalizowany pod zastawką tętnicy płucnej.
4. Mięśniowy ubytek – zlokalizowany w mięśniowej części przegrody międzykomorowej.



Rysunek 10: Schemat wady serca cz.1 – VSD.



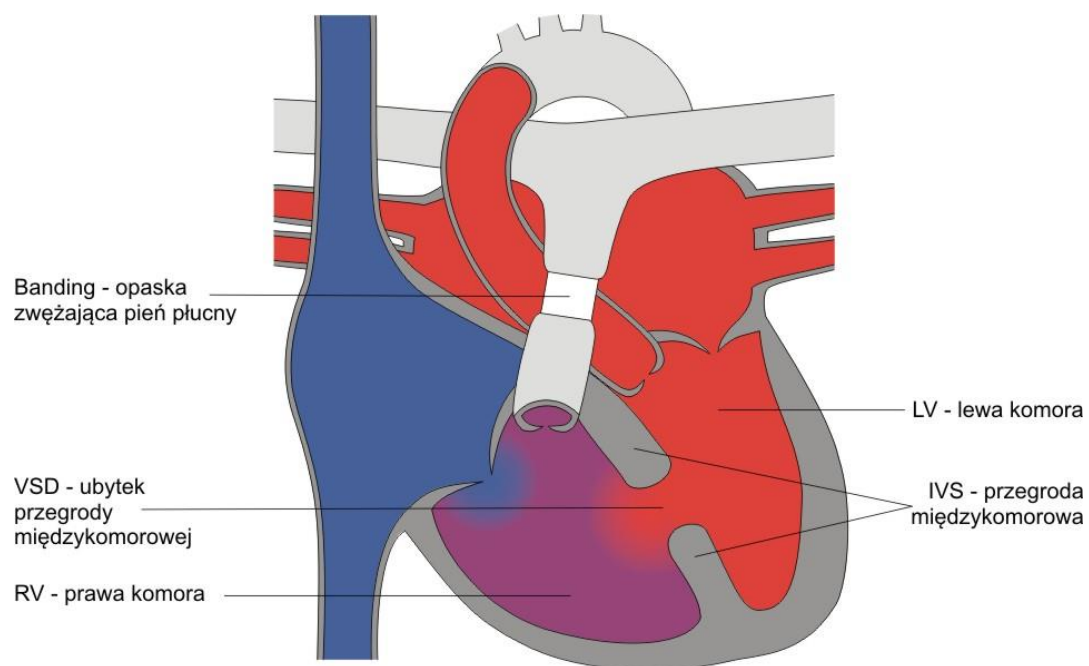
Rysunek 11: Schemat wady serca cz.2 – VSD.

Efektem ubytku przegrody międzykomorowej jest zaburzenie struktury anatomicznej serca, prowadzące do mieszania się krwi między komorami. Ten stan skutkuje zwiększeniem przepływu płucnego krwi, powiększeniem lewego przedsionka oraz nadmierną pracą lewej komory. Konsekwencje tych zjawisk obejmują niewydolność krążenia oraz nadciśnienie w małym obiegu płucnym. W przypadku zaawansowanej niewydolności serca u dzieci mogą wystąpić objawy uogólnione, powodujące opóźnienia w rozwoju dziecka.

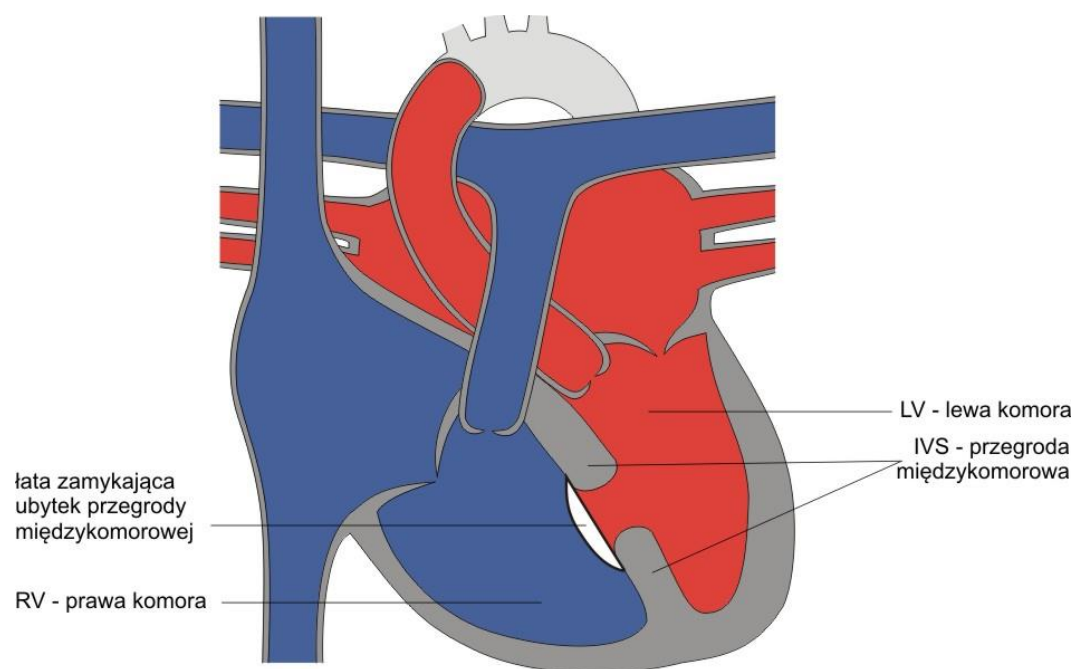
Objawy kliniczne obejmują głośny szmer skurczowy, przyśpieszony oddech oraz objawy niewydolności krążenia. W diagnostyce pierwszorzędową rolę odgrywa badanie ogólnolekarskie, które pozwala na wstępną identyfikację problemu. Precyzja rozpoznania wady wymaga kompleksowej diagnostyki. Pierwszym etapem leczenia jest zastosowanie terapii farmakologicznej. U niemowląt, u których odpowiedź na leki jest niewystarczająca, konieczne może być leczenie etapowe, które rozpoczyna zabieg chirurgiczny zwężający światło tętnicy płucnej (znany jako PA banding).

Operacja ubytku przegrody międzykomorowej wymaga użycia krążenia pozaustrojowego a także często ochłodzenia ciała pacjenta - hipotermii. W przypadku większości ubytków możliwe jest ich zamknięcie specjalną łąką lub zszywanie szwami pierwotnymi. W sytuacji mnogich ubytków, które nie mogą być zamknięte jednorazowo, stosuje się PA banding (zwężenie pnia tętnicy płucnej) w celu kontrolowania objawów niewydolności serca, lub leczenie hybrydowe.

W przypadku dużych zdefiniowanych ubytków, interwencja chirurgiczna staje się niezbędna i zaleca się przeprowadzenie jej przed ukończeniem 9 miesiąca życia. W przypadku ubytków średniej wielkości zabieg można przeprowadzić nieco później, lecz nie dalej niż przed ukończeniem 2 roku życia pacjenta.



Rysunek 12: Banding na pniu tętnicy płucnej.



Rysunek 13: Łata zamykająca ubytek międzykomorowy.

Ubytki średniej wielkości mieszczące się w przedziale od 0,5 do 1,0 cm², mogą powodować objawy wśród których najłatwiej rozpoznawalna jest duszność podczas wysiłku. Natomiast ubytki przekraczające 1,0 cm² znacząco wpływają na pracę serca. Przeciek międzykomorowy w tym przypadku prowadzi do reakcji łańcuchowej, takich jak nadciśnienie płucne i przeciążenie lewej komory, co z kolei prowadzi do niewydolności krążenia o charakterze zastoinowym. Objawy niewydolności krążenia są zróżnicowane i zależą od wielkości ubytku. Mogą obejmować trudności z karmieniem, opóźnienia w rozwoju, zaburzenia przyrostu masy ciała i wzrostu, duszność, nawracające infekcje dróg oddechowych oraz, u pacjentów z zespołem Eisenmengera towarzyszącym nadciśnieniem płucnym, objawy niewydolności serca.

Warto zauważyć, że postępowanie terapeutyczne związane z ubytkami w przegrodzie międzykomorowej zależy również od zakresu i nasilenia objawów klinicznych.

1.4 Ubytek przegrody międzyprzedsionkowej (ASD)

Ubytek przegrody międzyprzedsionkowej typ otworu wtórnego (ang. atrial septal defect type II, ASD II) reprezentuje jeden z czterech typów wad przegrody międzyprzedsionkowej (ASD). Występuje w sytuacji braku fragmentu przegrody pierwotnej, zlokalizowanego w obszarze dołu owalnego między przedsionkami serca. Ten typ wady charakteryzuje się defektem w strukturze przegrody międzyprzedsionkowej, co prowadzi do nieprawidłowego połączenia przedsionków, umożliwiając przeciek krwi między przedsionkami.

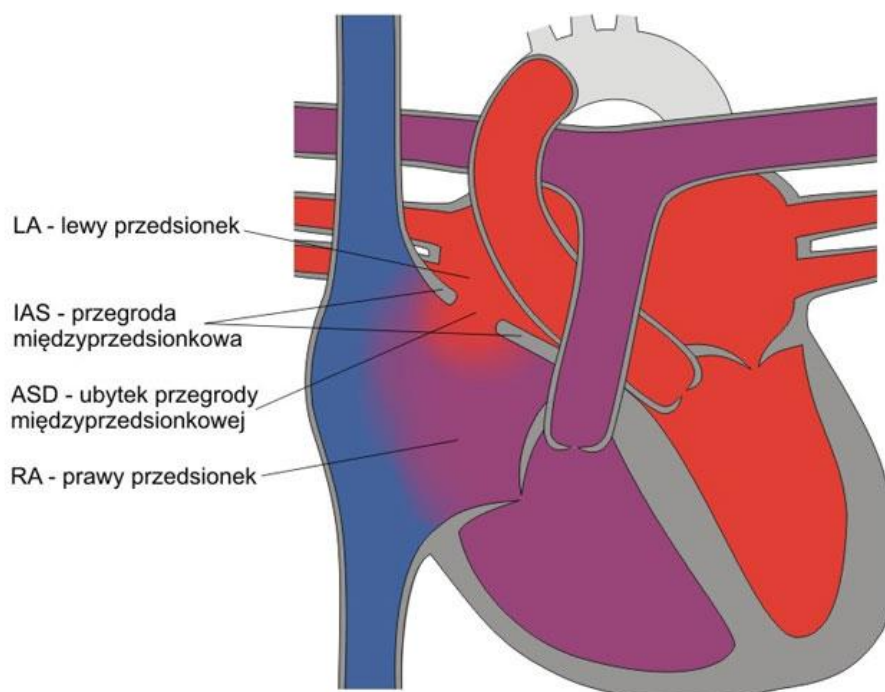
Ubytek przegrody międzyprzedsionkowej wpływa na hemodynamikę serca poprzez zwiększenie przepływu płucnego. Przeciek krwi przez ubytek w przegrodzie międzyprzedsionkowej skutkuje nieprawidłowym przepływem między lewym a prawym przedsionkiem, prowadząc do nadmiernego obciążenia krążenia płucnego. W rezultacie dochodzi do zwiększenia ilości krwi, która dociera do płuc, co może skutkować dodatkowym obciążeniem serca oraz konsekwencjami klinicznymi, takimi jak objawy niewydolności krążenia, czy inne powiązane problemy. W przypadku zaawansowanej postaci objawowego ASD II, zwłaszcza u starszych dzieci, mogą wystąpić objawy, takie jak duszność podczas wysiłku, zmniejszenie wydolności wysiłkowej, delikatna budowa ciała i błądliwość skóry. Niewykryta wada rozwija się z wiekiem, co u dorosłych może prowadzić do poważniejszych konsekwencji, takich jak niewydolność krążeniowo-oddechowa, migotanie przedsionków

i inne poważne problemy zdrowotne. Diagnostyka wady ASD II, podobnie jak w przypadku VSD, opiera się głównie na wynikach badania echokardiograficznego z dopplerowskim pomiarem przepływu krwi.

Większość przypadków anomalii rozwojowej serca, takiej jak ASD II, jest wynikiem uwarunkowań wieloczynnikowych. Często wada ta współistnieje z innymi wadami serca, jak na przykład ubytek przegrody międzykomorowej (VSD). Małe ubytki w ASD II mogą pozostawać bezobjawowe przez wiele lat, a ich wykrycie u niemowląt często opiera się na badaniach ultrasonograficznych, ponieważ nie manifestują się w jednoznacznie klinicznie sposób. Czasami mogą być również wykrywane za pomocą elektrokardiografii (EKG). Duże ubytki

w przegrodzie międzyprzedsionkowej powodują wyrównanie ciśnienia w przedsionkach serca, co prowadzi do mieszania się utlenowanej krwi z lewego przedsionka z odtlenowaną krwią z prawego przedsionka.

Działania terapeutyczne i strategie leczenia dla pacjentów z ASD II będą zależały od stopnia nasilenia objawów oraz specyfiki danego przypadku klinicznego, w tym morfologii ubytku międzyprzedsionkowego.



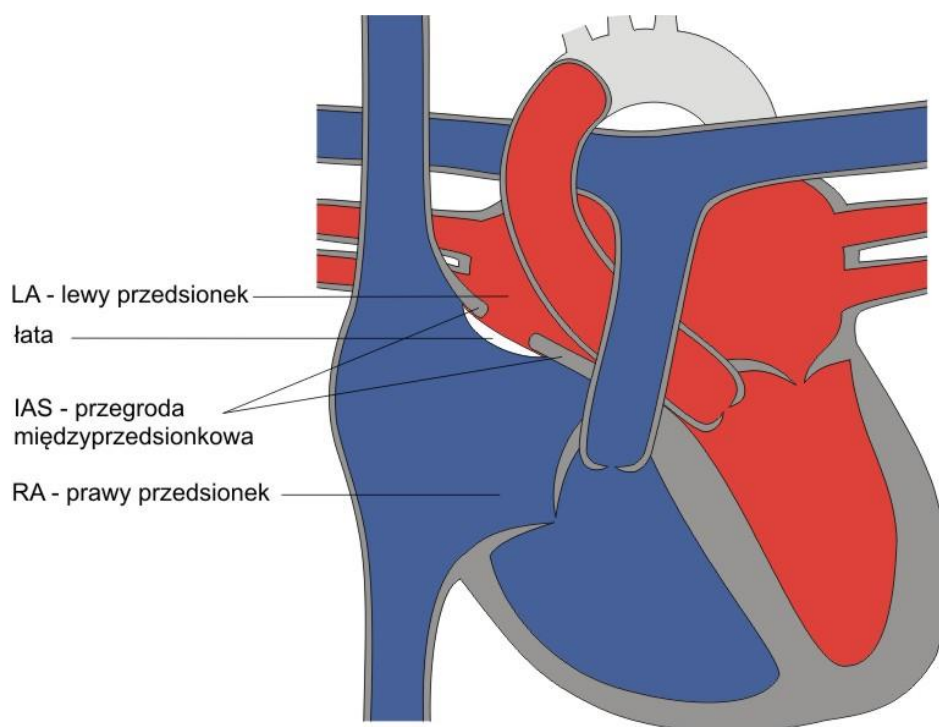
Rysunek 14: Schemat wady serca ASD II.

Nieleczona w dzieciństwie wada ASD II może postępować w czasie, prowadząc do poważniejszych konsekwencji w dorosłości, w tym zatorów płucnych oraz rozwoju nadmiernej objętości prawej komory i prawego przedsionka. W obserwacji klinicznej wada ta rzadko wywołuje widoczne objawy u dzieci w pierwszych latach życia.

Nadal skutecznym sposobem leczenia ASD II jest interwencja chirurgiczna, która wymaga wykorzystania krążenia pozaustrojowego i zazwyczaj polega na zszyciu ubytku. Operacja naprawcza ASD II, choć obarczona pewnym ryzykiem, zazwyczaj cechuje się niskim wskaźnikiem śmiertelności, co stanowi istotny aspekt w kontekście oceny skuteczności różnych metod leczenia wady serca w badaniach naukowych. W przypadku dużych lub licznych ubytków, chirurdzy często korzystają z łaty, która może być pobrana z własnego osierdzia dziecka lub, rzadziej, zastosowana może być łata sztuczna.

Nowoczesne technologie medyczne umożliwiają przeprowadzenie interwencji przezskórnej, przy użyciu specjalnych zapinek. W przypadku ASD II z odpowiednimi rąbkami przegrody, co umożliwia pewne „zaczepienie” implantu, popularną metodą jest zastosowanie zapinki Amplatza (Amplatzer Septal Occluder – ASO). Istnieją również inne dostępne na rynku rodzaje zapinek, takie jak Cardioseal, Starflex czy Helex.

Pełna ocena skuteczności wymaga szczegółowej oceny technik operacyjnych, potencjalnych komplikacji oraz oceny jakości życia pacjentów poddanych różnym sposobom leczenia tej wady serca.



Rysunek 15: Naprawa wady serca ASD II.

1.5 Niewydolność serca u dzieci

W świetle nowych badań rośnie świadomość związku między aktywnością fizyczną a zdrowiem psychicznym. Dzieci po zabiegach kardiochirurgicznych wrodzonych wad serca, mimo osiągnięcia dorosłości, mogą napotykać wyzwania związane z ogólną sprawnością fizyczną, stanem psychicznym oraz jakością życia. Ograniczona wydolność wysiłkowa może wpływać na podatność na rozwój chorób przewlekłych, takich jak cukrzyca typu 2, otyłość, nowotwory, stany lękowe, a nawet ryzyko depresji.

Kompleksowa opieka nad pacjentami z wrodzonymi wadami serca powinna uwzględniać zarówno aspekty fizyczne, jak i psychiczne. Wspieranie aktywności fizycznej jako fundamentalnego elementu zdrowego stylu życia może przyczynić się do poprawy jakości życia i długotrwałego dobrostanu pacjentów z historią zabiegów kardiologicznych w dzieciństwie.

Na podstawie przeglądu badań zakończonym pod koniec 2021 r., obejmującym 3256 pacjentów z CHD dowiedziono, że aktywność fizyczna w tej samej grupie jest bezpieczna. Poprawia nie tylko wydolność fizyczną, ale także ważne zdolności motoryczne, ogólną funkcję mięśni i jakość życia.

Pojawia się także potrzeba specjalnych programów rehabilitacji i fizjoterapii kardiologicznej, stąd niezbędne są badania, by określić najlepszą drogę do modelu treningu i innych zaleceń fizjoterapii dla takich osób [20]. Często nie tylko brak samej chęci dzieci do aktywności i podejmowania ćwiczeń, a nadopiekuńczość rodziców i brak ich dostatecznej wiedzy może sprawić, że aktywność dzieci z CHD jest niższa. Prowadzi to nie tylko do zwiększenia ryzyka epizodów sercowo-naczyniowych w przyszłości, ryzyka otyłości, ale także opóźnienia rozwoju już w okresie dzieciństwa [20].

Według obecnego stanu wiedzy, korzyści zdrowotne płynące z aktywności dzieci z CHD znacznie przewyższają potencjalne ryzyko. W 2013 roku American Heart Association (AHA) opublikowało listę zaleceń dla dzieci z CHD. Dużą część oparto na zaleceniach dla zdrowych dzieci i osób dorosłych. Pomimo postępu wiedzy, wciąż brakuje zaleceń dla dzieci ze złożonymi wadami serca [21]. Ze względu na ograniczoną wydolność fizyczną dzieci oraz ubogi zestaw zaleceń jaki otrzymują rodzice, dzieci z wadami serca są mniej aktywne fizycznie niż ich rówieśnicy [22,23].

Międzynarodowe organizacje zajmujące się kardiologią dziecięcą nieustannie podkreślają rolę aktywności fizycznej u dzieci [24]. W związku z tym nadal istnieje potrzeba dostarczyć lekarzom i rodzicom odpowiednich wytycznych, aby będące pod ich opieką dzieci

mogły bezpiecznie i regularnie podejmować działania poprawiające kondycję zdrowotną. W 2020 roku zespół pod egidą prof. Caterini opublikował dane podkreślające brak badań w tym zakresie [25]. Bez wątpienia jest to miejsce na rozwój pediatrycznej fizjoterapii kardiologicznej. Dotychczasowe badania dotyczące aktywności i wydolności fizycznej u młodych pacjentów kardiologicznych prowadzone były przy użyciu subiektywnych metod takich jak wywiady i kwestionariusze [26]. Ośrodki naukowe dysponujące większymi środkami finansowymi wykorzystywały akcelerometry do monitorowania aktywności dzieci. Niestety te dane określają aktywność u dzieci w sposób pośredni [26,27].

Szeroko zakrojone metaanalizy podsumowujące blisko trzy dekady lat badań nad aktywnością fizyczną u dzieci w Europie wskazują, że ćwiczenia fizyczne przyczyniają się do prawidłowego kształtowania układu ruchu zapewniając prawidłowy rozwój psychofizyczny [28]. Badania sugerują, iż pacjenci, którzy nie angażują się w aktywność fizyczną, mogą wykazywać większą podatność na ryzykowne zachowania, w tym próby samobójcze i uzależnienia. Analiza literatury w tej dziedzinie wskazuje na korzystny wpływ uprawiania sportu w późnym dzieciństwie, pozytywnie oddziałującego na funkcje poznawcze i emocjonalne. W obliczu oczywistych korzyści regularnej aktywności fizycznej, istotnym wyzwaniem dla klinicystów staje się dostosowanie zaleceń dotyczących ćwiczeń do indywidualnych potrzeb pacjenta, uwzględniając stan kliniczny i rodzaj choroby serca, aby zapewnić bezpieczne uczestnictwo w aktywności fizycznej.

W kontekście fizjoterapii i rehabilitacji kardiologicznej na poziomie europejskim, istotnym postępowaniem byłoby ustalenie bezpiecznych protokołów aktywności fizycznej dla dzieci, co stanowiłoby kamień milowy w tej dziedzinie. Aktywność fizyczna, prowadzona w formie działań fizjoterapeutycznych i rehabilitacyjnych, wieloaspektowo wzmacnia organizm, poprawiając wydolność układu krążeniowo-oddechowego oraz wspierając rozwój siły i elastyczności mięśni. Poprawia zdrowie metaboliczne i zmniejsza śmiertelność oraz poprawia jakość życia [29]. Wzrost wydolności fizycznej i poprawa innych cech fizycznych i funkcjonalnych, wiąże się z lepszym stanem psychicznym dzieci (poprawia się ich pewność siebie, samoocena) oraz zauważalna jest poprawa samopoczucia wskutek nabywania nowych umiejętności [29]. Dzięki temu może wzrastać dalsza inicjatywa podejmowania nowych aktywności fizycznych, co sprawia, że stanowi to doskonałe narzędzie w poprawie zdrowia dzieci i młodzieży z CHD [30]. Bardziej zaawansowane zrozumienie wzajemnych interakcji różnorodnych form ćwiczeń oraz ich wpływu na wydolność nie tylko przyczynia się do poprawy samopoczucia psychicznego, lecz także sprzyja postępowi w sprawności

poznawczej oraz funkcjonowaniu społecznemu u osób, które przeszły kardiochirurgiczną korekcję wrodzonych wad serca w odległym okresie.

Stwierdzenie, że aktywność fizyczna jest bezpieczna i przynosi korzyści, otwiera nowe horyzonty w projektowaniu interwencji terapeutycznych. Ważne jest, aby dzieci z prostszymi wadami serca były zachęcane do aktywności fizycznych (w szkole, poprzez uczestnictwo w zajęciach w klubach sportowych). Bardziej złożone, spersonalizowane ćwiczenia i rekomendacje są potrzebne dla dzieci z bardziej złożonymi wadami serca.

1.6 Rola wydolności fizycznej i aktywność fizyczna dzieci po operacji serca

Wydolność wysiłkowa dzieci i młodzieży z różnymi postaciami wrodzonych wad serca jest niższa niż w populacji ogólnej, co więcej mają również obniżoną masę mięśniową. Mogą to wywoływać czynniki wynikające z siedzącego trybu życia, ale także powstałe w wyniku dodatkowych ograniczeń hemodynamicznych związanych z chorobą [31,32]. Wydolność fizyczna zależy od podejmowanych aktywności już we wczesnym okresie dzieciństwa, gdzie kształtuje się wiele niezbędnych mechanizmów adaptacji układu sercowo-naczyniowego oraz innych układów.

Wydolność wysiłkowa dzieci i młodzieży z różnymi postaciami wrodzonych wad serca wykazuje tendencję do bycia niższą niż w przypadku populacji ogólnej, co dodatkowo wiąże się z obniżoną masą mięśniową.

Niewątpliwie istotnym czynnikiem wpływającym na wydolność fizyczną jest aktywność podejmowana już we wczesnym okresie dzieciństwa. W tym kluczowym okresie rozwojowym organizmu kształtują się podstawowe adaptacje układu sercowo-naczyniowego oraz innych układów, które są istotne dla osiągnięcia optymalnej sprawności fizycznej. Zaburzenia w tym procesie adaptacyjnym, wynikające z obciążenia wrodzoną wadą serca, mogą wpływać na zdolność organizmu do efektywnego przystosowania się do wysiłku fizycznego.

Dodatkowo, istnienie ograniczeń hemodynamicznych związanych z wrodzonymi wadami serca może prowadzić do obniżenia wydolności fizycznej, co utrudnia osiągnięcie pełnego potencjału motorycznego. Ograniczenia te wpływają na zdolność organizmu do transportu tlenu i substancji odżywczych do tkanek, co w rezultacie wpływa na funkcjonowanie mięśni oraz efektywność procesów energetycznych podczas wysiłku.

W związku z tym, aby skutecznie zarządzać wydolnością fizyczną dzieci i młodzieży z wrodzonymi wadami serca, istotne jest zrozumienie wpływu zarówno czynników behawioralnych, takich jak aktywność fizyczna, jak i czynników fizjologicznych związanych z samą chorobą. Wprowadzanie odpowiednich strategii fizjoterapeutycznych oraz zachęcanie do aktywności fizycznej już od wczesnych lat życia może przyczynić się do optymalizacji zdolności wysiłkowej i poprawy jakości życia pacjentów z wrodzonymi wadami serca.

Mimo pozytywnych rezultatów korekcji wrodzonych wad serca u dzieci, w grupie tej zauważa się ograniczoną frekwencję w zajęciach edukacji fizycznej w szkole oraz brak udziału, i zaangażowania w aktywność sportową. Istniejące zjawisko niskiego poziomu aktywności fizycznej, znane jako „deconditioning”, może mieć istotny wpływ na obniżoną wydolność fizyczną w okresie dorosłym. Warto podkreślić, że specjaliści, w tym kardiolodzy i lekarze pediatrzy, często nie posiadają dostatecznej wiedzy z zakresu medycyny sportowej, rehabilitacji oraz metodyki edukacji fizycznej, co wpływa na ich zdolność do precyzyjnego oceniania możliwości uczestnictwa pacjentów z wrodzonymi wadami serca w zajęciach ruchowych. W rezultacie, obserwuje się niższą wartość wskaźnika wydolności pacjentów z wadami serca w porównaniu z ich zdrowymi rówieśnikami, co negatywnie wpływa na proces rekonwalescencji [33]. Rezultatem braku postępu wydolności może być zarówno ograniczenie samej ilości ćwiczeń, jak również brak umiejętności i regularności wykonania różnych ćwiczeń fizycznych. Ograniczenia mogą być także podyktowane przez rodziców, którzy w obawie o ich stan zdrowia zmniejszają aktywność swoich dzieci poprzez odradzanie pewnych wysiłków. Siedzący tryb życia zmniejsza wydolność fizyczną i ilość masy mięśniowej. To z kolei może prowadzić do problemów z ciśnieniem, nadwagi i otyłości, prowadząc do efektu błędnego koła [34]. Niższy VO_2 max wiąże się z niższym zdrowiem układu sercowo-naczyniowego, co w późniejszym wieku przekłada się na niższe osiągnięcia akademickie i ogólnie niższy dobrostan psychofizyczny [35]. Istnieje coraz więcej dowodów na związek między brakiem aktywności fizycznej a zdrowiem psychicznym [36]. Pomimo, że aktywność fizyczna jest ważna w każdym okresie życia, to jej wpływ ma szczególne znaczenie w okresie bardzo intensywnego rozwoju, jakim jest dzieciństwo [37]. Niższy maksymalny pobór tlenu (VO_2 max) stanowi istotny czynnik związany z mniej korzystnym zdrowiem układu sercowo-naczyniowego, co z kolei może wpływać na szereg aspektów życia, zarówno w młodym, jak i późniejszym wieku. Związek między niższym VO_2 max a gorszym zdrowiem psychicznym staje się coraz bardziej widoczny, a istniejące dowody wskazują na korzystny wpływ aktywności fizycznej na oba te obszary zdrowia.

W kontekście konsekwencji dla osiągnięć edukacyjnych i ogólnego dobrostanu psychofizycznego, niski poziom $\text{VO}_2 \text{ max}$ może przyczynić się do obniżonej wydolności fizycznej, co z kolei może utrudniać skoncentrowanie się i utrzymanie długotrwałego wysiłku umysłowego, jakiego wymagają zadania szkolne. Wydolność fizyczna jest bowiem związana z ogólną kondycją organizmu, w tym zdolnością do efektywnego dostarczania tlenu do mózgu, co wpływa na funkcje poznawcze i sprawność umysłową.

Dodatkowo, zdrowie psychiczne dzieci i młodzieży jest szczególnie podatne na wpływ czynników środowiskowych i behawioralnych. Wprowadzanie aktywności fizycznej w życie codzienne w okresie intensywnego rozwoju, jakim jest dzieciństwo, może wpływać pozytywnie na zdrowie psychiczne poprzez stymulację układu nerwowego, produkcję endorfin i regulację poziomu stresu.

W świetle tych faktów, podkreślenie roli aktywności fizycznej jako istotnego elementu w profilaktyce zdrowotnej, zarówno pod kątem układu sercowo-naczyniowego, jak i zdrowia psychicznego, staje się kluczowe w przypadku dzieci z prostymi wrodzonymi wadami serca. Wspieranie aktywnego trybu życia w młodym wieku może przynosić długotrwałe korzyści, mające pozytywny wpływ na rozwój fizyczny, umysłowy i emocjonalny jednostki.

W jednym z badań przeprowadzonych przez zespół Siaplaouras i wsp. [38] na 1198 dzieciach z CHD (średnia wieku $11,6 \pm 3,1$ roku) dowiedziono, że w porównaniu z grupą referencyjną pacjenci z CHD istotnie rzadziej osiągalni zalecany przez Światową Organizację Zdrowia (ang. World Health Organisation, WHO) poziom 60 minut dziennej aktywności fizycznej (8,8 vs. 12%; $p < 0,001$). Jak dotychczas było to największa kohorta osób z CHD badanych pod względem aktywności fizycznej. Badania te pokazują jak dużym problemem jest brak odpowiedniej aktywności fizycznej w tej grupie osób. Co więcej, wszystkie grupy osób (13,1% z prostą wadą serca, 31,7% osób z umiarkowaną wadą serca, 49,2% osób ze złożoną wadą serca) otrzymała od lekarza zalecenia ograniczenia aktywności fizycznej. Warto wspomnieć, że nawet przy prostej wadzie serca (np. ubytku w przegrodzie międzykomorowej czy międzyprzedsionkowej), również ograniczano aktywności związane ze sportem.

Badania dotyczące aktywności dzieci z CHD mogą mieć pozornie sprzeczne wyniki (różne projekty badań, mała liczba osób, różne narzędzia oceny wykonywanych aktywności). W przypadku dzieci w przedziale wiekowym 6–17 lat centrum Kontroli i Prewencji Chorób (ang. Center for Disease and Prevention, CDC) zaleca minimum 60 minut aktywności fizycznej (intensywność umiarkowana lub niska). Im więcej aktywności fizycznej, tym większe korzyści w zakresie zdrowia [39]. Praktykowanie ćwiczeń obejmuje regularną

aktywność aerobową, wzbogaconą o trening siłowy i ćwiczenia wzmacniające kości. Zgodnie z zaleceniami Europejskiego Towarzystwa Kardiologii Dziecięcej, dzieci z wrodzonymi wadami serca powinny angażować się w aktywność fizyczną o minimalnej długości 60 minut dziennie, przy intensywności wynoszącej od 40 do 85% VO_2peak . Dodatkowo, rekomenduje się stopniową progresję czasową w ćwiczeniach, zaczynając od krótkich sesji i stopniowo zwiększając czas wysiłku do 60 minut w przypadku ćwiczeń o charakterze wytrzymałościowym. Obecnie brak jednak jednomyślnego konsensusu dotyczącego bezpieczeństwa i skuteczności wysoko intensywnego treningu interwałowego (ang. High Intensity Interval Training, HIIT) wśród osób z wrodzonymi wadami serca, dlatego zaleca się powstrzymanie się od konkretnych protokołów HIIT do czasu zebrania dalszych, solidnych dowodów naukowych [40].

Dzieci po przebytej operacji kardiochirurgicznej mogą gorzej tolerować wysiłek i szybciej się męczyć. Testy obejmujące sprawność wydolności dzieci z CHD obejmują ergospiometrię (test ergospirometryczny) czyli sercowo-płucny test wysiłkowy (z ang. cardiopulmonary exercise testing, CPET, CPX). Jest to test z pomiarów gazów oddechowych – połączenie jednocześnie klasycznego testu wysiłkowego z oceną wymiany gazowej. Test pozwala na określenie patofizjologicznych ograniczeń wysiłkowych i również ewentualnych upośledzeń czynnościowych. CPET stosuje się już jako złoty standard” w kierunku oceny wyniku zabiegu chirurgicznego, lekarskiego czy rehabilitacyjnego. Test służy badaniu funkcji krążeniowo-oddechowych oraz sprawdza złożone reakcje fizjologiczne na wysiłek fizyczny także w kardiologii dziecięcej [41,42]. Dzieci, które przeszły operacje kardiologiczne, mogą doświadczać pewnych ograniczeń w tolerancji wysiłku oraz szybszego występowania uczucia zmęczenia.

Przeprowadzane testy mogą być niezwykle przydatne nie tylko w ocenie czynnościowej, ale również ocenie skuteczności zastosowanych interwencji u dzieci po przebytej operacji CHD. Testy pozwalają dokonać oceny integracji kilku układów (układu krążenia, układu oddechowego, układu krwiotwórczego, układu mięśniowego czy nerwowego, oraz stanu rozwoju psychologicznego) w odpowiedzi dziecka na wysiłek. Test CPET jest w stanie określić zdolność organizmu do wytwarzania energii. CPET określa te zdolności w kluczowych (z punktu widzenia metabolicznego) punktach czasowych (próg tlenowy oraz próg beztlenowy), ponieważ nie da się zmierzyć w stanie spoczynku wydolności fizyczno-funkcjonalnej [43,44]. Ocena wydolności wskazuje na kluczowe zdolności metabolizmu energetycznego człowieka [45].

Uwzględnianie w teście parametry obejmują:

- szczytowe pochłanianie tlenu (VO_2peak),
- maksymalny pobór tlenu (VO_2max),
- maksymalną czynność serca, tętno maksymalne (HRmax),
- punkt kompensacji oddechowej (RCP),
- wentylację minutową (VE),
- współczynniki wentylacji układu oddechowego (RER/R , VCO_2/VO_2),
- progi wentylacji (VT),
- pochłanianie tlenu na progu beztlenowym (AT/VO_2),
- współczynnik wentylacyjny na szczycie wysiłku (RERpeak),
- wzrost wentylacji minutowej,
- wysycenia krwi tętniczej tlenem (SatO_2),
- wentylacyjne równoważniki tlenu (VE/VO_2) i dwutlenku węgla (VE/VCO_2),
- częstotliwość pracy serca (HR), pomiar EKG, ciśnienie krwi (BP).

Dominującym parametrem analizowanym w ramach testu jest maksymalny pobór tlenu (VO_2max), stanowiący istotny miernik przy monitorowaniu wydolności pacjentów z wrodzonymi wadami serca (CHD). Test ten cechuje się znakomitą powtarzalnością, umożliwiając monitorowanie zmian w czasie. VO_2max , reprezentujący kompleksową pojemność układu oddechowego, sercowo-naczyniowego i mięśniowego w zakresie pobierania, transportu oraz wykorzystywania tlenu, stanowi kluczowy parametr diagnostyczny. W protokole obserwacyjnego badania przeprowadzonego przez zespół Jiangbo Qu [46] i wsp., porównującego sprawność fizyczną dzieci z różnym stopniem zaawansowania wad serca, stwierdzono istotnie niższy poziom wskaźnika VO_2max . Badanie objęło 182 dzieci z wrodzonymi wadami serca oraz 129 zdrowych dzieci w wieku od 6 do 18 lat, poddanych testowi wysiłkowemu CPET. Niższe wartości VO_2max odnotowano we wszystkich trzech podgrupach analizowanych pacjentów.

Niższe wartości odnotowano we wszystkich 3 podgrupach:

1. SCHD – grupa z prostą wadą serca
2. CCHD – grupa ze złożoną wadą serca
3. TCPC – grupa z całkowitym połączeniem żylnopłucnym

Spadek szczytowego zużycia tlenu w powyższych podgrupach (SCHD, CCHD i TCP) wyniósł średnio (VO_2max :44,86 $\pm$ 5,41 vs. 39,91 $\pm$ 5,59 vs. 36,95 $\pm$ 5,92 vs. 32,04 $\pm$ 5,38 ml/kg/min, $p < 0,05$). Pozytywne i niezbędne zmiany adaptacyjne u osób z CHD mogą następować nie tylko w wyniku podejmowania aktywności fizycznej, ale również poprawiania ogólnej sprawności fizycznej (ang. physical fitness, PF). Sprawność fizyczna jako zespół różnych cech fizycznych pomaga w wykonywaniu różnych czynności fizycznych. Sprawność fizyczna jest ściśle związana ze zdrowiem i obejmuje sprawność układu krążeniowo-oddechowego, siłę oraz wytrzymałość mięśniową oraz elastyczność i skład ciała.

Ryzyko nagłej śmierci sercowej (ang. sudden cardiac death, SCD) jest u osób z CHD rzadkie ($<0,1\%$ rocznie). Zaledwie 8% zgonów występuje podczas samej aktywności fizycznej [47]. U osób z prostymi wadami serca takimi jak ubytek przegrody międzykomorowej (VSD), czy ubytek przegrody międzyprzedsionkowej (ASD) w przypadku braku objawów klinicznych nie stosuje się ograniczeń związanych z ćwiczeniami. Zaawansowane programy usprawniania czy aktywności fizycznej są realizowane w tej grupie pod warunkiem prowadzenia w tym czasie nadzoru przez profesjonalistę medycznego i monitoringu prowadzonego zgodnie ze standardami kardiologii sportowej [47]. Zazwyczaj ocenia się pięć kluczowych parametrów w populacji osób z wadą serca aktywnie uprawiających sport, obejmujących pracę komór (frakcja wyrzutowa - $\text{EF} < 55\%$), ciśnienie tętnicy płucnej, ocenę aorty (obecność wad współistniejących), ryzyko arytmii oraz nasycenie tlenem krwi tętniczej (saturacja). W przypadku jednorodnych wad serca, ocenione jako poprawne przez klinicystę pięć parametrów pozwala na bezpieczne uczestnictwo w rywalizacji sportowej na poziomie amatorskim. Niemniej jednak obecność co najmniej jednej współistniejącej wady może skutkować zaleceniem do ograniczenia wysiłku o charakterze dynamicznym, preferując dyscypliny o niższej bądź umiarkowanej statyce. Pełne wytyczne odnośnie do uprawiania sportu dostępne są w oficjalnych zaleceniach przygotowanych dla pacjentów z chorobami sercowo-naczyniowymi [48].

Wskaźniki badania CPET – VO_2peak i VO_2max to dwie różne wartości. Podczas, gdy pierwsza z nich oznacza najwyższą osiąganą wartość podczas ćwiczenia (oznaczając de facto tolerancję wysiłku pacjenta), druga z nich (VO_2max) ilustruje najwyższą osiągniętą wartość fizjologiczną. Niższa wydolność wysiłkowa u dzieci z CHD manifestuje się niższą wartością VO_2max oraz innymi parametrami. Przydatnym wskaźnikiem może być również wskaźnik VE/VCO_2 (stosunek wentylacji minutowej do ilości wydalonego dwutlenku węgla) dający informację o tym, jak organizm reaguje na obciążenie wysiłkowe [49,50]. U dzieci z CHD, obniżona wydolność wysiłkowa może manifestować się poprzez niższą wartość VO_2max oraz

inne istotne parametry. W tym kontekście, wskaźnik VE/VCO_2 staje się przydatnym narzędziem, ponieważ dostarcza informacji o tym, w jaki sposób organizm reaguje na obciążenie wysiłkowe. Pozwala to na bardziej kompleksową ocenę fizjologicznych odpowiedzi na wysiłek u dzieci z wrodzonymi wadami serca.

Ocenę VE/VCO_2 można przeprowadzić bez konieczności przeprowadzania próby wysiłkowej na poziomie maksymalnego wysiłku, co czyni tę wartość przydatną do analizy stopnia niewydolności serca. Relacja między VE a VCO_2 skutecznie odzwierciedla funkcjonowanie metabolizmu mięśni obwodowych i oddechowych. Wartości wskaźnika wentylacji w stanie spoczynkowym korelują z aspektem psychicznym, podczas gdy wentylacja wysiłkowa w mniejszym stopniu. Również wartościowym wskaźnikiem jest VE/VCO_2 slope. Jest to wskaźnik oceniający zależność między minutową wentylacją a produkcją dwutlenku węgla podczas wysiłku. Wykorzystywany jest w kardiopulmonologii do diagnostyki i oceny ryzyka w niewydolności serca, a także w chorobach płuc. Podwyższone wartości tego wskaźnika mogą wskazywać na dysfunkcję serca lub płuc oraz niekorzystne rokowanie. Z tego powodu te miary stanowią przydatne narzędzia w praktyce klinicystów, zwłaszcza VE/VCO_2 slope, który posiada wysoką wartość diagnostyczną i prognostyczną. Niższe wartości VE/VCO_2 nie są podatne na wpływ czynników psychologicznych, co minimalizuje ryzyko fałszowania wyników. Postępy w badaniach związane z rozumieniem potencjału działań prewencyjnych w kontekście minimalizacji powikłań u dzieci i młodzieży z wrodzonymi wadami serca podkreślają konieczność ciągłego monitorowania parametrów wydolności wysiłkowej, zwłaszcza w okresie dzieciństwa. Brak poprawy wydolności, może stanowić czynnik związany z gorszym rokowaniem u młodych pacjentów [51]. Udział w sporcie dzieci i młodzieży z wrodzonymi wadami serca może wiązać się z lepszą samooceną w zakresie jakości życia i kondycji psychospołecznej [52]. Wciąż istnieje brak kompleksowych danych umożliwiających konstrukcję adekwatnych programów ćwiczeń oraz ustalenie odpowiednich dawek treningu dla pacjentów z wrodzonymi wadami serca (CHD).

Rozszerzenie wiedzy na temat zależności pomiędzy intensywnością ćwiczeń a potencjałem arytmogennym dzieci z CHD, a także wpływu ćwiczeń na przebieg i historię aortopatii, mogłoby przyczynić się do identyfikacji optymalnych i bezpiecznych dawek treningu dla dzieci i młodzieży z CHD. Dostęp do różnorodnych danych obejmujących parametry elektrofizjologiczne i hemodynamiczne dzieci z CHD umożliwiłby lekarzom aktualizację wiedzy oraz umożliwiłby udzielanie spersonalizowanych porad. W odpowiedzi na niewyjaśnione kwestie w środowisku medycznym, rodziców i opiekunów dzieci z CHD

dotyczące bezpiecznej aktywności fizycznej i zalecanego rodzaju treningu, powstają wciąż nowe wytyczne. W roku 2023 Indyjskie Towarzystwo Kardiologii Pediatrycznej przedstawiło zalecenia koncentrując się na potrzebie spersonalizowanego podejścia do planowania oraz monitorowania aktywności fizycznej. Przedstawione zalecenia zarówno dla dzieci po przeprowadzonym zabiegu korekcyjnym, jak i tych bez operacyjnego leczenia wady serca [53]. Ćwiczenia są bezpieczne u większości pacjentów z CHD i mogą poprawić wydolność wysiłkową, masę i siłę mięśniową, zapobiegać rozwojowi chorób współistniejących, takich jak otyłość, cukrzyca typu 2 i nadciśnienie tętnicze, a także poprawiać objawy lęku lub depresji oraz poprawiać ogólną jakość życia [54].

1.7 Stan rozwoju psychologicznego dzieci po operacji serca

Zgodnie z definicją Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) z 1948 roku, zdrowie obejmuje aspekty fizyczne, psychologiczne i społeczne. Dla dzieci z wrodzonymi wadami serca (CHD), uczestnictwo w aktywności fizycznej i treningu staje się kluczowym elementem integracji społecznej, umożliwiając prawidłowy rozwój oraz harmonijną interakcję z rówieśnikami i otoczeniem. Niedostateczna aktywność fizyczna może wpływać negatywnie na sferę psychiki i emocji dziecka, prowadząc do obniżonej samooceny fizycznej. Wartości wydolności fizycznej mogą kształtować jakość życia, będąc cechą związaną zarówno z aspektem fizycznym, jak i psychicznym zdrowia dziecka. Dzieci z wadami serca, w porównaniu do zdrowych rówieśników, mogą doświadczać obniżonej wydolności wysiłkowej, co przełożyć się może na zmniejszoną jakość życia związaną ze zdrowiem (ang. health-related quality of life, HRQoL). Jest to efekt funkcjonalny, wynikający zarówno z samej choroby, jak i jej leczenia, subiektywnie odbierany przez pacjenta [54]. Zdolności psychologiczne u dziecka po zabiegu CHD mogą się różnić. Jedne dzieci mogą szybciej nabywać pewne umiejętności, czy być bardziej sprawne w kontekście motywacji, wiedzy, uczenia się nowych rzeczy, doświadczeń. Dzieci z wadami serca, w sferze psychospołecznej mogą doświadczać trudności w kontaktach społecznych, mieć trudności z nauką w szkole [55]. Stwierdzono, że wskaźnik HRQoL u dzieci z CHD jest niższy niż u zdrowych dzieci w zakresie autonomii oraz funkcjonowanie emocjonalnego [56]. Wskaźniki HRQoL są skorelowane z obiektywnymi ocenami inteligencji mierzonymi za pomocą narzędzi do testów psychologicznych.

W celu określenia poziomu umiejętności funkcji poznawczych dzieci z CHD pomocne jest zastosowanie tzw. Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci (WISC-V), która obejmuje 21

testów. Testy pozwalają na obliczanie Ilorazu Inteligencji w Skali Pełnej (ang. Full Scale IQ, FSIQ). WISC-V może dość precyzyjnie określić poziom inteligencji dziecka w wieku od 6 do 16 lat. W badaniu dotyczącym sprawności neuropsychologicznej dzieci w wieku szkolnym z chirurgicznie skorygowaną wrodzoną wadą serca przeprowadzonej przez zespół Miatton i wsp. [57] dowiedziono, że wraz z postępem w zakresie chirurgicznego leczenia dzieci z CHD wyniki rozwoju psychologicznego stają się istotnym i potrzebnym przedmiotem współczesnych badań. W badaniu 43 dzieci z CHD (pomiędzy 6 a 12 rokiem życia) z użyciem skróconej skali inteligencji (Skala Inteligencji Wechslera dla dzieci – wydanie 3, wersja holenderska) oraz przy wykorzystaniu oceny neuropsychologicznej dziecka (ang. Neuropsychological Assessment, NEPSY) dowiedziono, że dzieci mogą mieć cechy opóźnionego rozwoju neurologicznego [57].

Otrzymanie wyników analizy wydolności wysiłkowej oraz systematyczna, dodatkowa ocena dzieci po przeprowadzonym zabiegu kardiochirurgicznym może przynieść liczne korzyści. Te korzyści obejmują potencjalną poprawę funkcji serca oraz znaczącą poprawę jakości życia podopiecznych. W przypadku, gdy wyniki prognostyczne są powiązane z ryzykiem zachorowalności, możliwe jest wdrożenie działań prewencyjnych, zastosowanie spersonalizowanych programów fizjoterapii kardiologicznej, a także skorzystanie z porad innych specjalistów. Istotnym aspektem jest świadomość, że dzieci i młodzież z wrodzonymi wadami serca (CHD) mogą doświadczać obniżonego poczucia własnej skuteczności w kontekście podejmowanych aktywności fizycznych. Poczucie to jest kluczowym czynnikiem determinującym dalszy udział w aktywności fizycznej oraz kontynuację wysiłków. W związku z tym, systematyczna ocena wydolności fizycznej i psychospołecznej staje się nie tylko narzędziem diagnostycznym, ale również umożliwia skonstruowanie odpowiednich strategii interwencyjnych, mających na celu poprawę funkcji serca oraz jakości życia pacjentów z CHD [58].

Uważa się, że czynniki behawioralne mają także wpływ na brak aktywności, niż tylko obecność wrodzonej wady i prezentowany poziom sprawności [59]. Uporządkowanie zaleceń w kwestii ustalenia konkretnych aktywności i planów ćwiczeń może pomóc dzieciom i młodzieży z CHD poprawić nie tylko poczucie własnej wartości, ale także dodatkowo stymulować je do podejmowania kolejnych aktywności fizycznych wpływając na lepszą jakość życia i funkcjonowanie społeczne przez całe życie.

1.8 Procedura kardiochirurgiczna zabiegu naprawczego

Zabieg chirurgiczny zamknięcia ubytków w przegrodzie międzyprzedsionkowej typu ASD II oraz ubytków w przegrodzie międzykomorowej VSD jest skomplikowaną procedurą kardiochirurgiczną i wymaga precyzyjnego wykonania poszczególnych kroków operacyjnych w celu zapewnienia skuteczności i bezpieczeństwa pacjenta:

1. Przygotowanie pacjenta

- Pacjent znieczulony ogólnie.
- Przeprowadza się sternotomię pośrodkową, co pozwala na dostęp do narządów wewnętrznych klatki piersiowej.

2. Eksploracja i przygotowanie

- Grasica jest częściowo lub całkowicie usuwana w celu zapewnienia lepszej widoczności.
- Otwiera się worek osierdziowy, a następnie przeprowadza się makroskopową ocenę serca i naczyń.

3. Heparynizacja i kaniulacja

- Podaje się heparynę w celu zapobiegania krzepnięciu krwi.
- Przeprowadza się kaniulację aorty wstępującej oraz bezpośrednią kaniulację obu żył głównych.

4. Krążenie pozaustrojowe (ECC) i hipotermia

- Rozpoczyna się krążenie pozaustrojowe (ECC).
- Pacjenta wprowadza się w umiarkowaną hipotermię (34-35,0 °C).

5. Zatrzymanie serca

- Po zaklemowaniu aorty podaje się kardioplegię krystaliczną do opuszki aorty w celu zatrzymania serca.

6. Zamknięcie ubytków

- Otwiera się prawy przedsionek (RA).
- Zamknięcie ubytku typu ASD II najczęściej wykonuje się za pomocą szwu ciągłego dwuwarstwowego lub łatki osierdziowej.

- Ubytki w przegrodzie międzykomorowej (VSD) zamyka się przy użyciu łątki Gore-Tex.

7. Odklemowanie aorty i powrót rytmu serca

- Po zamknięciu RA i odpowietrzeniu serca odklemowuje się aortę, co pozwala na powrót czynności serca do rytmu zatokowego.
- Stopniowo wygrzewa się pacjenta do temperatury 36,5 °C.

8. Dekaniulacja i zakończenie ECC

- Przeprowadza się dekaniulację żyły głównej dolnej (VCI).
- Zatrzymuje się krążenie pozaustrojowe (ECC).
- Przeprowadza się ultrafiltrację.

9. Końcowe czynności

- Przeprowadza się dekaniulację żyły głównej górnej (VCS) oraz aorty (Ao).
- Podaje się rewersję heparyny.
- Przeprowadza się hemostazę.
- Umieszcza się elektrodę do stymulacji epikardialnej oraz dren do śródpiersia.
- Zamknięcie powłok ciała odbywa się warstwowo przy użyciu szwów plecionych na mostek.
- Zakłada się opatrunek.

10. Opieka pooperacyjna

Pacjent jest monitorowany na oddziale intensywnej terapii, gdzie ocenia się parametry życiowe oraz funkcję serca, a także przeprowadza się odpowiednie leczenie wspomagające i profilaktykę powikłań.

2. Założenia pracy

Wrodzone wady serca stanowią kompleksowy zespół schorzeń, który może istotnie wpływać na jakość życia pacjentów.

Kardiochirurgiczne korekcie przeprowadzane we wczesnym dzieciństwie są niezbędne dla jak najszybszego przywrócenia optymalnej funkcji serca, prewencji rozwoju negatywnych następstw wrodzonej wady serca i poprawy odległego rokowania pacjentów.

Pomimo sukcesów w dziedzinie medycyny, coraz większą uwagę zaczęto przywiązywać do oceny długoterminowych efektów tych interwencji, zarówno pod względem fizycznym, jak i psychospołecznym.

Niniejsza praca doktorska ma na celu głębsze zrozumienie wpływu wczesnych kardiochirurgicznych korekcji wrodzonych wad serca na aktywność fizyczną, tolerancję wysiłkową oraz poziom rozwoju zdolności psychologicznych dzieci w odległym okresie po zabiegach naprawczych najczęściej występujących wrodzonych wad serca, przeprowadzonych w okresie niemowlęcym.

2.1 Pytania Badawcze

1. Czy dzieci, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca we wczesnym dzieciństwie, są aktywne fizycznie?
2. Jaka jest tolerancja wysiłku u dzieci, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca w okresie niemowlęcym?
3. Czy podstawowe zdolności psychologiczne u dzieci, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca są takie same jak w grupie zdrowych rówieśników?

2.2 Cele Badawcze

1. Ocena wydolności serca u dzieci w okresie wczesnego dojrzewania, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca w okresie niemowlęcym.
2. Ocena tolerancji wysiłku u dzieci w okresie wczesnego dojrzewania, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca.
3. Ocena rozwoju podstawowych cech psychologicznych u dzieci w okresie wczesnego dojrzewania, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca w okresie niemowlęcym.

2.3 Hipotezy Badawcze

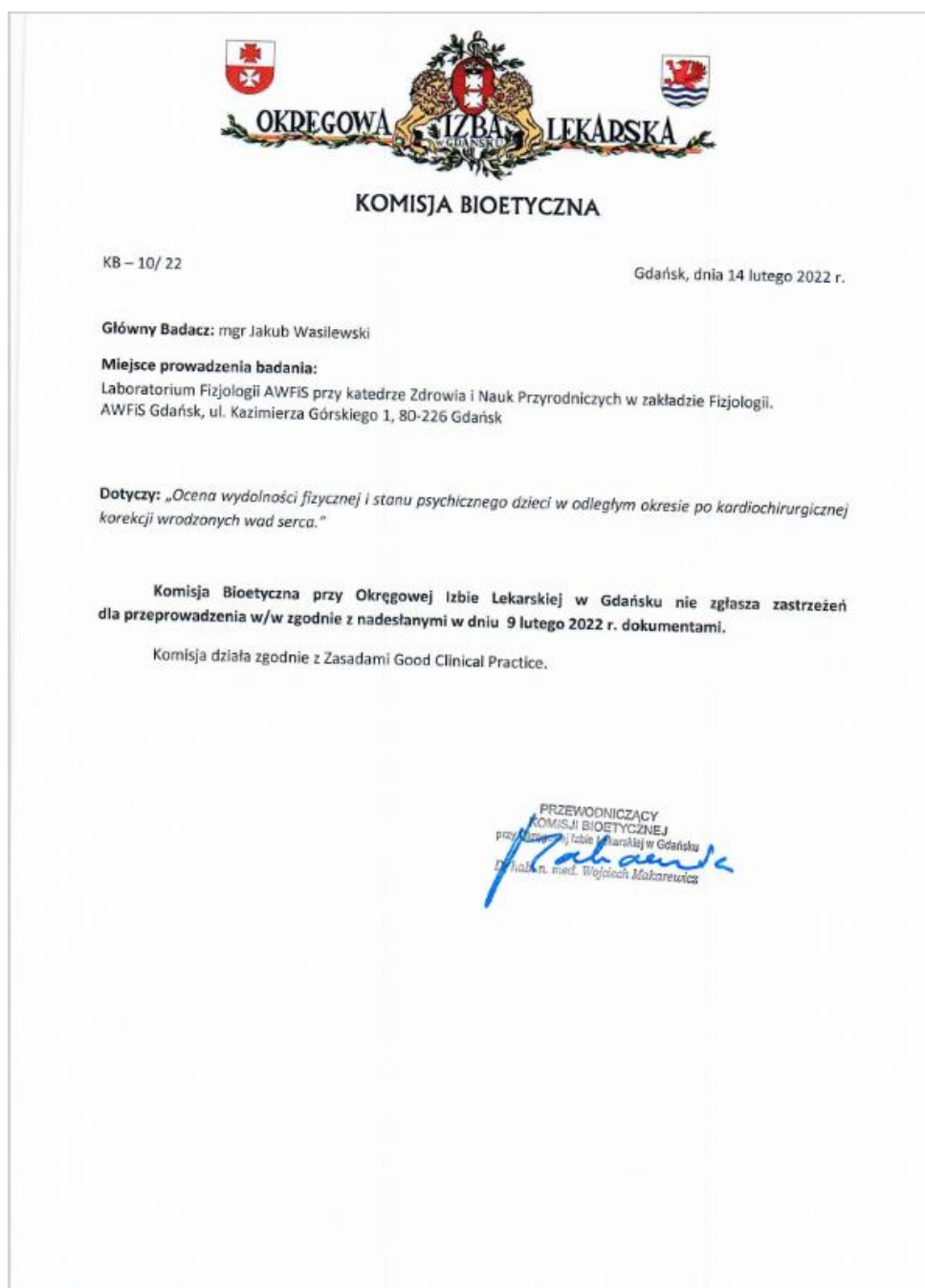
1. Dzieci, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca we wczesnym dzieciństwie, wykażą mniejszą tolerancję wysiłkową w porównaniu do swoich zdrowych rówieśników.
2. Dzieci, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca we wczesnym dzieciństwie, będą prezentowały niższy poziom rozwoju psychologicznego w związku z niższym poziomem wydolności fizycznej w porównaniu do swoich zdrowych rówieśników.

Przedstawione pytania badawcze i cele mają na celu kompleksową analizę wpływu zabiegów korekcji wrodzonych wad serca na różne aspekty zdrowia fizycznego i psychicznego dzieci w odległym okresie po interwencji kardiochirurgicznej.

Praca ta może stanowić wkład w poznanie średnio i długoterminowych efektów tych procedur, co może przyczynić się do dalszego doskonalenia opieki nad pacjentami z wrodzonymi wadami serca, i opracowania nowych strategii terapii, z uwzględnieniem wskazań do wieloprofilowego usprawniania.

2.4 Zgoda komisji bioetycznej

Plan i protokół badań na potrzeby niniejszej pracy został przedstawiony Komisji Bioetycznej przy Okręgowej Izbie Lekarskiej w Gdańsku. Projekt uzyskał zgodę na przeprowadzenie badań decyzją Komisji nr: KB 10-22, dnia 14 lutego 2022 roku. (zdj. nr 1)



Zdjęcie 1 Skan dokumentu poświadczającego zgodę komisji bioetycznej na przeprowadzenie badań

3. Materiał i metody badawcze

3.1 Materiał badawczy

Badaniami objęto dzieci w wieku 10 lat (+/- 1 rok) po przebytych kardiochirurgicznych zabiegach naprawczych wrodzonej wady serca VSD i ASDII (grupa badana n=20) oraz ich zdrowych rówieśników (grupa kontrolna n=25). Badania przeprowadzono w laboratorium fizjologii w Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku w okresie od maj 2022 do lipiec 2023.

3.1.1 Dobór grupy

Grupa badana została skomponowana w oparciu o zasady doboru celowego. Badawcze we wstępnym etapie projektu dokonali analizy ponad 100 pacjentów. Były to wszystkie dzieci spełniające określone kryteria wiekowe dotknięte wadą serca, jednocześnie pozbawione innych istotnych wad towarzyszących. W sumie 64 dzieci (25 dziewcząt i 39 chłopców) zostało zaangażowanych do procesu zaproszeń. Spośród tej grupy 25 dzieci zdecydowało się wziąć udział, a ostatecznie 20 z nich stawiało się w wyznaczonym terminie w pracowni AWFIS na badaniach. Decyzję o uczestnictwie podjęli rodzice, przy czym dzieci były pierwszymi, których zapytano o wyrażenie chęci do wzięcia udziału w badaniach. Wszystkie dzieci, które wzięły udział w badaniach, były wcześniej poddane operacjom kardiochirurgicznym przeprowadzonym przez ten sam zespół lekarzy pod kierunkiem dr hab. Ireneusza Haponiuka prof. AWFIS i w tym samym ośrodku - na Oddziale Kardiochirurgii Dziecięcej im. WOŚP w Szpitalu Świętego Wojciecha w Gdańsku. Dzieci posiadały prostą wadę serca, były operowane w tym samym wieku oraz z wykorzystaniem tych samych metod operacyjnych. Badane dzieci pochodziły z różnych miast północnej Polski.

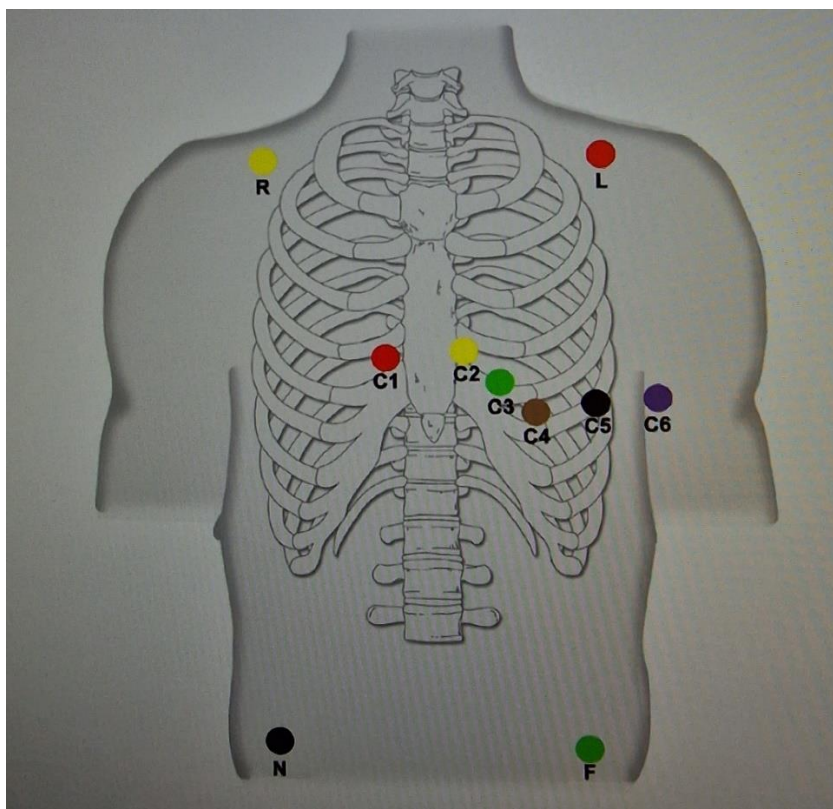
W przypadku grupy kontrolnej zastosowano metodę doboru losowego, przy czym zaproszenia do udziału zostały skierowane do ochotników w wieku od 9 do 11 lat. Dzieci dołączające do grupy kontrolnej pochodziły z okolic Gdańska. Rekrutacja do badań odbywała się poprzez spotkania w szkołach (wywiadówki) oraz podczas treningów lokalnych szkółek sportowych. Z ponad 120 zaproszonych dzieci, chęć udziału w projekcie wyraziło 25 dzieci (3 dziewczynki i 22 chłopców). Do udziału w badaniach, poza zgodą rodziców, wymagane było także wyrażenie zgody przez same dzieci.

Autorzy badania zidentyfikowali trudności w pozyskaniu grupy dzieci w kontekście indywidualnych rozmów z rodzicami, które odbywały się w trakcie trwającej pandemii COVID-19, a także w związku z niewystarczającą świadomością rodziców dzieci poddawanych operacjom kardiochirurgicznym odnośnie istoty i możliwości aktywności fizycznej.

3.1.2 Kryteria kwalifikacji i dyskwalifikacji

Przed przystąpieniem do testu wysiłkowego dzieci zostały poddane wstępnemu procesowi oceny zdrowia, obejmującemu badanie ogólnolekarskie oraz badanie ultrasonograficzne mięśnia sercowego, zwane również echokardiografią, przeprowadzone przez kwalifikowanego lekarza specjalistę. Obie procedury diagnostyczne miały miejsce bezpośrednio przed przystąpieniem dziecka do testu wysiłkowego. Warto zaznaczyć, że żadne z badanych dzieci nie zostało wykluczone na etapie wstępnych badań.

Potencjalne kryteria wykluczenia uczestników z badania obejmowały brak zgody ze strony rodzica na udział dziecka w badaniach, brak zgody samego dziecka na uczestnictwo w badaniu, negatywny wynik badania ogólnolekarskiego, co świadczyłoby o złym stanie zdrowia uczestnika, a także negatywny wynik badania ultrasonograficznego serca, w przypadku zaobserwowania nieprawidłowej pracy serca, szczególnie dotyczącej dzieci po operacjach kardiochirurgicznych. Dodatkowo, monitorowano potencjalne niepokojące objawy podczas samego testu wysiłkowego, przy wykorzystaniu monitoringu elektrokardiograficznego (EKG).



Zdjęcie 2: Schemat podłączenia elektrod EKG wysiłkowego u dziecka.

W ramach tej fazy badania wykorzystano również pomiary dokonane za pomocą analizatora składu ciała, a także dokonano pomiaru wzrostu. Te dane stanowiły istotny element procedury diagnostycznej, dostarczając niezbędnych informacji do właściwego ustawienia parametrów w trakcie testu wysiłkowego. Wszystkie te działania miały na celu zapewnienie solidnych podstaw oraz bezpieczeństwa dla uczestników badania, eliminując jednocześnie potencjalne zagrożenia dla ich zdrowia w trakcie badań wysiłkowych.

3.1.3 Charakterystyka grup

W grupie badanej, składającej się z 20 osób, średni wiek wynosił 10.4 lata, z odchyleniem standardowym 0.97. Średnia wysokość ciała w tej grupie oscylowała wokół 141.8 cm, przy odchyleniu standardowym 9.51. Masa ciała wynosiła średnio 35.0 kg, a odchylenie standardowe wyniosło 9.90. Wskaźnik masy ciała (BMI) wyniósł średnio 17.1 kg/m², z odchyleniem standardowym 2.76. Powierzchnia ciała (BSA) w tej grupie kształtowała się średnio na poziomie 1.35 m², przy odchyleniu standardowym 0.22. Poziom aktywności fizycznej (ang. Physical Activity Level, PAL) wyniósł średnio 2.22, z odchyleniem standardowym 0.83. PAL był oceniany jako regularna tygodniowa aktywność

dziecka. Wskaźnik miał trzy przedziały: 1 – niski poziom aktywności, 2 – średni poziom aktywności, 3 – wysoki poziom aktywności

W grupie kontrolnej, złożonej z 25 osób, średni wiek wynosił 9.69 lat, z odchyleniem standardowym 0.76. Średnia wysokość ciała w tej grupie wynosiła 139.6 cm, przy odchyleniu standardowym 6.41. Masa ciała średnio wynosiła 31.7 kg, a odchylenie standardowe wyniosło 4.94. Wskaźnik masy ciała (BMI) wyniósł średnio 16.5 kg/m², z odchyleniem standardowym 1.51. Powierzchnia ciała (BSA) w grupie kontrolnej miała średnią wartość 1.28 m², a odchylenie standardowe wyniosło 0.13. Poziom aktywności fizycznej (PAL) wyniósł średnio 2.68, z odchyleniem standardowym 0.65 (Tabela 1).

Podsumowując, grupa badana charakteryzowała się średnio wyższym wiekiem, większą wysokością ciała, masą ciała, wskaźnikiem masy ciała (BMI) oraz powierzchnią ciała (BSA) w porównaniu do grupy kontrolnej. Natomiast poziom aktywności fizycznej (PAL) był niższy w grupie badanej w porównaniu do grupy kontrolnej.

Grupa badana wykazała pewne różnice w analizowanych parametrach, takie jak wyższy wiek, większa wysokość ciała, masa ciała, BMI i BSA.

Tabela 1: Charakterystyka badanych grup.

Zmienna	Grupa badana (n = 20)	Grupa kontrolna (n = 25)
Wiek [lat]	10.4 ± 0.97	9.69 ± 0.76
Wysokość ciała [cm]	141.8 ± 9.51	139.6 ± 6.41
Masa ciała [kg]	35.0 ± 9.90	31.7 ± 4.94
BMI [kg/m²]	17.1 ± 2.76	16.5 ± 1.51
BSA [m²]	1.35 ± 0.22	1.28 ± 0.13
PAL	2.22 ± 0.83	2.68 ± 0.65

Objaśnienie: X ± SD -arytmetyczna ± odchylenie standardowe; BMI – wskaźnik względnej masy ciała; BSA – powierzchnia ciała; PAL – poziom aktywności fizycznej.

3.2. Metody badawcze

3.2.1 Familaryzacja

Przed przeprowadzeniem badania dzieci zostały poddane procesowi aklimatyzacji, który trwał 30 minut i miał miejsce w specjalnie przygotowanej sali badawczej. Przestrzeń ta została starannie dostosowana do potrzeb i preferencji dzieci, z dbałością o stworzenie przyjaznego środowiska. W sali umieszczono kolorowe pufy, maskotki oraz plakaty, dostosowane do wieku badanych dzieci, mające na celu zminimalizowanie stresu związanego z przeprowadzanymi testami.

Warto zaznaczyć, że starania włożone w kreację pozytywnego otoczenia obejmowały również dostosowanie przestrzeni do potrzeb psychicznych i emocjonalnych dzieci, co miało na celu zminimalizowanie ewentualnego wpływu stresu na wyniki badań. Dodatkowo, aby wspierać pozytywne skojarzenia po zakończonym teście wysiłkowym, dzieci miały możliwość wyboru nagrody w postaci naklejek oraz mini-gadżetów.

Podczas trwania badania zarówno rodzicom, jak i badanym dzieciom zapewniono dostęp do wody do picia, co stanowiło istotny element dbałości o ich komfort i zdrowie podczas eksperymentu.

Ostatecznie, zapewnienie przyjaznego środowiska, dostosowanego do potrzeb dzieci, stanowiło kluczowy aspekt w procesie badawczym, mającym na celu osiągnięcie rzetelnych i obiektywnych wyników, eliminując przy tym potencjalne czynniki zakłócające związane ze strachem czy brakiem komfortu dzieci podczas eksperymentu.



Zdjęcie 3: Zespół badawczy w laboratorium w którym odbywały się badania - od prawej Profesor Ireneusz Haponiuk, mgr Bartłomiej Jankowski, mgr Jakub Wasilewski, mgr Agnieszka Staniak , dr Marcin Łuszczyk.

3.2.2 Informacje o programie badań i świadoma zgoda

Rodzice i opiekunowie prawni uczestniczących dzieci zostali wcześniej poinformowani o zasadach i przebiegu badań za pomocą przesłanego protokołu i opisu badań, które zostały zaakceptowane przez Komisję Bioetyczną. Te informacje przekazywano rodzicom miesiąc wcześniej drogą elektroniczną. Ponadto, te same informacje były powtórnie przekazywane rodzicom podczas etapu familaryzacji dzieci w laboratorium. Aby przystąpić do kolejnych etapów badania, rodzice i opiekunowie musieli wyrazić pisemną, świadomą i dobrowolną zgodę na udział w badaniach. Następnie wraz z dziećmi wypełniali kartę osobową badanego oraz odpowiadali na pytania zawarte w ankietach.

3.2.3 Kwestionariusz uczestnika - wstępna ocena stanu zdrowia fizycznego wg. American Academy of Pediatrics

Celem wstępnej oceny stanu zdrowia fizycznego było początkowe sklasyfikowanie uczestników badań oraz uzyskanie informacji dotyczących historii zdrowotnej dziecka i jego rodziny, które mogą wpływać na wyniki testu CPET. Ankieta „Preparticipation Physical Evaluation” została opracowana i opublikowana przez American Academy of Pediatrics w 2019 roku.[78]

Kwestionariusz uczestnika badań wysiłkowych (zdjęcie 4) obejmował wywiad żywieniowy oraz ankietę poziomu aktywności fizycznej (Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu). Kwestionariusz uczestnika badań wysiłkowych umożliwił określenie średniego poziomu aktywności fizycznej dzieci, poziomu motywacji do codziennego wysiłku, motywacji do udziału w teście CPET oraz ogólnego schematu żywieniowego z uwzględnieniem suplementów i stałych leków. Kwestionariusz został opracowany indywidualnie dla dziewczynek i chłopców, bazując na wytycznych i wstępnych ankietach prezentowanych przez Australijską Komisję Sportową (ang. Australian Sport Commission, ASC) w protokołach badawczych testów wysiłkowych.

KWESTIONARIUSZ DLA MĘZCZYŹN
Kwestionariusz zwrótnika przystępującego do badań wysiłkowych opracowany na podstawie zaleceń Australian Sports Commission

Dane osobowe:
Nazwisko i Imię Data badania
..... Dyscyplina sportu
Data urodzenia Staż treningowy
Klub sportowy

Charakterystyka diety:
1. Czy Twoje odżywianie w ostatnich dwóch dniach było
☐ złe ☒ normalne ☐ dobre ☐ bardzo dobre,
2. Ile godzin temu spożyłeś ostatni posiłek?....
3. Co jadłeś podczas ostatniego przed badaniem posiłku?.....
4. Zestawienie produktów spożywczych z ostatnich 24 godzin: ilość
posiłków warz z napojami, wielkość porcji (ml, gramów itp)
Śniadanie.....
Drugie śniadanie
Obiad
Podwieczorek
Kolacja

Warunki treningowe:
1. Czy w ostatnich dwóch tygodniach realizowałeś trening w wysokiej
temperaturze? ☐ tak ☒ nie
Jeżeli tak to podaj szczegóły
2. Czy w ostatnich dwóch tygodniach prowadziłeś trening lub
przebywałeś na dużej wysokości? ☐ tak ☐ nie
Jeżeli tak to podaj szczegóły
Choroby:
3. Czy cierpisz na przewlekłe choroby? ☐ tak ☒ nie
Jeżeli tak to podaj szczegóły
4. Czy w ostatnich dwóch tygodniach miałeś problemy zdrowotne?
☒ tak ☐ nie
Jeżeli tak to podaj szczegóły

Kontuzje
1. Czy cierpisz na przewlekłe kontuzje?
☐ tak ☒ nie
Jeżeli tak to podaj szczegóły
2. Czy w ostatnich dwóch tygodniach doznałeś kontuzji?
☐ tak ☒ nie
Jeżeli tak to podaj szczegóły

Środki medyczne i suplementy (odżywki)
1. Czy przyjmujesz stałe środki medyczne? ☐ tak ☒ nie
Jeżeli tak to jakie (typ, dawka).....
2. Czy przyjmowałeś w ostatnich dwóch tygodniach jakieś środki
medyczne? ☒ tak ☐ nie
Jeżeli tak to jakie (typ, dawka).
3. Podaj jakie stosujesz odżywki
Rodzaj odżywki:.....
Dawka dzienna:.....

Motywacja:
1. Jaka jest Twoja chęć w dniu dzisiejszym do podjęcia treningu?
☐ brak ☐ normalna ☒ wysoka ☐ bardzo wysoka
2. Jaka jest Twoja chęć w dniu dzisiejszym do udziału w testach?
☐ brak ☐ normalna ☒ wysoka ☐ bardzo wysoka

Trening:
1. Jaki był w ostatnim tygodniu Twój trening?
☐ lekki ☒ średni ☐ mocny ☐ bardzo mocny
2. Czy jesteś dziś zmęczony (0-nie; 5-wyczerpany)
0 1 2 3 4 5
3. Ile godzin upłynęło od ostatnich zajęć treningowych?.....
4. Opisz ostatnie trzy treningi:
Czas, sesja treningowa, intensywność (niska/średnia/wysoka)
Dziś.....
Wczoraj.....
Dwa dni temu.....

Podróż:
1. Czy odbyłeś podróż w ostatnich siedmiu dniach? ☐ tak ☐ nie
Jeżeli tak to podaj szczegóły (trasa, środek transportu,
czas).....

Poziom aktywności fizycznej
1. Zaznacz ile czasu poświęcasz na aktywność fizyczną (tygodniowo)
☐ <150 min/tydz. ☐ >150min/tydz ☒ > 300 min/tydz

Zdjęcie 4 Kwestionariusz stworzony na potrzeby testów wysiłkowych dzieci przez dr Marcina Łuszczyka na podstawie zaleceń Australian Sport Commission

3.2.4 Badanie ogólnolekarskie

W celu zapewnienia najwyższego poziomu bezpieczeństwa badanie ogólnolekarskie wykonywane było przez lekarza specjalistę bezpośrednio przed przystąpieniem dziecka do testu CPET. Procedura ta obejmowała rozmowę lekarza z dzieckiem i jego rodzicami, pomiar ciśnienia tętniczego krwi, ocenę częstości skurczów serca, analizę poziomu utlenowania krwi, badanie osłuchowe, pomiar temperatury ciała, elektrokardiograficzne badanie serca (EKG) urządzeniem Vyair Vyntus CPX oraz ultrasonograficzne badanie serca (ECHO) aparatem VIVID i HELTHCARE 2012. Na podstawie tych informacji lekarz podejmował ostateczną decyzję o aktualnym dopuszczeniu dziecka do udziału w teście CPET.



Zdjęcie 5 Profesor Ireneusz Haponiuk podczas wykonywania badania echo serca, podczas badania wstępnego przed przystąpieniem do próby wysiłkowej

3.2.5 Ergospirometria

Test wysiłkowo-sercowo-płucny (ang. Cardio Pulmonary Exercise Test, CPET), to kompleksowe badanie diagnostyczne, które integruje tradycyjny test wysiłkowy z analizą wymiany gazowej. Badanie to umożliwia dokładną ocenę kondycji fizycznej oraz zdolności adaptacyjnych organizmu w trakcie progresywnie zwiększanego wysiłku. W przeprowadzonym badaniu monitorowano parametry klasyczne dla testu wysiłkowego z użyciem spirometru oraz dodatkowo: ciśnienie krwi, natlenienie krwi, pracę serca (EKG), generowaną moc wysiłkową. Do badania wykorzystywano kompletny, fabrycznie nowy, zestaw aparatu do testów wysiłkowych Vyair Vyntus CPX 2022 wraz z kompatybilnym

cykloergometrem rowerowym przystosowanym do dzieci Lode Corival Pediatric ergometer 2012. Urządzenia były kalibrowane przed rozpoczęciem badań przez specjalistę z firmy MIRO.

Test CPET standardowo ocenia parametry takie jak:

- Vo2Max – maksymalna ilość tlenu jaką organizm może wykorzystać – kluczowy wskaźnik wydolności krążeniowo-oddechowej
- VCO2 – ilość wydalanego CO2 przez organizm podczas wysiłku – pozwala ocenić efektywność procesów metabolicznych
- VE – wentylacja minutowa to objętość powietrza wdychanego i wydychanego w ciągu minuty – pozwala ocenić efektywność układu oddechowego podczas wysiłku
- RER – stosunek wydychanego CO2 do wdychanego O2 – dostarcza informacji o substratach energetycznych wykorzystywanych podczas wysiłku
- HR – częstość skurczów serca podczas wysiłku – tętno pozwala monitorować reakcję układu krążenia na wysiłek fizyczny
- BP – ciśnienie krwi – pozwoli prowadzić ocenę reakcji układu krążenia na wysiłek fizyczny
- O2pulse – ilość zużywanego tlenu na jedno uderzenie serca – efektywność układu krążenia
- VT – próg wentylacyjny to moment w trakcie wysiłku w którym wentylacja zaczyna rosnąć w sposób nieproporcjonalny do wzrostu obciążenia – świadczy o zwiększonym uwalnianiu kwasu mlekowego i jego buforowaniu
- AT – moment wysiłku w którym metabolizm zaczyna zmieniać charakter z tlenowego na beztlenowy – wyznacznik oceny wydolności organizmu

Protokół testu CPET w tym badaniu przeprowadzany był w formie testu do odmowy. Test wysiłkowy „do odmowy” znany także jako test maksymalnego wysiłku polega na próbie zmierzenia maksymalnego wysiłku jaki pacjent jest w stanie wykonać. Aby to ocenić test ten jest zakańczany gdy wystąpią specyficzne kryteria zakończenia testu. Standardowo test CPET jest zakończony gdy:

1. Badany osiągnie maksymalny poziom wysiłku określony parametrami fizjologicznymi: osiągnięcie tętna maksymalnego (HRmax), osiągnięcie wyniku równoważnika oddechowego (RER) powyżej 1.1.
2. Badany napotka psychologiczną barierę do kontynuowania wysiłku np. zniechęcenie

poprzez zmęczenie, ocena zmęczenia w skali Borga powyżej 18.

3. Zespół badawczy zaobserwuje niepokojące objawy takie jak: duszność, zawroty głowy, ból w klatce piersiowej czy nieprawidłowe odczyty z aparatury pomiarowej w tym i EKG.

Wykonywany test składał się z kilku kluczowych etapów:

1. Pomiary początkowe: Przed rozpoczęciem testu mierzono ciśnienie krwi, puls oraz saturację obwodową. Następnie pacjent zakłada maskę do analizy gazów oddechowych i elektrody EKG. (kadencja 0/min ; czas 2 min).
2. Faza rozgrzewki: Rozpoczyna się od niewielkiego wysiłku przez 5min z obciążeniem (0W; kadencja 60/min; czas 3min).
3. Faza główna: Obciążenie było systematycznie zwiększane co minutę o 10W (ilość dobrana na podstawie norm wzrostowych w testach wysiłkowych dla dzieci zgodnie z protokołem Godfrey'a), aż do osiągnięcia przez pacjenta maksymalnego wysiłku (kadencja ok 60/min).
4. Faza odpoczynku: Po maksymalnym wysiłku następowała faza odpoczynku, gdzie pacjent wykonuje łagodny wysiłek (0W ; kadencja ok. 60/min ; czas 5min).

Test (faza główna) kontynuowano do osiągnięcia przez badanego jednego z kryteriów wysiłku maksymalnego ($HR > 180$ sk/min lub $RER > 1.0$). Badanie było przerywane w momencie gdy:

1. Badany nie mógł kontynuować testu na zadanym poziomie intensywności (kadencja poniżej 60 ruchów)
2. W monitorowaniu EKG występowały zaburzenia czynności serca
3. Na własną prośbę badanego (gdy pacjent nie mógł kontynuować z powodu zmęczenia, duszności lub innych objawów sugerujących potrzebę przerwania).
4. Osiągnięcia tętna maksymalnego

Test CPET opisywany w niniejszej pracy był monitorowany przez kardiochirurga dziecięcego na podstawie EKG wysiłkowego. W badaniu wykorzystano Protokół Godfrey'a dla dzieci. Jest to obecnie złoty standard w testach kardiologicznych u dzieci. Protokół zakładał trzy kategorie zwiększania obciążenia w zależności od wzrostu. Dla badanych o wzroście nie przekraczającym 130cm obciążenie wzrastało co minutę o 10W. Dla badanych o wzroście $130\text{cm} < 150\text{cm}$ o 15W, i u badanych o wzroście przekraczającym 150cm o 20W.



Zdjęcie 6: Dziecko podczas zbierania pomiarów początkowych w trakcie testu wysiłkowego.

3.2.6 Testy psychologiczne

Testy psychologiczne zostały przeprowadzone w okresie jednego tygodnia po wykonanym teście wysiłkowym. Ocena psychologiczna odbywała się pod nadzorem dyplomowanego psychologa klinicznego, z doświadczeniem zawodowym w pracy z dziećmi, oraz w obszarze badań naukowych z udziałem dzieci. W badaniu funkcji poznawczych udział brało dziecko, natomiast kwestionariusz psychologiczny był wypełniany przez rodzica osoby badanej.

Do przeprowadzonych testów wykorzystano m.in. Test Fluencji Słownej (TFS), który stanowi dostosowaną do dzieci wersję Thurstone Word Fluency Test [60]. Test ten służy ocenie funkcji wykonawczych, zwłaszcza umiejętności przeszukiwania zasobów poznawczych mózgu. Ocena TFS pozwala na zrozumienie produktywności umysłowej oraz rozwinięcia ośrodkowego układu nerwowego, głównie płata czołowego i płatów skroniowych. Etapy testu angażują funkcje mowy, pamięci i zdolności

wykonawcze. Test Fluencji Słownej jest narzędziem cechującym się wysoką rzetelnością, cenionym przez neuropsychologów. W jego ramach badany jest zobowiązany do wypowiedzenia jak największej liczby słów w ciągu 60 sekund, związanych zadaną literą w określonej kategorii. Analiza wyników obejmuje zarówno aspekty ilościowe, jak i jakościowe, uwzględniając powtórzenia, błędy oraz pauzy między wygenerowanymi słowami. Interpretację wyników przeprowadza psycholog, uwzględniając obie wymienione perspektywy [60,61].

Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci (WISC-V):

Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci - Piąta Edycja (WISC-V) stanowi test mający zastosowanie w diagnozowaniu dzieci w wieku od 6 do 16 lat. Składający się z 21 niezależnych testów, WISC-V ocenia różnorodne aspekty inteligencji u dzieci i od 2020 roku oficjalnie jest jednym z kluczowych narzędzi wykorzystywanych przez psychologów w Polsce.

Konstrukcja skali pozwala na elastyczne dobieranie liczby testów, co eliminuje konieczność przeprowadzania wszystkich. Bezpośrednio przed przystąpieniem do samego testu, zgodnie z metodyką WISC-V, psycholog przeprowadza szczegółowy wywiad z rodzicami. W tym kontekście analizuje się główne wyzwania oraz mocne i słabe strony codziennego funkcjonowania dziecka.

W niniejszej pracy skupiono się i wykorzystano następujące wybrane podtesty:

1/ Podtest "Podobieństwa" służący do oceny zdolności do myślenia abstrakcyjnego, umiejętności porównywania, uogólniania i abstrahowania.

2/ Podtest "Powtarzanie Cyfr" ocenia zakres pamięci bezpośredniej i koncentracji uwagi.

W ten sposób WISC-V umożliwił wieloaspektową ocenę różnorodnych zdolności intelektualnych u dzieci w badanym przedziale wiekowym mogącą korespondować z pozostałą częścią niniejszych badań.

3.2.7 Metody analizy statystycznej

W celu przeprowadzenia analizy statystycznej zebranych danych użyto różnorodnych metod, mających na celu ocenę istotności statystycznej oraz porównanie różnic między grupą operowaną a grupą kontrolną. Ze względu na liczbę przebadanych dzieci w pracy przyjęto

poziom istotności statystycznej $p < 0,05$. Do analizy statystycznej wykorzystano następujące testy:

- Test Shapiro-Wilka - jest to test normalności dla mniejszych prób badawczych wykorzystywany do badania zgodności rozkładu danych. Test ten sprawdza, czy dane pochodzą z rozkładu normalnego porównując odchylenia od hipotetycznego rozkładu normalnego.
- Test T-Studenta – jest testem parametrycznym i jest używany do porównywania średnich dwóch niezależnych grup. Wynik testu T określa, jak duża jest różnica między średnimi w porównaniu do zmienności w danych. Wykorzystywany był gdy założenia merytoryczne tego testu zostały spełnione tj. gdy dane mają rozkład normalny, a wariancje grup są zbliżone. Test ten stosowany jest przy stosunkowo niewielkich próbach, gdzie liczba pacjentów jest ograniczona.
- Test U Manna Whitneya - to test nieparametryczny używany do porównywania median dwóch niezależnych grup. Jest stosowany, gdy dane nie spełniają założeń testu T-Studenta, takich jak normalność rozkładu. Test ten ocenia, czy rozkłady dwóch grup różnią się pod względem centralnej tendencji. Używa się go w sytuacjach, gdy dane są rangowe lub mają nietypowy rozkład jak np. porównanie efektów różnych interwencji w dwóch grupach pacjentów.

Poniżej przedstawiono opis metody analizy statystycznej:

Statystyki opisowe: Przeprowadzono statystyki opisowe dla obu grup, prezentując średnie wartości oraz odchylenia standardowe dla zmiennych charakteryzujących badanych, takich jak wiek, wysokość ciała, masa ciała, BMI, powierzchnia ciała (BSA) oraz poziom aktywności fizycznej (PAL). Statystyki opisowe pozwalają na uzyskanie ogólnego obrazu cech charakteryzujących obie grupy.

Podane wartości to średnie arytmetyczne, które stanowią centralne miary tendencji dla poszczególnych zmiennych w badanych grupach. Odchylenia standardowe mierzą stopień zmienności danych wokół średnich wartości, dostarczając informacji o rozproszeniu obserwacji wokół średnich. Te parametry statystyczne są kluczowe do zrozumienia centralnych tendencji i zmienności w analizie danych. Wartości minimalne (Min) i maksymalne (Max) dostarczają informacji o zakresie obserwacji, podkreślając różnorodność danych w ramach każdej z badanych grup. Odchylenie standardowe mierzy stopień

rozproszenia danych wokół średniej arytmetycznej, co pozwala na ocenę zmienności wartości w kontekście centralnej tendencji.

Niniejsze statystyki opisowe zapewniają kompleksowy obraz charakterystyki badanych grup, umożliwiając dalszą analizę statystyczną oraz wnioskowanie na temat potencjalnych różnic między grupą badaną a grupą kontrolną. Wszystkie dane były weryfikowane w pierwszej kolejności pod kątem rozkładu danych testem weryfikującym normalność rozkładu - test Shapiro-Wilka. Na tej podstawie zdecydowano o dalszym wyborze odpowiedniego testu statystycznego takiego jak T-Studenta oraz U Manna Whitneya (użycie testu statystycznego zależało od rozkładu danych - rozkład parametryczny bądź nieparametryczny).

4. Wyniki

4.1 Ogólna ocena badanych

Tabela 2 Charakterystyka wybranych parametrów i wskaźników antropometrycznych badanych dzieci

		Ogól	Grupa Kontrolna	Grupa Badana	Wartość p	Użyty test istotności
Wiek (lat)	X ± Sd	9.73 ± 0.8	9.69 ± 0.51	9.80 ± 1.14	0.6831	Test T-Studenta
	(min – max)	(7.23 – 12.3)	(8.55 – 10.4)	(7.23 – 12.3)		
	M	9.85	9.83	9.88		
BH (cm)	[Q25 – Q75]	[9.34 – 10.1]	[9.31 – 10.1]	[9.36 – 10.3]	0.5205	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	139.8 ± 6.62	139.9 ± 6.1	139.6 ± 7.63		
	(min – max)	(127 – 157.8)	(127.0 – 152.0)	132 – 157.8)		
	M	138.1	138.1	137.7	0.5087	Test T-Studenta
	[Q25 – Q75]	[134.5 – 144.7]	[136.3 – 144.8]	[133.1 – 144.0]		
	X ± Sd	49.5 ± 27.6	51.8 ± 28.2	45.7 ± 27.2		
BH (centyl)	(min – max)	(7.00 – 96.0)	(7.00 – 96.0)	(10.0 – 93.0)	0.1308	Test T-Studenta
	M	48.5	53.0	46.0		
	[Q25 – Q75]	[24.5 – 74.5]	[27.0 – 81.0]	[21.0 – 69.0]		
BW (kg)	X ± Sd	33 ± 6.41	31.7 ± 4.79	35.3 ± 8.15	0.0818	Test T-Studenta
	(min – max)	(24.9 – 55.8)	(24.9 – 42.0)	(25.0 – 55.8)		
	M	31.1	30.8	32.9		
	[Q25 – Q75]	[29.3 – 36.6]	[29.0 – 35.2]	[29.6 – 40.5]	0.7061	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	45.8 ± 24.9	40.5 ± 22.5	54.6 ± 26.8		
	(min – max)	(4.00 – 89.0)	(4.00 – 79.0)	(5.00 – 89.0)		
BM (centyl)	M	47.0	47.0	53.0	* 0.0231	Test T-Studenta
	[Q25 – Q75]	[29.0 – 60.0]	[21.0 – 53.0]	[40.0 – 79.0]		
	X ± Sd	1.3 ± 0.14	1.28 ± 0.12	1.34 ± 0.18		
BSA (m ²)	(min – max)	(1.08 – 1.79)	(1.08 – 1.51)	(1.16 – 1.79)	* 0.0045	Test T-Studenta
	M	1.26	1.25	1.31		
	[Q25 – Q75]	[1.22 – 1.38]	[1.23 – 1.38]	[1.21 – 1.38]		
BMI (kg·m ⁻²)	X ± Sd	16.8 ± 2.13	16.1 ± 1.33	17.9 ± 2.70	* 0.0045	Test T-Studenta
	(min – max)	(12.6 – 22.4)	(13.9 – 19.5)	(12.6 – 22.4)		
	M	16.5	16.3	17.5		
	[Q25 – Q75]	[15.3 – 17.5]	[15.2 – 16.7]	[16.3 – 20.2]	0.7801	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	45 ± 25.5	36.4 ± 20.4	59.3 ± 27.5		
	(min – max)	(0.10 – 91.0)	(4.00 – 77.0)	(0.10 – 91.0)		
BMI (centyl)	M	43.0	38.0	60.0	* 0.0010	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[24.0 – 65.0]	[20.0 – 52.0]	[47.0 – 83.0]		
	X ± Sd	27.6 ± 4.1	27.5 ± 3.58	27.9 ± 4.98		
FFM [kg]	(min – max)	(21.9 – 39.1)	(21.9 – 33.4)	(22.1 – 39.1)	* 0.0001	Test U Manna-Whitneya
	M	27.3	27.2	27.4		
	[Q25 – Q75]	[24.1 – 30.7]	[25.0 – 31.1]	[24.1 – 30.3]		
FM [kg]	X ± Sd	5.40 ± 2.91	4.18 ± 1.56	7.44 ± 3.52	* 0.0010	Test U Manna-Whitneya
	(min – max)	(2.27 – 16.7)	(2.27 – 8.57)	(2.93 – 16.7)		
	M	4.78	3.77	6.57		
	[Q25 – Q75]	[3.27 – 6.66]	[3.23 – 4.88]	[5.48 – 10.3]	* 0.0001	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	15.7 ± 5.38	12.9 ± 3.17	20.2 ± 5.27		
	(min – max)	(9.00 – 29.9)	(9.00 – 20.4)	(11.7 – 29.9)		
	M	13.9	12.0	19.1	* 0.0001	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[11.5 – 19.0]	[10.7 – 13.9]	[16.7 – 23.3]		
	X ± Sd	61.8 ± 3.93	63.7 ± 2.34	58.4 ± 3.83		
TBW					* 0.0001	Test U Manna-Whitneya

[%]	(min – max)	(51.3 – 66.7)	(58.1 – 66.7)	(51.3 – 64.8)	* 0.0001	Test U Manna-Whitneya
	M	63.0	64.5	59.3		
PAL	[Q25 – Q75]	[59.3 – 64.9]	[62.9 – 65.3]	[56.2 – 60.9]	* 0.0010	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	2.48 ± 0.78	2.84 ± 0.47	1.87 ± 0.83		
(lat)	(min – max)	(1.00 – 3.00)	(1.00 – 3.00)	(1.00 – 3.00)	* 0.0005	Test U Manna-Whitneya
	M	3.00	3.00	2.00		
ST	[Q25 – Q75]	[2.00 – 3.00]	[3.00 – 3.00]	[1.00 – 3.00]	* 0.0005	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	2.39 ± 2.05	3.16 ± 1.68	1.10 ± 2.00		
(lat)	(min – max)	(0.00 – 7.00)	(0.00 – 7.00)	(0.00 – 7.00)	* 0.0005	Test U Manna-Whitneya
	M	2.00	2.00	0.00		
	[Q25 – Q75]	[0.25 – 4.00]	[2.00 – 5.00]	[0.00 – 2.00]	* 0.0005	Test U Manna-Whitneya

Dane przedstawiono jako: X±Sd średnia ± odchylenie standardowe; min-max minimum maksimum, M mediana, Q25-Q75 kwartył 25 i 75, * różnice istotne statystycznie $p \leq 0.05$, VSD ubytek przegrody międzykomorowej, ASD ubytek przegrody międzyprzedsionkowej, BH wysokość ciała, BM masa ciała, BSA powierzchnia ciała, BMI wskaźnik względnej masy ciała, FFM beztłuszczowa masa ciała, FM masa tkanki tłuszczowej, TBW całkowita objętość wody, PAL poziom aktywności fizycznej, ST staż treningowy,

Powyższa tabela prezentuje charakterystykę wybranych parametrów i wskaźników antropometrycznych badanych dzieci. Wyodrębnione zostały trzy główne kolumny z wynikami: Ogół – wyniki danego parametru dla wszystkich dzieci łącznie, Grupę Kontrolną – wyniki dzieci z grupy kontrolnej oraz Grupę Badaną – wyniki dzieci z ubytkiem przegrody międzykomorowej (VSD) lub ubytkiem przegrody międzyprzedsionkowej (ASD):

- Wiek dzieci we wszystkich grupach był zbliżony do 9 lat, co sugeruje, że badane dzieci znajdowały się w podobnym stadium rozwoju.
- Nie zaobserwowano istotnych różnic w wysokości ciała (BH) pomiędzy grupami, co sugeruje, że dzieci z Grupy Badanej rozwijały się fizycznie podobnie do dzieci z Grupy Kontrolnej pod względem wzrostu.
- Grupa Badana przejawia tendencję do większej masy ciała (BM). To sugeruje, że dzieci z wadami serca mają skłonność do wyższej masy ciała, co może być związane z różnymi czynnikami, takimi jak ograniczenia aktywności fizycznej.
- Istotne różnice w BMI ogólnym oraz BMI centylowym pomiędzy grupą kontrolną a grupą badaną sugerują, że dzieci z wadami serca mogą być bardziej narażone na nadwagę lub otyłość w porównaniu z ich zdrowymi rówieśnikami.
- Brak istotnych różnic pomiędzy grupami w beztłuszczowej masie ciała (FFM) wskazuje na podobną ilość tkanki mięśniowej w obu grupach.
- Istotne różnice w masie tkanki tłuszczowej (FM) pomiędzy grupami sugerują, że dzieci z grupy badanej mogą mieć tendencję do gromadzenia większej ilości tkanki tłuszczowej w porównaniu z grupą kontrolną.

- Istotne różnice w procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (FM%) wskazują na potencjalnie większe ryzyko otyłości u dzieci z grupy kontrolnej.
- Wynik oceny poziomu aktywności fizycznej (PAL) wskazuje na potencjalne ograniczenia w aktywności fizycznej u dzieci w grupie badanej.
- Istotne różnice w całkowitej objętości wody (TBW) sugerują, że dzieci z wadami serca mogły mieć inne parametry metaboliczne lub regulację wody niż ich zdrowi rówieśnicy.
- Staż treningowy (ST) sugeruje że dzieci z grupy badanej mogły mieć ograniczoną historię udziału w aktywnościach sportowych w porównaniu z grupą kontrolną.

Na podstawie uzyskanych wyników zidentyfikowano potencjalne czynniki ryzyka związane z wadami serca u dzieci oraz ich wpływu na skład ciała i aktywność fizyczną, a także potwierdzono jednorodność grup.

4.2 Analiza wyników badań wydolnościowych

Tabela 3: Charakterystyka wartości bezwzględnych wybranych parametrów i wskaźników mierzonych w warunkach wysiłku fizycznego o intensywności maksymalnej u badanych dzieci.

		Ogół	GRUPA KONTROLNA	GRUPA BADANA	Wartość p	Wybrany test istotności
T_{max} (min)	X ± Sd	6:55 ± 1:45	7:50 ± 1:14	5:24 ± 1:22	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(2:15 – 10:5)	(6:00 – 10:5)	(2:15 – 7:30)		
	M	0.29	0.32	0.23		
	[Q25 – Q75]	[6:00 – 8:00]	[7:45 – 8:30]	[4:30 – 6:30]		
WR_{peak} (W)	X ± Sd	108.4 ± 25.7	120.2 ± 19.1	88.7 ± 23.5	* 0.0002	Test U Manna-Whitneya
	(min – max)	(30.0 – 150.0)	(90.0 – 150.0)	(30.0 – 120.0)		
	M	105.0	120.0	90.0		
	[Q25 – Q75]	[90.0 – 120.0]	[105.0 – 135.0]	[75.0 – 105.0]		
VE_{peak} (L·min ⁻¹)	X ± Sd	51.2 ± 14.3	57.8 ± 11.4	40.1 ± 11.5	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(19.0 – 85.0)	(37.0 – 85.0)	(19.0 – 65.0)		
	M	51.5	55.0	42.0		
	[Q25 – Q75]	[42.0 – 62.5]	[51.0 – 64.0]	[33.0 – 45.0]		
HR_{peak} (1·min ⁻¹)	X ± Sd	181.2 ± 16.2	187.7 ± 10.1	170.4 ± 19	* 0.004	Test T-Studenta
	(min – max)	(125.0 – 206.0)	(166.0 – 206.0)	(125.0 – 190.0)		
	M	187.0	190.0	173.0		
	[Q25 – Q75]	[172.0 – 193.0]	[181.0 – 193.0]	[157.0 – 190.0]		
SpO_{2peak} (%)	X ± Sd	94.4 ± 4.95	94.9 ± 3.82	93.4 ± 6.47	0.8231	Test U Manna-Whitneya
	(min – max)	(78.0 – 100.0)	(84.0 – 100.0)	(78.0 – 100.0)		
	M	96.0	96.0	97.0		
	[Q25 – Q75]	[91.0 – 98.0]	[93.0 – 98.0]	[88.0 – 98.0]		
VO_{2peak} (mL·min ⁻¹)	X ± Sd	1445.9 ± 295.1	1581.9 ± 260.9	1219.2 ± 194.4	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(848.0 – 1981.0)	(1071.0 – 1981.0)	(848.0 – 1542.0)		
	M	1425.0	1666.0	1152.0		
	[Q25 – Q75]	[1162.5 – 1685]	[1351 – 1771]	[1093.0 – 1417.0]		
VCO_{2peak} (mL·min ⁻¹)	X ± Sd	1544.3 ± 369.6	1714.7 ± 313.7	1260.3 ± 271.4	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(701.0 – 2307.0)	(1140.0 – 2307.0)	(701.0 – 1708.0)		
	M	1555.0	1726.0	1259.0		
	[Q25 – Q75]	[1266.0 – 1759.0]	[1518 – 1882]	[1107.0 – 1438.0]		
VO_{2peak} (L·min ⁻¹)	X ± Sd	1.45 ± 0.3	1.58 ± 0.26	1.22 ± 0.19	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(0.85 – 1.98)	(1.07 – 1.98)	(0.85 – 1.54)		
	M	1.43	1.67	1.15		
	[Q25 – Q75]	[1.16 – 1.69]	[1.35 – 1.77]	[1.09 – 1.42]		
VCO_{2peak} (L·min ⁻¹)	X ± Sd	1.55 ± 0.37	1.72 ± 0.31	1.26 ± 0.27	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(0.70 – 2.31)	(1.14 – 2.31)	(0.70 – 1.71)		
	M	1.56	1.73	1.26		
	[Q25 – Q75]	[1.27 – 1.76]	[1.52 – 1.88]	[1.11 – 1.44]		
EqO_{2peak}	X ± Sd	31.2 ± 5.09	32.8 ± 4.11	28.5 ± 5.54	* 0.0078	Test T-Studenta
	(min – max)	(18.3 – 40.5)	(26.8 – 40.5)	(18.3 – 37.9)		
	M	30.8	32.0	27.2		
	[Q25 – Q75]	[27.5 – 35.65]	[28.8 – 35.8]	[25.7 – 32.9]		
EqCO_{2peak}	X ± Sd	29.2 ± 3.14	30.2 ± 2.69	27.5 ± 3.20	* 0.0071	Test T-Studenta

	(min – max)	(22.1 – 34.6)	(25.7 – 34.6)	(22.1 – 34.3)		
	M	29.0	29.7	27.4		
	[Q25 – Q75]	[27.0 – 31.4]	[28.3 – 32.8]	[24.8 – 29.2]		
P_{ET}O_{2peak} (kPa)	X ± Sd	15.5 ± 0.7	15.7 ± 0.46	15.1 ± 0.84	* 0.0118	Test T-Studenta
	(min – max)	(13.2 – 16.4)	(14.9 – 16.4)	(13.2 – 16.2)		
	M	15.7	15.8	15.1		
	[Q25 – Q75]	[15.0 – 16.0]	[15.4 – 16.1]	[14.6 – 15.9]		
P_{ET}CO_{2peak} (kPa)	X ± Sd	4.66 ± 0.48	4.52 ± 0.38	4.89 ± 0.55	* 0.0283	Test T-Studenta
	(min – max)	(3.86 – 5.82)	(3.86 – 5.31)	(4.04 – 5.82)		
	M	4.60	4.58	5.07		
	[Q25 – Q75]	[4.33 – 5.05]	[4.17 – 4.8]	[4.45 – 5.31]		

Dane przedstawiono jako: X±Sd średnia ± odchylenie standardowe; min-max minimum maksimum, M mediana, Q25-Q75 kwartył 25 i 75, * różnice istotne statystycznie $p \leq 0.05$, VSD ubytek przegrody międzykomorowej, ASD ubytek przegrody międzyprzedsionkowej, T_{max} całkowity czas pracy do przerwania wysiłku fizycznego, WR wielkość pracy, VE wentylacja minutowa płuc, HR częstość skurczów serca, SpO₂ saturacja krwi włosniczkowej, VO₂ objętość poboru tlenu, VCO₂ objętość wydychanego dwutlenku węgla, EqO₂ ekwiwalent tlenowy, EqCO₂ ekwiwalent dwutlenku węgla, P_{ET}O₂- ciśnienie parcjale tlenu w powietrzu końcowo-wydechowym, P_{ET}CO₂- ciśnienie parcjale dwutlenku węgla w powietrzu końcowo-wydechowym

Analiza wyników przedstawionych w tabeli 3 umożliwia lepsze zrozumienie charakterystyki wartości bezwzględnych wybranych parametrów i wskaźników mierzonych w warunkach wysiłku fizycznego o intensywności maksymalnej u badanych dzieci, zarówno ogółem, jak i w poszczególnych grupach.

Całkowity czas pracy do przerwania wysiłku fizycznego (T_{max}) wykazuje istotne różnice pomiędzy grupą kontrolną a grupą badaną, co sugeruje, że dzieci z wadami serca miały niższą wydolność fizyczną w porównaniu z dziećmi zdrowymi.

Wielkość pracy (WR_{peak}) wykazuje istotne różnice pomiędzy grupami, co wskazuje na potencjalne ograniczenia wydolnościowe u dzieci w grupie badanej.

Wentylacja minutowa płuc (VE_{peak}) różni się istotnie pomiędzy grupą kontrolną a grupą badaną, co sugeruje różnice w efektywności oddychania podczas intensywnego wysiłku.

Częstość skurczów serca (HR_{peak}) różni się istotnie, sugerując, że dzieci z grupy badanej mogły osiągnąć niższe wartości tętna podczas intensywnego wysiłku w porównaniu z dziećmi kontrolnymi.

Saturacja krwi włosniczkowej (SpO_{2peak}) nie wykazuje istotnych różnic między grupami, co wskazuje, że saturacja krwi włosniczkowej podczas maksymalnego wysiłku fizycznego była podobna u dzieci z wadami serca i zdrowymi dziećmi.

Objętość poboru tlenu (VO_{2peak}) wykazuje istotne różnice, sugerując, że dzieci z grupy badanej osiągnęły niższe wartości VO_{2peak} , co może być związane z ograniczeniami sercowo-naczyniowymi.

Objętość wydychanego dwutlenku węgla (VCO_{2peak}) różni się istotnie, co sugeruje, że dzieci z grupy badanej miały ograniczoną zdolność do usuwania dwutlenku węgla podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Ekwiwalent tlenowy (EqO_{2peak}) i ekwiwalent dwutlenku węgla ($EqCO_{2peak}$) wykazują istotne różnice, co sugeruje różnice w metabolizmie energetycznym podczas intensywnego wysiłku fizycznego pomiędzy grupami.

Ciśnienie parcjalne tlenu i dwutlenku węgla w powietrzu końcowym ($PETO_{2peak}$, $PETCO_{2peak}$) różni się istotnie, co sugeruje różnice w wymianie gazowej u dzieci z grupy badanej w porównaniu z dziećmi zdrowymi.

Analiza tych wyników dostarcza istotnych informacji na temat wydolności fizycznej i funkcji sercowo-naczyniowej u dzieci z wadami serca oraz przyczynia się do lepszego zrozumienia ograniczeń fizycznych związanych z tą chorobą.

Tabela 4: Charakterystyka wartości względnych wybranych parametrów i wskaźników mierzonych w warunkach wysiłku fizycznego o intensywności maksymalnej u badanych dzieci.

		Ogół	Grupa Kontrolna	Grupa Badana	wartość p	Wybrany test istotności
WR_{peak} (W·kg ⁻¹)	X ± Sd	3.36 ± 0.86	3.82 ± 0.49	2.58 ± 0.79	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(1.01 – 4.87)	(3.10 – 4.87)	(1.01 – 3.65)		
	M	3.45	3.85	2.22		
MET_{peak}	[Q25 – Q75]	[3.10 – 3.94]	[3.41 – 4.04]	[2.06 – 3.37]	* p<0.0001	Test T-Studenta
	X ± Sd	12.8 ± 2.74	14.3 ± 1.78	10.1 ± 1.94		
	(min – max)	(6.88 – 18.4)	(11.9 – 18.4)	(6.88 – 13.4)		
VE_{peak} (L·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	M	12.7	14.1	10.4	* p<0.0001	Test T-Studenta
	[Q25 – Q75]	[11.25 – 14.8]	[12.8 – 15.6]	[8.21 – 11.9]		
	X ± Sd	1.59 ± 0.47	1.84 ± 0.31	1.17 ± 0.40		
VO_{2peak} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	(min – max)	(0.61 – 2.56)	(1.31 – 2.56)	(0.61 – 1.98)	* p<0.0001	Test T-Studenta
	M	1.69	1.78	1.04		
	[Q25 – Q75]	[1.27 – 1.94]	[1.67 – 2.08]	[0.87 – 1.42]		
VO_{2peak} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	X ± Sd	44.7 ± 9.58	50.2 ± 6.22	35.5 ± 6.8	* p<0.0001	Test T-Studenta
	(min – max)	(24.1 – 64.3)	(41.7 – 64.3)	(24.1 – 46.9)		
	M	44.5	49.2	36.3		
VCO_{2peak} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	[Q25 – Q75]	[39.4 – 51.8]	[45.0 – 54.5]	[28.7 – 41.7]	* p<0.0001	Test T-Studenta
	X ± Sd	47.7 ± 11.6	54.3 ± 7.03	36.7 ± 9.15		
	(min – max)	(23.7 – 69.0)	(44.5 – 69.0)	(23.7 – 51.9)		
RER_{peak}	M	48.4	55.2	35.4	0.1106	Test T-Studenta
	[Q25 – Q75]	[41.7 – 56.5]	[48.3 – 59.0]	[30.3 – 46.6]		
	X ± Sd	1.06 ± 0.09	1.08 ± 0.07	1.03 ± 0.11		
VO_{2-pulsepeak} (mL·kg ⁻¹ ·100)	(min – max)	(0.83 – 1.20)	(0.96 – 1.20)	(0.83 – 1.19)	* p<0.0001	Test T-Studenta
	M	1.07	1.07	1.02		
	[Q25 – Q75]	[1.01 – 1.14]	[1.04 – 1.14]	[0.96 – 1.13]		
VO_{2peak}/HR_{peak} (mL·l ⁻¹)	X ± Sd	24.6 ± 4.43	26.8 ± 3.49	20.9 ± 3.26	* 0.0013	Test T-Studenta
	(min – max)	(13.4 – 35.5)	(21.3 – 35.5)	(13.4 – 25.5)		
	M	24.1	26.0	21.6		
VO_{2peak}/HR_{peak} (mL·l ⁻¹)	[Q25 – Q75]	[22.1 – 27.2]	[24.0 – 28.8]	[19.9 – 22.9]	* 0.0013	Test T-Studenta
	X ± Sd	7.96 ± 1.37	8.44 ± 1.38	7.17 ± 0.92		
	(min – max)	(5.77 – 10.6)	(5.98 – 10.6)	(5.77 – 9.16)		
VO_{2peak}/HR_{peak} (mL·l ⁻¹)	M	7.63	8.78	6.96	* 0.0013	Test T-Studenta
	[Q25 – Q75]	[6.83 – 9.10]	[7.12 – 9.57]	[6.64 – 7.67]		

Dane przedstawiono jako: X±Sd średnia± odchylenie standardowe; min-max minimum maksimum, M mediana, Q25-Q75 kwartył 25 i 75, * różnice istotne statystycznie p ≤ 0.05, WR wielkość pracy, MET ekwiwalent metaboliczny, VE wentylacja minutowa płuc, VO₂ objętość poboru tlenu, VCO₂ objętość wydychanego dwutlenku węgla, RER – współczynnik wymiany oddechowej, VO_{2-pulse} tętno tlenowe, VO_{2peak}/HR_{peak} tętno tlenowe

Analiza wyników przedstawionych w tabeli 4 umożliwia lepsze zrozumienie charakterystyki wartości względnych wybranych parametrów i wskaźników mierzonych w warunkach wysiłku fizycznego o intensywności maksymalnej u badanych dzieci, zarówno ogółem, jak i w poszczególnych grupach.

Wielkość pracy w przeliczeniu na masę ciała (WR_{peak}) wykazuje istotne różnice pomiędzy grupą kontrolną a grupą VSD/ASD, co sugeruje, że dzieci z wadami serca miały niższą wydolność fizyczną w porównaniu z dziećmi zdrowymi, uwzględniając ich masę ciała.

Ekwiwalent metaboliczny (METpeak) wykazuje istotne różnice pomiędzy grupami, co wskazuje na potencjalne różnice w zużyciu tlenu podczas intensywnego wysiłku fizycznego. Dzieci z grupy badanej wykazywały niższy poziom metaboliczny w porównaniu z dziećmi kontrolnymi.

Wentylacja minutowa płuc w przeliczeniu na masę ciała (VEpeak) różni się istotnie pomiędzy grupami, co sugeruje, że dzieci z grupy badanej miały inne reakcje oddechowe podczas intensywnego wysiłku fizycznego w porównaniu z dziećmi kontrolnymi.

Objętość poboru tlenu w przeliczeniu na masę ciała (VO2peak) wykazuje istotne różnice pomiędzy grupami, co sugeruje, że dzieci z grupy badanej wykazały niższą zdolność do pobierania tlenu w trakcie wysiłku fizycznego w porównaniu z dziećmi kontrolnymi, uwzględniając ich masę ciała.

Objętość wydychanego dwutlenku węgla w przeliczeniu na masę ciała (VCO2peak) różni się istotnie pomiędzy grupami, co sugeruje, że dzieci z grupy badanej miały inną produkcję dwutlenku węgla w trakcie intensywnego wysiłku fizycznego w porównaniu z dziećmi kontrolnymi, uwzględniając ich masę ciała.

Współczynnik wymiany oddechowej (RERpeak) nie wykazuje istotnych różnic między grupami, co wskazuje na podobny stosunek produkcji dwutlenku węgla do poboru tlenu podczas maksymalnego wysiłku fizycznego.

Tętno tlenowe (VO2-pulsepeak) wykazuje istotne różnice, co sugeruje, że dzieci z grupy badanej wykazywały inne relacje pomiędzy tętnem a poborem tlenu podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Stosunek objętości poboru tlenu do częstości skurczów serca (VO2peak/HRpeak) wykazuje istotne różnice pomiędzy grupami, co wskazuje na potencjalne różnice w efektywności tlenowej u dzieci z grupy badanej w porównaniu z dziećmi z grupy kontrolnej.

Analiza tych wyników dostarcza istotnych informacji na temat relacji między wydolnością fizyczną a masą ciała u dzieci z wadami serca oraz przyczynia się do lepszego zrozumienia adaptacji układu oddechowego i sercowo-naczyniowego podczas wysiłku fizycznego w tej populacji.

Tabela 5: Charakterystyka wybranych parametrów i wskaźników odpowiedzi organizmu badanych dzieci na wysiłek fizyczny o intensywności maksymalnej, w odniesieniu do wartości referencyjnych.

		Ogół	Grupa Kontrolna	Grupa Badana	wartość p	Wybrany test istotności
WR_{peak_W} (% predicted)	X ± Sd	91 ± 20.9	99.4 ± 12.9	77.1 ± 24.5		
	(min – max)	(29.7 – 138.0)	(70.6 – 122.5)	(29.7 – 138.0)		
	M	92.8	103.5	78.5	* 0.0006	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[78.7 – 105.0]	[92.8 – 107.9]	[62.7 – 80.5]		
WR_{peak_W}·kg⁻¹ (% predicted)	X ± Sd	99 ± 24.7	110 ± 14.3	80.6 ± 27.6	* 0.0012	Test T-Studenta
	(min – max)	(30.5 – 139.6)	(90.0 – 139.6)	(30.5 – 118.9)		
	M	104.8	109.6	69.1		
	[Q25 – Q75]	[90.6 – 115.6]	[98.8 – 118.2]	[61.4 – 107.9]		
HR_{peak_1}·min⁻¹ (% predicted)	X ± Sd	96.9 ± 8.71	100.7 ± 5.30	90.6 ± 9.74		
	(min – max)	(67.6 – 109.4)	(88.9 – 109.4)	(67.6 – 102.2)		
	M	99.7	101.8	92.1	* 0.0003	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[92.0 – 103.6]	[97.5 – 104]	[83.0 – 99.9]		
VE_{peak_L}·min⁻¹ (% predicted)	X ± Sd	86.2 ± 23	96 ± 17.6	69.7 ± 21.9	* 0.0002	Test T-Studenta
	(min – max)	(33.1 – 130.3)	(68.9 – 130.3)	(33.1 – 118.6)		
	M	86.3	95.9	68.1		
	[Q25 – Q75]	[69.1 – 101.8]	[85.9 – 110]	[54.2 – 79.0]		
VE_{peak_L}·kg⁻¹·min⁻¹ (% predicted)	X ± Sd	93.7 ± 27.2	106.1 ± 18.6	73.0 ± 27.0		
	(min – max)	(34.9 – 146.6)	(75.1 – 146.6)	(34.9 – 126.7)		
	M	99.1	104.2	61.0	* 0.0008	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[75.5 – 112.0]	[95.2 – 119.1]	[55.9 – 91.7]		
VO_{2peak_L}·min⁻¹ (% predicted)	X ± Sd	88.5 ± 16	93.8 ± 13.0	79.7 ± 17.1		
	(min – max)	(56.2 – 123.6)	(66.2 – 113.5)	(56.2 – 123.6)		
	M	87.3	98.2	78.0	* 0.0062	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[75.15 – 101.2]	[85.7 – 102.7]	[68.6 – 84.5]		
VO_{2peak_mL}·kg⁻¹·min⁻¹ (% predicted)	X ± Sd	98.5 ± 19.2	107.2 ± 13.2	84 ± 19.4	* 0.0005	Test T-Studenta
	(min – max)	(59.3 – 136.7)	(87.4 – 136.7)	(59.3 – 116.5)		
	M	101.9	108.4	76.3		
	[Q25 – Q75]	[90.4 – 111.6]	[96.5 – 114.9]	[66.3 – 103.2]		
RER_{peak} (% predicted)	X ± Sd	93.0 ± 7.61.0	95.2 ± 5.71	89.4 ± 9.11	* 0.0384	Test T-Studenta
	(min – max)	(72.7 – 104.5)	(84.2 – 104.5)	(72.7 – 102.1)		
	M	94.3	94.4	90.1		
	[Q25 – Q75]	[88.8 – 98.9]	[91.3 – 100.4]	[84.4 – 98.0]		

O₂-pulse_{peak} mL·min ⁻¹ (% predicted)	X ± Sd (min – max) M [Q25 – Q75]	96.5 ± 13.8 (72.0 – 120.0) 99.8 [86.6 – 107.9]	99.7 ± 13.1 (72.0 – 118.9) 103.4 [91.3 – 109.1]	91.2 ± 13.6 (73.8 – 120.0) 88.9 [79.9 – 100.8]	0.0612	Test U Manna-Whitneya
O₂-pulse_{peak} L·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ (% predicted)	X ± Sd (min – max) M [Q25 – Q75]	103.8 ± 16.3 (63.7 – 143.7) 103.9 [92.2 – 114.9]	109.2 ± 13.6 (85.2 – 143.7) 107.8 [100.4 – 115.5]	94.8 ± 16.9 (63.7 – 122.8) 93.7 [81.3 – 109.4]	* 0.0053	Test T-Studenta

Dane przedstawiono jako: X±Sd średnia ± odchylenie standardowe; min-max minimum maksimum, M mediana, Q25-Q75 kwartył 25 i 75, * różnice istotne statystycznie p ≤ 0.05

Analiza wyników przedstawionych w tabeli 5 dotyczących odpowiedzi organizmu badanych dzieci na wysiłek fizyczny o intensywności maksymalnej w odniesieniu do wartości referencyjnych umożliwia zrozumienie różnic między grupą kontrolną a grupą badaną.

Wielkość pracy w przeliczeniu na masę ciała (% predykcji) (WR_{peak_W}) wykazuje, że dzieci z grupy badanej osiągają niższą wielkość pracy w przeliczeniu na masę ciała w porównaniu z wartościami referencyjnymi, co może sugerować ograniczoną zdolność do wykonywania intensywnego wysiłku fizycznego.

Wielkość pracy w przeliczeniu na masę ciała (% predykcji) (WR_{peak_W2kg-1}) również wykazuje, że dzieci z grupy badanej osiągnęły niższe wartości w porównaniu z wartościami referencyjnymi, co może świadczyć o ograniczonej zdolności do wykonywania pracy fizycznej na jednostkę masy ciała.

Maksymalna częstość skurczów serca (% predykcji) (HR_{peak_1min-1}) była niższa u dzieci z grupy badanej w porównaniu z wartościami referencyjnymi, co sugeruje ograniczoną zdolność do osiągania maksymalnej częstości pracy serca podczas wysiłku fizycznego.

Maksymalna wentylacja minutowa płuc w przeliczeniu na masę ciała (% predykcji) (VE_{peak_Lkg-1min-1}) wykazała niższe wartości u dzieci z grupy badanej w porównaniu z wartościami referencyjnymi, co sugeruje ograniczoną zdolność do dostarczania tlenu do tkanek podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Maksymalna objętość poboru tlenu w przeliczeniu na masę ciała (% predykcji) ($\text{VO}_{2\text{peak_Lmin-1}}$) była niższa u dzieci z grupy badanej w porównaniu z wartościami referencyjnymi, co sugeruje ograniczoną zdolność do wykorzystania tlenu podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Maksymalna objętość poboru tlenu w przeliczeniu na masę ciała (% predykcji) ($\text{VO}_{2\text{peak_mLkg-1min-1}}$) również wykazała niższe wartości u dzieci z grupy badanej w porównaniu z wartościami referencyjnymi, co sugeruje ograniczoną zdolność do wykorzystania tlenu podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Współczynnik wymiany oddechowej (% predykcji) (RER_{peak}) nie wykazał istotnych różnic między grupami, co wskazuje na podobny stosunek produkcji dwutlenku węgla do poboru tlenu podczas maksymalnego wysiłku fizycznego.

Tętno tlenowe w przeliczeniu na masę ciała (% predykcji) ($\text{O}_2\text{-pulse}_{\text{peak_Lkg-1min-1}}$) było niższe u dzieci z grupy badanej w porównaniu z wartościami referencyjnymi, co sugeruje ograniczoną zdolność do efektywnego transportu tlenu do tkanek podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Na podstawie wyników można zaobserwować, że grupa badana osiąga parametry charakterystyczne dla wysiłku maksymalnego, takie jak $\text{HR}_{\text{max}} > 180$ sk/min oraz wartości $\text{RER} > 1$.

Analiza niniejszych wyników dostarcza istotnych informacji na temat reakcji organizmu dzieci z wadami serca na intensywny wysiłek fizyczny oraz pomaga w identyfikacji potencjalnych obszarów deficytów i potrzeb interwencyjnych.

4.3 Analiza wyników z badania psychologicznego

Wyniki przedstawione w tabeli 6 i wykresie 1 wskazują na bardzo zbliżony rozwój zdolności psychologiczno-poznawczych w obu grupach. Indywidualna ocena psychologa dziecięcego wskazała na prawidłowy, tj. mieszczący się w zakresach normy, rozwój dzieci zarówno w grupie kontrolnej jak i w grupie badanej.

Tabela 6: Wyniki testów psychologicznych – porównanie obu grup.

		Ogół	GRUPA KONTROLNA	GRUPA BADANA	wartość p	Wybrany test istotności
TFS-K	X ± Sd	8,85 ± 3,32	9,04 ± 3,37	8,53 ± 3,31	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	(min – max)	(3,00 – 17,00)	(3,00 – 17,00)	(3,00 – 16,00)		
	M	8,50	9,00	8,00		
TFS-Z	[Q25 – Q75]	[6,00 – 10,00]	[6,50 – 10,00]	[6,00 – 11,00]	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	16,80 ± 4,95	16,04 ± 3,79	18,07 ± 6,39		
	(min – max)	(9,00 – 30,00)	(9,00 – 24,00)	(9,00 – 30,00)		
TP/WS	M	16,00	16,00	18,00	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[12,00 – 19,75]	[14,00 – 19,00]	[12,00 – 23,00]		
	X ± Sd	21,055 ± 5,77	20,72 ± 5,51	21,60 ± 6,33		
TP/WS	(min – max)	(8,00-32,00)	(8,00 – 30,00)	(10,00 – 21,00)	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	M	21,00	20,00	22,00		
	[Q25 – Q75]	[14,50-25,75]	[17,00 – 25,00]	[15,00 – 27,00]		
TP/WS	X ± Sd	8,45 ± 2,69	8,44 ± 2,63	8,47 ± 2,88	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	(min – max)	(4,00 – 14,00)	(5,00 – 14,00)	(4,00 – 12,00)		
	M	8,00	8,00	9,00		
CWp	[Q25 – Q75]	[6,00 - 10,75]	[6,00 – 10,75]	[6,00 – 11,00]	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	7,08 ± 1,18	7,28 ± 0,94	6,80 ± 1,47		
	(min – max)	(3,00 – 9,00)	(5,00 - 9,00)	(3,00 – 9,00)		
CWs	M	7,00	7,00	7,00	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[6,00 - 8,00]	[7,00 – 8,00]	[6,00-8,00]		
	X ± Sd	8,48 ± 1,77	8,08 ± 1,63	9,13 ± 1,85		
CO/WS	(min – max)	(4,00 – 12,00)	(4,00 – 11,00)	(4,00 - 12,00)	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	M	9,00	8,00	9,00		
	[Q25 – Q75]	[7,00 – 10,00]	[7,50 – 9,00]	[9,00-10,00]		
CO/WS	X ± Sd	15,58 ± 2,06	15,36 ± 2,04	15,93 ± 2,12	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	(min – max)	(12,00 - 20,00)	(12,00 – 20,00)	(12,00 - 19,00)		
	M	15,50	15,00	16,00		
CO/WS	[Q25 – Q75]	[13,50 – 17,00]	[14,50 – 17,00]	[15,00 – 18,00]	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	X ± Sd	6,78 ± 1,40	6,76 ± 1,36	6,80 ± 1,52		
	(min – max)	(4,00 – 9,00)	(4,00 – 9,00)	(4,00 – 9,00)		
CO/WS	M	7,00	7,00	7,00	p>0,1	Test U Manna-Whitneya
	[Q25 – Q75]	[5,50 – 8,00]	[6,00 – 8,00]	[6,00 – 8,00]		

Dane przedstawiono jako: X±Sd średnia ± odchylenie standardowe; min-max minimum maksimum, M mediana, Q25-Q75 kwartył 25 i 75; TFS-K Test Fluencji Słownej Litera K ; TFS-Z Test Fluencji Słownej Zwierzęta; TP/WS Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci Test Podobieństwa Wyniki Surowe; TP/WS Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci Test Podobieństwa Wyniki Przeliczone; CWp Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci Cyfry Wprost; CWs Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci Cyfry Wspak; CO/WS Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci Cyfry Ogółem Wyniki Surowe; CO/WS Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci Cyfry Ogółem Wyniki Przeliczone.

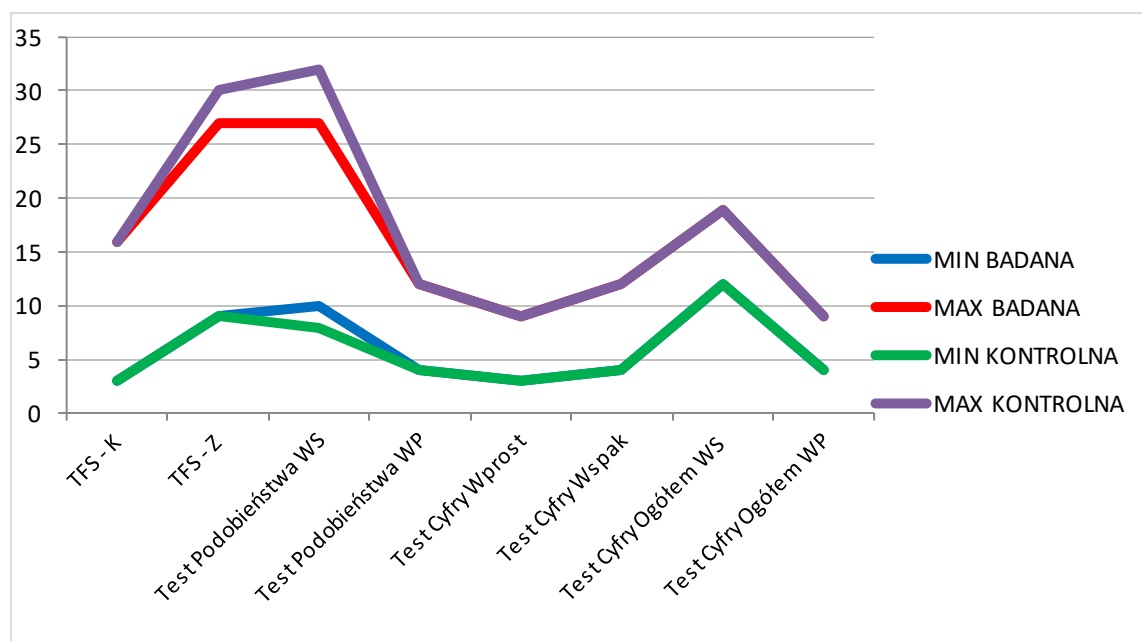
Przeprowadzone analizy wyników Testu Fluencji Słownej na literę „K” (TFS-K) nie wykazały różnic pomiędzy grupą kontrolną a grupą badaną. Wyniki te sugerują, że poziom funkcji wykonawczych związanych z przeszukiwaniem zasobów poznawczych oraz generowaniem słów na zadaną literę jest zbliżony w obu grupach.

Podobnie, analiza wyników Testu Fluencji Słownej w kategorii „Zwierzęta” (TFS-Z) nie ujawniła istotnych różnic pomiędzy grupą badaną a kontrolną. Wskazuje to na porównywalny poziom przeszukiwania zasobów semantycznych, które odpowiadają za generowanie słów w ramach szerokich kategorii semantycznych, jak również na zbliżone strategie organizacyjne wykorzystywane w tym procesie.

W odniesieniu do wybranych podtestów Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci (Test Podobieństwa - TP), zarówno w przypadku wyników surowych (WS), jak i przeliczonych (WP) uwzględniających wiek badanych, nie odnotowano znaczących różnic między grupami. Wyniki te wskazują na podobny poziom w zakresie zdolności do myślenia abstrakcyjnego oraz porównywania informacji, co sugeruje równoważne funkcje poznawcze w obu grupach.

Test Powtarzania Cyfr, zarówno w wersji „wprost”, jak i „wspak”, przyniósł zbliżone rezultaty w obu grupach także w wynikach uogólnionych (suma wyniku w testach cyfry wprost i cyfry wspak), i uwzględniających wiek dzieci (wyniki przeliczone), co pozwala na wnioskowanie o porównywalnym poziomie koncentracji uwagi oraz pojemności pamięci operacyjnej i bezpośredniej.

Wykres 1: Graficzne przedstawienie wyników testów psychologicznych. Wartości graniczne MIN i MAX.



Wykres 1 przedstawiający osiągnięte wartości minimalne oraz maksymalne, a także wyniki szczegółowe zawarte w Tabeli 6 w poszczególnych testach, jasno wskazują, iż wyniki w obu grupach mieściły się w tożsamym zakresie. Na podstawie wyników testów psychologicznych potwierdzono prawidłowy rozwój u dzieci z wrodzoną wadą serca operowanych w okresie niemowlęcym. Brak istotnych odchyleń w wynikach zarówno w grupie kontrolnej jak i w grupie badanej jednoznacznie wskazuje na brak różnic w obu grupach w tym zakresie.

5. Dyskusja

Zasadniczym argumentem przemawiającym za podjęciem badań przedstawionych w niniejszej pracy doktorskiej stało się przeświadczenie o potrzebie przeprowadzenia obiektywnej, czynnościowej oceny wydolnościowej i psychologicznej dzieci w odległym okresie po kardiochirurgicznej korekcji wrodzonych wad serca. Według danych literaturowych wczesna korekcja najpowszechniej występujących przeciekowych wrodzonych wad serca stwarza warunki do prawidłowego rozwoju dziecka [62], w związku z tym możliwość korzystania z aktywności fizycznej w sposób nieograniczony, podobnie jak w populacji zdrowej [63].

Podstawowym motywem podjęcia przeze mnie badań była świadomość, że regularna aktywność fizyczna jest kluczowym czynnikiem protekcyjnym - niezależnie od dodatkowych obciążeń - chroniącym przed rozwojem chorób cywilizacyjnych, takich jak otyłość, cukrzyca czy nadciśnienie, a także depresja które często rozwijają się w wyniku siedzącego trybu życia [64]. W tym kontekście dzieci z wrodzonymi wadami serca stanowią szczególnie wrażliwą grupę [65, 66]. Po zabiegach chirurgicznych ich aktywność fizyczna bywa ograniczona z obawy przed nadmiernym obciążeniem układu krążeniowego [67]. Jednocześnie ta ograniczona aktywność może prowadzić do zwiększonego ryzyka rozwoju chorób metabolicznych i rozwoju problemów sercowo-naczyniowych. Wyniki mojej analizy są zgodne z wynikami pracy *"The benefit of exercise in children with congenital heart disease"* autorstwa Elif Seda Selamet Tierney [63]. Autorka wskazuje, że mimo obaw o przeciążenie organizmu, odpowiednio dostosowana aktywność fizyczna może przynieść znaczne korzyści zdrowotne dzieciom z wadami serca. Badaczka podkreśla, że regularne ćwiczenia poprawiają wydolność krążeniowo-oddechową, co przekłada się na lepsze funkcjonowanie serca, zwiększoną tolerancję wysiłku oraz redukcję ryzyka powikłań sercowo-naczyniowych. Badania dowodzą, że dzieci z wrodzonymi wadami serca, zwłaszcza po operacjach, często mają ograniczoną aktywność fizyczną, co zwiększa ich podatność na otyłość oraz inne zaburzenia metaboliczne. Dlatego ważne jest, aby programy rehabilitacyjne uwzględniały dostosowane do ich możliwości ćwiczenia, które mogą przynieść długoterminowe korzyści zdrowotne. Jak wskazuje Elif Seda Selamet Tierney, aktywność fizyczna w kontrolowanych warunkach może nie tylko poprawić ogólną wydolność organizmu, ale także wpłynąć pozytywnie na jakość życia dzieci, zmniejszając ryzyko rozwoju chorób związanych z brakiem ruchu [63]. Wyniki prac jednoznacznie

wskazują na potrzebę opracowania odpowiednich programów rehabilitacyjnych, które umożliwią dzieciom z wadami serca bezpieczne zaangażowanie w aktywność fizyczną. Regularne ćwiczenia, przy zachowaniu ścisłej kontroli medycznej, mogą pełnić kluczową rolę w poprawie ich zdrowia oraz w zapobieganiu powikłaniom w przyszłości.

Rozwój psychologiczny dzieci z wrodzonymi wadami serca stanowi równie istotny obszar badań. Praca opublikowana w „Journal of Pediatric Psychology” autorstwa Petra A. Karstrop i wsp. [68] wskazuje, że ta grupa pacjentów jest szczególnie narażona na deficyty poznawcze, w tym trudności w zakresie inteligencji oraz fluencji słownej. Jako powód autorzy podają czynniki takie jak hipoksja mózgu w okresie prenatalnym lub postnatalnym, i wielokrotne operacje kardiochirurgiczne. Kluczowym zatem wydaje się nie tylko sama wada serca ale także elementy związane z zabiegiem chirurgicznym. W kontekście rozwoju intelektualnego, różnice w wynikach testów inteligencji mogą również wynikać z częstych hospitalizacji, które prowadzą do ograniczenia interakcji społecznych oraz możliwości edukacyjnych, co dodatkowo negatywnie wpływa na rozwój poznawczy tych dzieci [65]. Istotnym czynnikiem wpływającym na obniżenie wyników w testach poznawczych jest także przewlekły stres związany z chorobą oraz długotrwałe leczenie, co może prowadzić do problemów z koncentracją, pamięcią oraz rozwiązywaniem problemów. Badania przeprowadzone przez Ryberg i wsp. [69] nad funkcjonowaniem poznawczym dzieci z CHD wykazały, że dzieci z bardziej skomplikowanymi wadami serca, takimi jak zespół hipoplastycznego lewego serca (HLHS), mają wyraźne deficyty w zakresie inteligencji werbalnej i niewerbalnej. Wyniki te potwierdzają również inne badania, w których wykazano, że dzieci z CHD po operacjach kardiochirurgicznych osiągają niższe wyniki w testach mierzących płynność słowną i zasób pamięci roboczej. Przytoczone przykłady sugerują, iż złożone wady serca wymagające skomplikowanych zabiegów naprawczych oraz przewlekłej hospitalizacji mają tendencję do osiągania słabszych wyników w testach WISC-V oraz w testach fluencji słownej [70]. Na podstawie badań opisanych w niniejszej pracy wydaje się, że dzieci po korekcji tzw. prostych wad serca nie znajdują się w tej grupie a zatem ich rozwój psycho-społeczny zachodzi prawidłowo. Odpowiednio wczesna i skuteczna operacja serca skutecznie może zatem zapobiegać opóźnieniom rozwojowym oraz wykluczeniu społecznemu umożliwiając nie tylko neurofizjologiczny rozwój mózgu ale także właściwy kontakt z rówieśnikami.

Dotychczasowe publikacje badań na temat wydolności fizycznej u osób z wadami serca koncentrowały się głównie na populacjach dorosłych [71, 72]. Analiza prezentowana

w niniejszej pracy skupiła się nie tylko na ocenie wydolności fizycznej i jakości życia, ale także uwzględniła specyfikę rozwijającego się organizmu dziecięcego, w tym antropometryczne zmiany związane z wadami serca oraz ich wpływ na rozwój fizyczny i psychologiczny badanych dzieci.

Dzieci, w odróżnieniu od dorosłych, charakteryzują się dynamicznym wzrostem i rozwojem, który może wpływać na przebieg choroby oraz reakcje organizmu na wysiłek fizyczny. Wyniki badań dorosłych pacjentów, takich jak te przedstawione przez Falk i wsp. [73], wskazują na ograniczoną wydolność fizyczną i niższą tolerancję wysiłku u osób z wadami serca, jednak u dzieci te procesy mogą przebiegać inaczej ze względu na ciągłe zmiany rozwojowe. Jak wskazuje literatura, „dziecko nie jest miniaturą dorosłego”, co oznacza, że mechanizmy adaptacyjne związane z funkcjonowaniem układu sercowo-naczyniowego oraz oddechowego w odpowiedzi na wadę serca mogą być odmienne.

Protokół testów wysiłkowych u dzieci różni się znacząco od tych stosowanych u dorosłych ze względu na odmienności fizjologiczne oraz specyficzne potrzeby rozwijającego się organizmu [42, 43]. Dzieci charakteryzują się inną dynamiką pracy układu sercowo-naczyniowego i oddechowego, co wymaga szczególnego podejścia do badania wydolności fizycznej [41]. W literaturze podkreśla się, że u dzieci tempo narastania obciążenia podczas testów powinno być wolniejsze, a same etapy testu krótsze, aby lepiej odzwierciedlać ich zdolności adaptacyjne i uniknąć przedwczesnego zakończenia testu z powodu zmęczenia. Wybór protokołu opartego na stopniowym zwiększaniu intensywności wysiłku (zmodyfikowany protokół CPET wg Goodfrey'a) jest także sugerowany przez Profesora Takkena i jego współpracowników [42]. Wynika to z konieczności dostosowania się do specyficznych potrzeb populacji pediatrycznej. Protokół ten uwzględnia mniejszą masę ciała dzieci, inną proporcję mięśniową oraz zmienną wydolność oddechową i sercowo-naczyniową. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest bardziej precyzyjne monitorowanie odpowiedzi organizmu na wysiłek, co jest kluczowe w badaniach nad dziećmi z wrodzonymi wadami serca.

W badaniach przeprowadzonych przez Falk i wsp. [73] zwrócono uwagę na wpływ codziennej aktywności fizycznej na postrzeganie przez nastolatków ciężkości ich wady serca. W badanej przez nas grupie dzieci również zaobserwowano istotne ograniczenia wydolności fizycznej, co potwierdza tezę o wpływie chorób serca na poziom aktywności fizycznej. Jednak różnice wynikające z wieku badanych (dzieci vs. dorośli) wskazują na potrzebę odrębnego podejścia terapeutycznego do każdej z tych grup. Badania nad populacją dzieci

z wadami serca, takie jak te przeprowadzone w niniejszej pracy, wypełniają istotną lukę w literaturze naukowej, która dotychczas koncentrowała się na dorosłych pacjentach, dając nowe spojrzenie na procesy fizjologiczne i adaptacyjne charakterystyczne dla dzieci. W odróżnieniu od standardowych protokołów dla dorosłych, takich jak te opracowane przez Jonesa i wsp. [74], które bazują na normach dla dorosłych, protokoły dziecięce muszą być bardziej elastyczne i dostosowane do zmieniających się warunków fizjologicznych u dzieci. Dzieci wymagają indywidualnie dopasowanych testów, które pozwalają na bezpieczne i dokładne określenie ich zdolności wysiłkowych bez nadmiernego obciążenia organizmu. Tego rodzaju podejście, jak podkreślają Stevens i wsp. [43], jest szczególnie ważne w kontekście badania pacjentów z przewlekłymi schorzeniami, dla których niewłaściwie dobrane testy mogą prowadzić do błędnej oceny wydolności. Wybór tego protokołu jest również uzasadniony jego szerokim zastosowaniem w badaniach nad dziećmi z różnymi schorzeniami, w tym problemami układu sercowo-naczyniowego i oddechowego. Pozwala on na precyzyjne oszacowanie ich tolerancji wysiłku i dostarcza wartościowych danych, które mogą być trudne do uzyskania przy zastosowaniu metod stworzonych z myślą o dorosłych.

Obecny stan baz artykułów naukowych nie oferuje zbyt wiele publikacji badawczych zajmujących się dokładnie tą tematyką. Jedną z publikacji dotyczącej podobnej grupy badanej jaką są dzieci z wadami serca jest praca *"Exercise capacity in a cohort of children with congenital heart disease"* [66]. Jednakże praca autorstwa ta zbierała dane na temat osób z różnymi wadami serca a testy zbierane były przez wiele różnych ośrodków, a ponad to miały charakter retrospektywny. To znacząca różnica w stosunku do badań opisywanych w niniejszej pracy gdzie zbieranie danych odbywało się przez jeden zespół badawczy, dzieci operowane były przez jeden zespół chirurgów w tej samej placówce, oraz w podobnym okresie czasu. Czas trwania testów w przypadku niniejszej pracy trwał 2 miesiące, u Wouter 17 lat. Grupę badanych dzieci w niniejszej pracy stanowiły dziecięciolatki natomiast w pracy Wouter przedział wieku wahał się od 6 do 18 roku życia. Z całą pewnością zaletą badań Wouter jest przeprowadzenie ponad 1300 testów. Oba badania podkreślają, że dzieci z wrodzonymi wadami serca charakteryzują się niższą wydolnością fizyczną niż ich zdrowi rówieśnicy. Autorzy sugerują stworzenie chorobowo-specyficznych wykresów rozwoju wydolności fizycznej dla dzieci, co może być użyteczne w przewidywaniu ryzyka i prowadzeniu pediatrycznej rehabilitacji kardiologicznej.

W niniejszej pracy doktorskiej przeprowadzono kompleksową analizę charakterystyki antropometrycznej, reakcji organizmu na intensywny wysiłek fizyczny oraz poziom rozwoju

psychologicznego u dzieci z wadami serca, szczególnie skupiając się na dzieciach z ubytkiem przegrody międzykomorowej (VSD) lub ubytkiem przegrody międzyprzedsionkowej (ASD), które porównano z grupą zdrowych nie obciążonych rówieśników. Wyniki tej analizy dostarczają istotnych informacji na temat wpływu wad serca na rozwój fizyczny, wydolność fizyczną oraz funkcjonowanie układu oddechowego i sercowo-naczyniowego u badanych dzieci.

Analiza danych antropometrycznych w badaniach własnych wykazała, że dzieci z grupy badanej często manifestowały tendencję do wyższej masy ciała oraz większej ilości tkanki tłuszczowej w porównaniu z grupą kontrolną. Ponadto, istotne różnice w wskaźnikach BMI sugerują, że dzieci z wadami serca mogą być bardziej narażone na nadwagę lub otyłość. Jednakże brak istotnych różnic w wysokości ciała i beztłuszczowej masie ciała wskazuje na podobny rozwój fizyczny u dzieci z wadami serca i u dzieci zdrowych.

W ocenie reakcji organizmu na intensywny wysiłek fizyczny, obserwowano istotne różnice między grupą kontrolną a grupą dzieci po operacji wady serca. Dzieci z wadami serca wykazywały niższą wydolność fizyczną, co objawiało się m.in. krótszym czasem pracy do przerwania wysiłku, niższą wielkością pracy, oraz niższymi wartościami objętości poboru tlenu. Dodatkowo, różnice w parametrach takich jak wentylacja minutowa płuc czy częstość skurczów serca sugerują, że dzieci z wadami serca mogą mieć ograniczoną zdolność do dostarczania tlenu do tkanek podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Warto zauważyć, że istotność tych różnic może wynikać z różnych czynników, w tym przede wszystkim ograniczeń zdrowotnych związanych z wadą serca, a także ograniczeń w aktywności fizycznej i potencjalnych czynników metabolicznych.

Dostępna literatura na temat wpływu wad serca, w tym ubytku przegrody międzykomorowej (VSD) lub międzyprzedsionkowego (ASD), na rozwój fizyczny i wydolność fizyczną dzieci nie jest obszerna i zróżnicowana. Można zauważyć kilka głównych zagadnień będących postulatem badań i wniosków, które zostały potwierdzone przez badania naukowe wykonane w grupach dorosłych chorych ze schorzeniami sercowo-naczyniowymi [73, 75]. Warty podkreślenia jest fakt, że dziecko nie jest miniaturą człowieka dorosłego, a więc procesy zachodzące w rozwijającym się organizmie mogą przebiegać inaczej i mieć wiele dodatkowych składowych. Wiele badań potwierdza tendencję do wyższej masy ciała oraz większej ilości tkanki tłuszczowej u dzieci z wadami serca, zwłaszcza z ubytkami przegród typu VSD i ASD [72, 76]. Funkcjonuje powszechny- aczkolwiek w obliczu aktualnej wiedzy: błędny- pogląd, że czynniki związane z chorobą i leczeniem

serca, są argumentem do ograniczenia aktywności fizycznej. Wyniki niniejszej dysertacji dostarczają dodatkowych argumentów wskazujących na zasadność korzystania z dedykowanej aktywności fizycznej pacjentów po operacjach korekcji wrodzonej przeciekowej wady serca, oraz korzyści płynących z redukcji masy ciała w tej grupie.

Istnieją dowody sugerujące, że dzieci z wadami serca mogą wykazywać niższą wydolność fizyczną w porównaniu z dziećmi zdrowymi. Krótszy czas pracy do przerywania wysiłku, niższa wielkość pracy i niższe wartości objętości poboru tlenu podczas intensywnego wysiłku fizycznego były dotychczas odnotowywane. Literatura tematu porusza zagadnienie złożonej problematyki związanej z niewydolnością serca oraz jej wpływem na wydolność fizyczną pacjentów. Autorzy analizują różnorodne aspekty związane z diagnozą, oceną oraz leczeniem niewydolności serca, ze szczególnym uwzględnieniem roli aktywności fizycznej w tych procesach [77]. Literatura przedmiotu przedstawia różne metody oceny wydolności fizycznej, poczynając od zaawansowanych testów wysiłkowych [42,78] po proste, codzienne narzędzia takie jak krokomierze [79].

Wiele badań omawia wpływ nasierdziejowej tkanki tłuszczowej na ryzyko chorób sercowo-naczyniowych, podkreślając rolę tkanki tłuszczowej jako narządu wydzielniczego, który może generować substancje wpływające na homeostazę organizmu. Autorzy zwracają uwagę na paradoks otyłości, wskazując na spadek ryzyka incydentów sercowo-naczyniowych wraz z wzrostem wskaźnika masy ciała w pewnych grupach pacjentów. Badanie sugeruje, że lokalizacja tkanki tłuszczowej może być istotniejsza niż jej ilość w kontekście ryzyka chorób sercowo-naczyniowych [80,81]. Wskazuje się również na rolę nasierdziejowej tkanki tłuszczowej w patogenezie miażdżycy, nadciśnienia tętniczego i migotania przedsionków. Ponadto, przedstawione są możliwości terapeutyczne, takie jak stosowanie statyn czy redukcja masy ciała, w celu zmniejszenia ilości nasierdziejowej tkanki tłuszczowej i zmniejszenia ryzyka chorób sercowo-naczyniowych [75].

Badania wskazują też na zależności między niewydolnością serca a zmianami w mięśniach szkieletowych, co ma istotne konsekwencje dla tolerancji wysiłku u pacjentów. [71]. W literaturze podkreślono również rolę aktywności fizycznej w terapii niewydolności serca, jako czynnika poprawiającego jakość życia pacjentów oraz wpływającego korzystnie na parametry kliniczne i prognostyczne. Zwrócono uwagę na potrzebę indywidualizacji podejścia terapeutycznego, uwzględniając kondycję fizyczną oraz możliwości pacjenta. Wartościowy jest także opis związków między siłą mięśni szkieletowych

a niewydolnością serca, co stanowi istotny obszar badań naukowych i terapeutycznych [72]. Występuje tendencja do ograniczenia poziomu aktywności fizycznej u dzieci z VSD/ASD w porównaniu z grupą kontrolną. Sugeruje to, że istnieją realne ograniczenia zdrowotne związane z ich chorobą serca, które mogą wpływać na ich zdolność do wykonywania regularnej aktywności fizycznej. Aktywność fizyczna to kluczowy element rozwoju każdego dziecka, jednak dla pacjentów z chorobami układu sercowo-naczyniowego staje się kwestią wymagającą szczególnej uwagi. Istnieje wiele różnych form aktywności fizycznej, począwszy od sportu wyczynowego po ćwiczenia rehabilitacyjne i programy usprawniania. W odniesieniu do populacji ogólnej zaleca się, aby dzieci i młodzież angażowały się w co najmniej 60 minut aktywności fizycznej każdego dnia, unikając jednocześnie zbyt długiego spędzania czasu bez czynnej aktywności np. siedząc przed ekranem telewizora czy komputera.[63]

Dla dzieci z chorobami serca istnieje szereg dostępnych form aktywności fizycznej, jednak konieczne jest dostosowanie ich do wieku i możliwości dziecka. Planując aktywność fizyczną dzieci z WWS (Wrodzone Wady Serca) można posłużyć się ogólnymi zaleceniami dla populacji zdrowej, z uwzględnieniem ograniczeń związanych z pierwotną chorobą serca, i jej leczeniem [63]. Sport rekreacyjny może być odpowiedni, podczas gdy sport wyczynowy powinien być raczej unikany. Decyzja o uprawianiu sportu zależy od oceny lekarza i rodzaju choroby serca, dlatego konieczne jest przeprowadzenie odpowiedniej kwalifikacji lekarskiej, która obejmuje szczegółowy wywiad, badania fizykalne oraz badania diagnostyczne. Od lat opracowywane są zalecenia międzynarodowych towarzystw kardiologii dziecięcej określające bezpieczne obciążenia aktywnością sportową dzieci z wrodzonymi wadami serca [77].

Podczas aktywności fizycznej dzieci po korekcji WWS należy przestrzegać zasad bezpieczeństwa, unikając przegrzewania się, regularnie nawadniając organizm i stosując odpowiednie obuwie oraz ubranie. Warto również pamiętać, że osoby z chorobami serca powinny zgłosić się do lekarza w przypadku wystąpienia jakichkolwiek niepokojących objawów podczas wysiłku. Systematyczne monitorowanie stanu zdrowia jest kluczowe, aby zapewnić bezpieczeństwo podczas aktywności fizycznej.[73]

W okresie odległym po leczeniu chorób serca istnieje możliwość powrotu do aktywności fizycznej. Decyzja o korzystaniu z wysiłku zależy od oceny lekarza i opiera się na ocenie objawów niewydolności serca. Aktywność fizyczna jest istotna dla zdrowia

dzieci, ale wymaga szczególnej uwagi i konsultacji lekarskiej, zwłaszcza w przypadku dzieci z wrodzonymi wadami serca [72,74].

Wykonane w niniejszej pracy badania wykazały, że dzieci z wadami serca mają odmienne parametry metaboliczne, co wpływa na ich skład ciała oraz wydolność fizyczną. Różnice w metabolizmie energetycznym mogą być zauważalne podczas intensywnego wysiłku fizycznego. Aktywność fizyczna wywiera korzystny wpływ na metabolizm lipidów poprzez obniżenie poziomu triglicerydów i cholesterolu HDL oraz nawet o 5% poziomu cholesterolu LDL. W oparciu o badania dorosłych osób z hipertriglicydemią lub hipercholesterolemią zalecana jest większa intensywność ćwiczeń, jednak przed rozpoczęciem aktywności należy przeprowadzić dokładną ocenę kliniczną. Badania sugerują, że interwencja farmakologiczna, szczególnie za pomocą statyn, jest skuteczniejsza w obniżaniu cholesterolu LDL niż same zmiany w stylu życia. Istnieją zalecenia dotyczące aktywności fizycznej u osób z cukrzycą, w tym treningu aerobowego i oporowego, które mają korzystny wpływ na kontrolę glikemii, redukcję ciśnienia krwi i masę ciała. Program ćwiczeń dla osób z cukrzycą powinien obejmować codzienne ćwiczenia o umiarkowanej intensywności oraz trening oporowy, a także ćwiczenia poprawiające gibkość i równowagę, szczególnie u osób starszych lub z powikłaniami mikronaczyniowymi [76,82,83].

W zakresie adaptacji układu oddechowego i sercowo-naczyniowego dzieci z wadami serca mogą wykazywać inne reakcje układu oddechowego i sercowo-naczyniowego podczas intensywnego wysiłku fizycznego, co może wpływać na ich zdolność do dostarczania tlenu do tkanek. Niewydolność serca, kiedyś traktowana jako przeciwwskazanie do aktywności fizycznej, teraz jest traktowana zdecydowanie odmiennie. Współczesne podejście sugeruje, że ćwiczenia aerobowe o niewielkim obciążeniu mogą przynosić korzyści poprzez poprawę wydolności, rezerwy oddechowej i krążenia krwi [81]. W przypadku niewydolności serca zaleca się treningi interwałowe, które składają się z serii krótkich, intensywnych ćwiczeń aerobowych. Oprócz aktywności fizycznej, w leczeniu zachowawczym w okresie zaostrzenia objawów niewydolności serca stosuje się różnorodne metody, takie jak inhalacje, ćwiczenia oddechowe, nauka efektywnego kaszlu, oklepywanie klatki piersiowej, oraz różnego rodzaju ćwiczenia ułatwiające rozluźnienie i poprawę funkcji oddechowych. Te działania mają na celu wspieranie funkcji serca i poprawę ogólnego stanu zdrowia pacjenta z niewydolnością mięśnia sercowego [84].

Dane literaturowe sugerują, że dzieci z wadami serca mogą mieć specyficzne potrzeby związane z ich zdolnością do aktywności fizycznej i rozwój fizyczny. Zrozumienie tych potrzeb jest kluczowe dla opracowania skutecznych strategii interwencyjnych mających na celu poprawę zdrowia i jakości życia tej populacji [78].

6. Podsumowanie

Wnioski płynące z przedstawionej pracy mogą mieć istotne znaczenie kliniczne i mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia potrzeb zdrowotnych dzieci po niemowlęcej korekcji wad serca w okresie wczesnego dzieciństwa oraz do opracowania skuteczniejszych strategii terapeutycznych i interwencyjnych. Dodatkowo, badania te mogą być punktem wyjścia do dalszych badań nad wpływem wad serca na rozwój fizyczny i funkcjonowanie organizmu w różnych grupach wiekowych oraz do identyfikacji czynników ryzyka związanych z tym schorzeniem.

Podsumowując, w pracy doktorskiej przeprowadzono kompleksową analizę antropometryczną oraz charakterystykę reakcji organizmu na intensywny wysiłek fizyczny u dzieci z wadami serca, ze szczególnym uwzględnieniem dzieci z ubytkiem przegrody międzykomorowej (VSD) lub międzyprzedsionkowego (ASD). Wyniki analizy dostarczają aktualnych informacji na temat wpływu tych wad na rozwój fizyczny, wydolność fizyczną oraz funkcjonowanie układu oddechowego i sercowo-naczyniowego u badanych dzieci.

Analiza danych antropometrycznych wykazała tendencję dzieci z wadami serca do wyższej masy ciała oraz większej ilości tkanki tłuszczowej w porównaniu z grupą kontrolną. Istniały również istotne różnice w wskaźnikach BMI, sugerujące podatność na nadwagę lub otyłość u dzieci z wadami serca. Jednakże został zaobserwowany podobny rozwój fizyczny w obu grupach.

Analiza reakcji organizmu na intensywny wysiłek fizyczny u dzieci z VSD/ASD wykazała niższą wydolność fizyczną, co objawiało się krótszym czasem pracy do przerwania wysiłku, niższą wielkością pracy i niższymi wartościami objętości poboru tlenu. Dodatkowo, obserwowano różnice w parametrach takich jak wentylacja minutowa płuc czy częstość skurczów serca, sugerujące ograniczoną zdolność dostarczania tlenu do tkanek podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Oceniono także poziom rozwoju psychologicznego dzieci w obu grupach. Wśród dzieci z wadą serca w okresie przed korekcją, tkanki ciała mają nieprawidłowy dostęp ilościowy (słabszy wyrzut krwi z serca do tętnic) i jakościowy (krew utlenowana w związku z ubytkiem w ścianie serca miesza się z krwią odtlenowaną przez co jest uboższa w tlen).

Istnieje zatem ryzyko ograniczenia tempa rozwoju całego organizmu, w tym również i mózgu. Drugim czynnikiem, który może utrudniać rozwój psychiczny u dzieci z wadą serca, jest lęk rodziców i nadmierna izolacja w domu z obawy o ich stan zdrowia. Różne działania rodziców w tym obszarze wynikają z braku odpowiedniej informacji na temat zaleceń i ograniczeń dotyczących dzieci z CHD.

Niemniej jednak, wyniki testów oceniających poziom rozwoju psychologicznego dzieci nie wykazały znaczących różnic między grupami badanymi. Zarówno w grupie kontrolnej, jak i w grupie badanej, wyniki były zbliżone i mieściły się w granicach normy przewidzianej dla dzieci w badanym wieku. Wynik ten wskazuje, że operacja kardiochirurgiczna wady serca we wczesnym dzieciństwie pozwala na utrzymanie prawidłowego zakresu i tempa rozwoju psychologicznego u dzieci oraz nie ma negatywnego wpływu na ich zdrowie psychiczne. [85,66]

W podsumowaniu należy podkreślić, że przyjęta jako złoty standard strategia wczesnych noworodkowo-niemowlęcych korekcji najczęstszych wrodzonych wad serca, pomimo wiązanych z nią nadziei na w pełni fizjologiczny rozwój operowanych pacjentów nie zapewnia wydolności fizycznej na poziomie obserwowanym u dzieci zdrowych.

Dzięki badaniom przeprowadzonym na potrzeby niniejszej dysertacji uzyskano ważną informację, że różnice funkcjonowania w obszarze wydolności fizycznej stają się wyraźne już w okresie szkolnym, niezależnie od próby traktowania dzieci z historią leczenia operacyjnego wrodzonej wady serca jako wyleczonych, a tym samym w pełni zdrowych.

7. Wnioski

Na podstawie wykonanych badań sformułowano wnioski:

1. Wydolność wysiłkowa u dzieci szkolnych, u których przeprowadzono zabiegi naprawcze wrodzonych wad serca we wczesnym dzieciństwie mają statystycznie istotnie mniejszą wydolność od ich zdrowych rówieśników.
2. Dzieci w grupie badanej wykazały istotnie mniejszą tolerancję na wysiłek fizyczny pod względem fizjologicznym i słabiej reagowały na zmieniające się parametry wysiłku w porównaniu do dzieci z grupy kontrolnej.
3. Dzieci w obu grupach wykazywały tożsamy poziom rozwoju psychologicznego oraz podobny poziom stanu psychicznego. Zoperowana wada serca nie ma wpływu na rozwój psychologiczny dzieci w odległym okresie po operacji.

8. Ograniczenia pracy

Pomimo przygotowania szczegółowego planu i strategii badań, sumiennego wyboru badanych dzieci oraz zastosowania nowoczesnej, obiektywnej aparatury przeznaczonej do medycznych testów wysiłkowych, niniejsze badanie ma kilka istotnych ograniczeń, które należy wziąć pod uwagę przy interpretacji wyników:

1. **Mała liczebność próby:** Zarówno w grupie kontrolnej, jak i w grupie badanej, liczba uczestników była stosunkowo niewielka, co może ograniczać możliwości uogólnienia wyników na szerszą populację.
2. **Jedna placówka:** Wszystkie badania były przeprowadzane w jednej placówce medycznej, co może ograniczać reprezentatywność wyników dla innych środowisk klinicznych.
3. **Specyficzna populacja badana:** Badanie dotyczyło wyłącznie dzieci z podstawowymi, najczęściej występującymi wadami serca, co ogranicza możliwość uogólnienia wyników na dzieci z bardziej złożonymi schorzeniami kardiologicznymi.
4. **Jednorazowy test:** Badania miały charakter jednorazowego testu i nie były rozciągnięte w czasie, co uniemożliwia ocenę długoterminowych efektów interwencji.
5. **Ograniczona ocena parametrów:** W badaniu oceniano wyłącznie czynnościowe parametry wydolności fizycznej, pomijając inne istotne aspekty, które mogłyby dostarczyć szerszego obrazu stanu zdrowia uczestników.

Rozważenie powyższych ograniczeń jest kluczowe dla pełnego zrozumienia wyników przeprowadzonego badania i wskazuje na potrzebę dalszych badań z większą liczebnością prób, z zastosowaniem randomizacji oraz włączeniem bardziej zróżnicowanych grup pacjentów, oraz i długoterminowej obserwacji.

Streszczenie:

Wrodzone wady serca mają wpływ na wydolność serca i stan psychologiczny pacjentów. Operacja korekcyjna wrodzonych wad serca, u pacjentów pediatrycznych z ubytkiem przegrody międzykomorowej (VSD) lub ubytkiem przegrody między przedsionkowej (ASDII), wykonana w okresie wczesno-niemowlęcym umożliwia prawidłowy rozwój dziecka. Z uwagi na niewielką ilość badań w tym zakresie, związaną z trudnością jego przeprowadzenia, oraz niejednoznaczność wniosków, niewiadomą pozostaje zakres tolerancji wysiłku fizycznego i poziom wydolności, i tolerancji wysiłku fizycznej w tej grupie pacjentów, podobnie jak aspekty psychologiczne.

Celem pracy była odpowiedź na pytanie, czy pacjenci po korekcji VSD oraz ASDII osiągają poziom wydolności fizycznej tlenowej charakterystyczny dla nieobciążonych zdrowotnie rówieśników, oraz czy ich stan rozwoju psychologicznego odbiega od populacji zdrowej.

Badaniami objęto dzieci w wieku ok 9,5 roku życia (± 1) z VSD i ASDII po przebytych, od 7 do 10 lat, wcześniej leczeniu chirurgicznym (grupa badana $n = 20$) oraz ich zdrowych rówieśników (grupa kontrolna $n = 25$). Badani obciążeni zostali pracą na ergometrze rowerowym, realizując wysiłek fizyczny o wzrastającym obciążeniu - zgodnie z protokołem Godfrey'a- w ramach testu spiroergometrycznego (CPET). Porównaniu poddano, osiągnięte w tych warunkach, maksymalne wartości: mocy (WR_{max}) i częstości skurczów serca (HR_{max}) oraz szczytowy pobór tlenu (VO_{2peak}).

Wszyscy wykonali w pełni CPET spełniając kryteria wysiłku maksymalnego. W grupie badanej, wielkość WR_{max} oraz VO_{2peak} była mniejsza ($p < 0.05$), odpowiednio o 15% i 22 %. Natomiast 4% różnica między grupami w zakresie niższego HR_{max} , nie osiągnęła istotności statystycznej.

Dzieci z chirurgicznie zamkniętym VSD i ASD II uważa się za zdrowe i zdolne do podejmowania wysiłku fizycznego. Niższa tolerancja wysiłku fizycznego oraz niższy poziom wydolności tlenowej mogą być warunkowane obserwowanym w tej grupie, niższym poziomem aktywności fizycznej.

Abstract:

Congenital heart defects impact both the cardiac performance and psychological state of patients. Corrective surgery for congenital heart defects in pediatric patients with ventricular septal defect (VSD) or atrial septal defect (ASD II), performed during early infancy, facilitates normal child development. Due to the limited number of studies in this area, attributed to the challenges of conducting such research, and the ambiguity of the conclusions, the extent of physical exercise tolerance and aerobic capacity in this patient group, along with psychological aspects, remains uncertain.

The objective of this study was to determine whether patients who have undergone correction of VSD and ASD II achieve an aerobic physical capacity level comparable to their healthy peers and whether their psychological development deviates from that of the healthy population.

The study included children aged approximately 9.5 years (± 1) with VSD and ASD II, who had undergone surgical treatment 7 to 10 years prior (study group $n = 20$), and their healthy peers (control group $n = 25$). The subjects performed exercise on a cycle ergometer, with increasing workload according to the Godfrey protocol, as part of a cardiopulmonary exercise test (CPET). The maximal values of power output (WR_{max}), heart rate (HR_{max}), and peak oxygen uptake (VO_{2peak}) achieved under these conditions were compared.

All participants completed the CPET, meeting the criteria for maximal effort. In the study group, WR_{max} and VO_{2peak} were significantly lower ($p < 0.05$) by 15% and 22%, respectively. However, the 4% difference in HR_{max} between the groups did not reach statistical significance.

Children with surgically closed VSD and ASD II are considered healthy and capable of engaging in physical activity. The lower exercise tolerance and aerobic capacity observed in this group may be attributed to their lower level of physical activity.

Bibliografia:

1. Nousi, D., & Christou, A. (2010). Factors affecting the quality of life in children with congenital heart disease. *Health Science Journal Egaleo*, 2, 94-97.
2. Makowiecka, E., Moll, J., & Moll, J. (2001). *Mam dziecko z wadą serca*. Łódź: ADI.
3. Liu, Y., Chen, S., Zuhlke, L., Black, G. C., Choy, M. K., Li, N., & Keavney, B. D. (2019). Global birth prevalence of congenital heart defects 1970–2017: Updated systematic review and meta-analysis of 260 studies. *International Journal of Epidemiology*, 48(2), 455–463.
4. Główny Urząd Statystyczny. (2020). Raport dotyczący zgonów w Polsce za I półrocze 2020 roku – dane wstępne. Warszawa: GUS.
5. Brzezińska-Rajszys, G., Maruszewski, B., & Szymkiewicz-Dangel, J. (2014). *Kardiologia i kardiochirurgia dziecięca w Polsce w 2014 roku*.
6. Źródło internetowe: <https://naukawpolsce.pl/aktualnosci/news%2C86462%2Cekspert-ponad-90-procent-wad-wrodzonych-serca-u-dzieci-wady-rozwojowe-bez>; dostęp 25.11.2023.
7. Mandalenakis, Z., Giang, K. W., Eriksson, P., Liden, H., Synnergren, M., Wåhlander, H., Fedchenko, M., Rosengren, A., & Dellborg, M. (2020). Survival in Children With Congenital Heart Disease: Have We Reached a Peak at 97%? *Journal of the American Heart Association*, 9(22).
8. Mandalenakis, Z., Rosengren, A., Skoglund, K., Lappas, G., Eriksson, P., & Dellborg, M. (2017). Survivorship in children and young adults with congenital heart disease in Sweden. *JAMA Internal Medicine*, 177, 224–230.
9. Claessens, P., Moons, P., de Casterlé, B. D., et al. (2005). What does it mean to live with a congenital heart disease? A qualitative study on the lived experiences of adult patients. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 4, 3-10.
10. Kansy, A., Maruszewski, B., Burczyński, P., & wsp. (2006). Analiza wczesnych wyników 2542 operacji wykonanych w referencyjnym ośrodku kardiochirurgii dziecięcej w latach 2001–2005. *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska*, 4, 372-376.
11. Metra, M., Raccagni, D., Carini, G., et al. (1996). Ventilatory and arterial blood gas changes during exercise in heart failure. W: Wasserman, K., Zhang, Y., Gitt, A., et al. *Exercise gas exchange in heart disease*. Armonk: Futura Publishing. ss. 125-143.

12. Malec, E., Weryński, P., Mroczek, T., & wsp. (2000). Wyniki operacyjnego leczenia wrodzonych wad serca u dzieci z masą ciała poniżej 2500 g. *Przegląd Lekarski*, 4, 187.
13. Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., et al. (2020). Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 142, e101–e18.
14. Moons, P., Van Deyk, K., Dedroog, D., Troost, E., & Budts, W. (2006). Prevalence of cardiovascular risk factors in adults with congenital heart disease. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 13, 612–61.
15. New York Heart Association ; Functional Classification - Specifications Manual for Joint Commission National Quality Measures (v2018A) dostęp 02.02.2024r. adres: „<https://manual.jointcommission.org/releases/TJC2018A/DataElem0439.html>”
16. American Academy of Pediatrics; Preparticipation Physical Evaluation 5th; 2019 ; ISBN-13:978-1-61002-301-6
17. Neunhaeuserer D., Battista F., Mazzucato B., Vecchiato M., Meneguzzo G., Quinto G., Niebauer J., Gasperetti A., Vida V., Salvo G., Varnier M., Ermolao A.; Exercise Capacity and Cardiorespiratory Fitness in Children with Congenital Heart Diseases: A Proposal for an Adapted NYHA Classification; *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12;19(10):5907 ; 2022
18. Pichette M, Liszkowski M., Ducharme A. ; Preoperative Optimization of the Heart Failure Patient Undergoing Cardiac Surgery ; *Canadian Journal of Cardiology* 33(1)p.72-79 ; 2017
19. Nousi, D., & Christou, A. (2010). Factors affecting the quality of life in children with congenital heart disease. *Health Science Journal Egaleo*, 2, 94-97.
20. Dold, S. K., Haas, N. A., & Apitz, C. (2023). Effects of sports, exercise training, and physical activity in children with congenital heart disease—A review of the published evidence. *Children (Basel)*, 10(2), 296.
21. Longmuir, P. E., Brothers, J. A., de Ferranti, S. D., Hayman, L. L., Van Hare, G. F., Matherne, G. P., ... & McCrindle, B. W.; American Heart Association Atherosclerosis, Hypertension and Obesity in Youth Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young. (2013). Promotion of physical activity for children and adults with congenital heart disease: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 127, 2147–2159.

22. Amedro, P., Gavotto, A., Guillaumont, S., et al. (2018). Cardiopulmonary fitness in children with congenital heart diseases versus healthy children. *Heart*, 104, 1026–1036.
23. Amedro, P., Picot, M. C., Moniotte, S., et al. (2016). Correlation between cardio-pulmonary exercise test variables and health-related quality of life among children with congenital heart diseases. *International Journal of Cardiology*, 203, 1052–1060.
24. Budts, W., Pieles, G. E., Roos-Hesselink, J. W., et al. (2020). Recommendations for participation in competitive sport in adolescent and adult athletes with Congenital Heart Disease (CHD): Position statement of the Sports Cardiology & Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC), the European Society of Cardiology (ESC) Working Group on Adult Congenital Heart Disease and the Sports Cardiology, Physical Activity and Prevention Working Group of the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *European Heart Journal*.
25. Caterini, J. E., Campisi, E. S., & Cifra, B. (2020). Physical Activity Promotion in Pediatric Congenital Heart Disease: Are We Running Late? *Canadian Journal of Cardiology*, 36, 1406–1416.
26. Skovdahl, P., Kjellberg Olofsson, C., & Arvidsson, D. (2021). Physical activity in children and adolescents with CHD: review from a measurement methodological perspective. *Cardiology in the Young*, 31, 518–531.
27. Arvidsson, D., Fridolfsson, J., & Börjesson, M. (2019). Measurement of physical activity in clinical practice using accelerometers. *Journal of Internal Medicine*, 286, 137–153.
28. Alves, J. G. B., & Alves, G. V. (2019). Effects of physical activity on children's growth. *Jornal de Pediatria (Rio J)*, 95(S1), S72-S78.
29. Dias, K. A., Link, M. S., & Levine, B. D. (2018). Exercise training for patients with hypertrophic cardiomyopathy: JACC review topic of the week. *Journal of the American College of Cardiology*, 72, 1157–1165.
30. Rhodes, J., Curran, T. J., Camil, L., Rabideau, N., Fulton, D. R., Gauthier, N. S., et al. (2006). Sustained effects of cardiac rehabilitation in children with serious congenital heart disease. *Pediatrics*, 118, e586–e593.
31. Schaan, C. W., Macedo, A. C. P., Sbruzzi, G., et al. (2017). Functional capacity in congenital heart disease: a systematic review and meta-analysis. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 109, 357-367.

32. Amedro, P., Gavotto, A., Guillaumont, S., et al. (2018). Cardiopulmonary fitness in children with congenital heart diseases versus healthy children. *Heart*, 104, 1026–1036.
33. Lundström, N. R., Berggren, H., Björkhem, G., Jögi, P., & Sunnegårdh, J. (2000). Centralization of Pediatric Heart Surgery in Sweden. *Pediatric Cardiology*, 21, 353–357.
34. Lemire, O., Yaraskavitch, J., Loughheed, J., et al. (2020). Impacting child health outcomes in congenital heart disease: cluster randomized controlled trial protocol of in-clinic physical activity counselling. *Contemporary Clinical Trials*, 91, 105994.
35. Raghuveer, G., Hartz, J., Lubans, D. R., et al. (2020). Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 142(12), e101–e11
36. Bidzan-Bluma, I., & Lipowska, M. (2018). Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 800.
37. McKinney, J., Lithwick, D. J., Morrison, B. N., et al. (2016). The health benefits of physical activity and cardiorespiratory fitness. *British Columbia Medical Journal*, 58, 131–137.
38. Siaplaouras J, Jahn A, Helm P, Hanssen K, Bauer U, Apitz C, Niessner C. Physical Self-Concept and Physical Activity in Children with Congenital Heart Defects—Can We Point Out Differences to Healthy Children to Promote Physical Activity? *Children*. 2023; 10(3):478.
39. Centers for Disease Control and Prevention. (2020, June 8). How much physical activity do children need? Last reviewed June 8, 2020. Prevention CFDC.
40. West, S. L., Banks, L., Schneiderman, J. E., et al. (2019). Physical activity for children with chronic disease: A narrative review and practical applications. *BMC Pediatrics*, 19, 12.
41. Yu, C. C. W., McManus, A. M., & Li, A. M. (2010). Cardiopulmonary Exercise Testing in Children. *Hong Kong Journal of Paediatrics*, 15, 35–47.
42. Takken, T., Bongers, B. C., van Brussel, M., et al. (2017). Cardiopulmonary Exercise Testing in Pediatrics. *Annals of the American Thoracic Society*, 14(Suppl 1), S123–S128.

43. Stevens, S., Snell, C., Stevens, J., et al. (2018). Cardiopulmonary Exercise Test Methodology for Assessing Exertion Intolerance in Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome. *Frontiers in Pediatrics*, 6, 242.
44. Stavrou, V., Bardaka, F., Karetsi, E., et al. (2018). Brief Review: Ergospirometry in Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, 7, 191.
45. Rankovic, G., Mutavdzic, V., Toskic, D., et al. (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 10, 44–48.
46. Qu, J., Shi, H., Chen, X., Li, K., Liang, H., & Cui, Y. (2020). Evaluation of Physical Fitness in Children With Congenital Heart Diseases Versus Healthy Population. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 32(4), 906-915.
47. Zomer, A. C., Vaartjes, I., Uiterwaal, C. S., van der Velde, E. T., van den Merkhof, L. F., Baur, L. H., ... & Mulder, B. J. (2012). Okoliczności zgonu u dorosłych z wrodzoną wadą serca. *International Journal of Cardiology*, 154, 168-172.
48. Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S., ... & Wilhelm, M.; ESC Scientific Document Group. (2021). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *European Heart Journal*, 42, 17-96.
49. Żurek, G., Czajka, K., & Stodółka, J. (2021). Aktywność fizyczna dzieci i młodzieży – KidMove.
50. Główny Urząd Statystyczny. (2021). Raport zgonu według przyczyn za I półrocze 2020 roku – dane wstępne.
51. Brzezińska-Rajszys, G., Maruszewski, B., & Szymkiewicz-Dangel, J. (Rok publikacji). Kardiologia i kardiochirurgia dziecięca w Polsce w 2014 roku (rozdział 15).
52. Dean, P. N., Gillespie, C. W., Greene, E. A., Pearson, G. D., Robb, A. S., Berul, C. I., & Kaltman, J. R. (2015). Sports participation and quality of life in adolescents and young adults with congenital heart disease. *Congenital Heart Disease*, 10, 169–179.
53. Shah, S. S., Mohanty, S., Karande, T., Maheshwari, S., Kulkarni, S., & Saxena, A. (2022). Guidelines for physical activity in children with heart disease. *Annals of Pediatric Cardiology*, 15(5-6), 467-488.

54. De Ferranti SD, Krieger EV. Physical activity and exercise in patients with congenital heart disease (CHD). June 15, 2018. In: UpToDate, Post TW (Ed), UpToDate, Waltham, MA.
55. Dulfer, K., Helbing, W. A., Duppen, N., & Utens, E. M. (2014). Associations between exercise capacity, physical activity, and psychosocial functioning in children with congenital heart disease: A systematic review. *European Journal of Preventive Cardiology*, 21, 1200–1215.
56. Piskunowicz M., Bieliński M., Zgliński A., Borkowska A.; Testy fluencji słownej – zastosowanie w diagnostyce neuropsychologicznej; *Psychiatria Polska*, Vol 47-I3-P475-485; 2013
57. Miatton, M., De Wolf, D., François, K., Thiery, E., & Vingerhoets, G. (2007). Neuropsychological performance in school-aged children with surgically corrected congenital heart disease. *Journal of Pediatrics*, 151(1), 73-78, 78.e1.
58. Bar-Mor, G., Bar-Tal, Y., Krulik, T., & Zeevi, B. (2000). Self-efficacy and physical activity in adolescents with trivial, mild, or moderate congenital cardiac malformations. *Cardiology in the Young*, 10, 561–566.
59. Van Deutekom, A. W., & Lewandowski, A. J. (2021). Physical activity modification in youth with congenital heart disease: a comprehensive narrative review. *Pediatric Research*, 89(7), 1650-1658.
60. Biechowska D. i Orłowska E. ; Neuropsychologiczna charakterystyka wybranych zespołów otępiennych ; *Polski Przegląd Neurologiczny* 8(2) p.66-75 ; 2012
61. Jayaprasad N. ; Heart Failure in Children ; *Heart Views* 17(3) p 92-99 ; 2016
62. Jose Braganca, Rute Pinto, Barbara Silva, Nuno Marques, Helena S Leita, Monica T Fernandes; Charting the Path: Navigating Embryonic Development to Potentially Safeguard against Congenital Heart Defects; *Journal of Personalized Medicine* 13(8) ; 2023
63. Elif Seda Selamet Tierney; The Benefit of exercise in children with congenital heart disease; *Current Opinion of Pediatrics* 32/5; 2020
64. Karolijn Dulfer, Willem A Helbing, Nienke Duppen, Elisabeth Utens; Associations between exercise capacity, physical activity, and psychosocial functioning in children with congenital heart disease: a systematic review; *European Journal of Preventive Cardiology* 21(10); 2014

65. Asad A Qadir, Bradley S Marino, Amy Cassedy, Jo Wray, David N Rosenthal; Behavioral and Emotional Outcomes in Children with Congenital Heart Disease: Effects of Disease Severity, Social Determinants of Health, Disease-Related Chronic Stress, and Psychosocial Adaptation; *Journal of the American Academy of Pediatrics* 146/1; 2020
66. Wouter J van Genuchten, Willem A Helbing, Arend Ten Harkel, Zina Fejzic, Irene M Kuipers, Martijn G Slieker, Jelle van der Ven, Eric Boersma, Tim Takken, Beatrijs Bartelds; Exercise capacity in cohort of children with congenital heart disease; *European Journal of Pediatrics* 182(295-306); 2023
67. Jannos Siplaouras, Annika Jahn, Paul Helm, Kerstin Hanssen, Ulrike Bauer, Christian Apitz, Claudia Niessner ;Physical Self-Concept and Physical Activity in Children with Congenital Heart Defects – Can We Point Out Differences to Healthy Children to Promote Physical Activity?; *Children* 10(3) ;2023
68. Petra A Karsdorp, Walter Everaerd, Merel Kindt, Barbara Mulder; Psychological and Cognitive Functioning in Children and Adolescents with Congenital Heart Disease: A Meta-Analysis; *Journal of Pediatrics Psychology* 32/5; 2007
69. Carmen Ryberg, Jan Sunnegardh, Maria Thorson, Malin Broberg; Intellectual Functioning in Children with Congenital Heart Defects Treated with Surgery or by Catheter Interventions; *Frontiers in Pediatrics* 4; 2016
70. Marsha Vasserman, Kimberly Myers, Brian L Brooks, Taryn B Fay-McClymont, Lisa McColm, Sandra Mish, Norma Becker, William S MacAllister; Patterns of WISC-V Performance in Children with Congenital Heart Disease; *Pediatric Cardiology* 45(483-490); 2024
71. Gierat-Haponiuk K, Haponiuk I, Chojnicki M, Jaworski R, Bakula S. Exercise capacity and the quality of life late after surgical correction of congenital heart defects. *Kardiologia Polska*, 2011; 69: 810–815.
72. Haponiuk I, Maruszewski B, Gierat-Haponiuk K, Kansy A, Mirkowicz-Malek M, Mozol K, Kozłowski M, Burczyński P. Aktualne problemy wielospecjalistycznej opieki nad dorastającym pacjentem z wrodzoną wadą serca po operacji kardiologicznej. *Standardy Medyczne* 2007; 5: 641-645
73. Falk B, Bar-Mor G, Zigal L, Yaaron M, Beniamini Y, Zeevi B. Daily physical activity and perception of condition severity among male and female adolescents with congenital heart malformation. *J Pediatr Nurs* 2006; 21: 244-249.

74. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. Normal standards for incremental progressive ergometer test. *Am Rev Respir Dis* 1985; 131: 700-708.
75. Mahabadi A.A., Berg M.H., Lehmann N. i wsp. Association of epicardial fat with cardiovascular risk factors and incident myocardial infarction in the general population: the Heinz Nixdorf Recall Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61: 1388 – 1395.
76. Colberg SR, Sigal RJ, yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, Horton ES, Castorino K, Tate DF. Physical activity/exercise and diabetes: a position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care.* 2016; 39: 2065–2079.
77. Pina I.L., Apstein C.S., Balady G.J. i wsp. Exercise and heart failure. A statment from American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention. *Circulation* 2003; 107: 1210–1225
78. Covadonga Terol, Juliette Hagen, Lukas Rammelooo, Irene M Kuipers, Nicolaas A blom, Arend ten Harkel; Prognostic value of cardiopulmonary exercise test in children with congenital heart defects; *Open Heart* 11; 2024
79. Vanhees L., Lefevre J., Philippaerts R. i wsp. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.* 2005; 12: 102–114.
80. Andersen K.K., Olsen T.S. The obesity paradox in stroke: lower mortality and lower risk of readmission for recurrent stroke in obese stroke patients. *Int. J. Stroke* 2015; 10: 99–104.
81. Coutinho T., Goel K., Corrêa de Sá D. i wsp. Combining body mass index with measures of central obesity in the assessment of mortality in subjects with coronary disease: role of “normal weight central obesity”. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61: 553–560.
82. Wing RR, Bolin P, Brancati FL, Bray GA, Clark JM, Coday M, Crow RS, Curtis JM, Egan CM, Espeland MA, Evans M, Foreyt JP, Ghazarian S, Gregg EW, Harrison B, Hazuda HP, Hill JO, Horton ES, Hubbard VS, Jakicic JM, Jeffery RW, Johnson KC, Kahn SE, Kitabchi AE, Knowler WC, Lewis CE, Maschak-Carey BJ, Montez MG, Murillo A, Nathan DM, Patricio J, Peters A, Pi-Sunyer X, Pownall H, Reboussin D, Regensteiner JG, Rickman AD, Ryan DH, Safford M, Wadden TA, Wagenknecht LE, West DS, Williamson DF, yanovski SZ. Cardiovascular effects of intensive lifestyle intervention in type 2 diabetes. *N Engl J Med.* 2013; 369: 145–154
83. Pan B, Ge L, Xun y-Q, Chen y-J, Gao C-y, Han X, Zuo L-Q, Shan H -Q, yang, K-H, Ding G -W, Tian J -H. Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes

mellitus: a systematic review and network meta -analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2018; 15: 72.

84. Krol Y.,Grootenhuis M.A., Destree-Vonk A., Lubbers L.J., Koopman H.M., Last B.F. ; Health Related Quality of Life in Children with congenital heart diseases ; *Psychology and Health* V18-I2 2003 p. 251-260
85. Hao-Chuan Liu , Chung-Hsien Chaou , Chiao-Wei Lo , Hung-Tao Chung and Mao-Sheng Hwang ; Factors Affecting Psychological and Health-Related Quality-of-Life Status in Children and Adolescents with Congenital Heart Diseases ; *Children* 9(4) p.578 ; 2022
86. Latal B, Helfricht S, Fischer JE, Bauersfeld U, Landolt MA; Psychological adjustment and quality of life in children and adolescents following open-heart surgery for congenital heart disease: a systematic review ; *BMC Pediatrics* 9(6) ; 2009

Spis Rysunków:

Rysunek 1 Serce - widok od przodu Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 2 Serce - widok od tyłu Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 3 Szkielet serca - widok od góry Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 4 Podstawa komór: ujście tętnicze i żyłne serca. Widok od góry. Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 5 Podstawa komór: płatki zastawek. Widok od góry. Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 6 Serce: przekrój czołowy. Widok od góry. Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 7 Układ przewodzący serca. Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 8 Tętnice wieńcowe. Widok od góry. Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 9 Tętnice wieńcowe. Widok od tyłu. Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 10 Żyły serca. Widok od tyłu. Źródło: Narkiewicz, Olgierd. Anatomia człowieka t.3. Red. . Warszawa: PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2010, 335 s. ISBN 978-83-200-4108-8.

Rysunek 11 Schemat wady serca cz.1 - VSD Źródło: <https://www.sercedziecka.org.pl/wady-serca/> dostęp 01.02.2024r

Rysunek 12 Schemat wady serca cz.2 - VSD Źródło: <https://www.sercedziecka.org.pl/wady-serca/> dostęp 01.02.2024r

Rysunek 13 Banding na pniu tętnicy płucnej Źródło: <https://www.sercdziecka.org.pl/wady-serca/> dostęp 01.02.2024r

Rysunek 14 Łata zamykająca ubytek międzykomorowy Źródło: <https://www.sercdziecka.org.pl/wady-serca/> dostęp 01.02.2024r

Rysunek 15 Schemat wady serca ASD II Źródło: <https://www.sercdziecka.org.pl/wady-serca/> dostęp 01.02.2024r

Rysunek 16 Naprawa wady serca ASD II Źródło: <https://www.sercdziecka.org.pl/wady-serca/> dostęp 01.02.2024r

Spis Tabel:

Tabela 1 Charakterystyka badanej grupy

Tabela 2 Charakterystyka wybranych parametrów i wskaźników antropometrycznych badanych dzieci

Tabela 3 Charakterystyka wartości bezwzględnych wybranych parametrów i wskaźników mierzonych w warunkach wysiłku fizycznego o intensywności maksymalnej u badanych dzieci

Tabela 4 Charakterystyka wartości względnych wybranych parametrów i wskaźników mierzonych w warunkach wysiłku fizycznego o intensywności maksymalnej u badanych dzieci

Tabela 5 Charakterystyka wybranych parametrów i wskaźników odpowiedzi organizmu badanych dzieci na wysiłek fizyczny o intensywności maksymalnej, w odniesieniu do wartości referencyjnych

Tabela 6 Wyniki testów psychologicznych – porównanie średnich obu grup

Spis Zdjęć:

Zdjęcie 1 Skan dokumentu poświadczającego zgodę komisji bioetycznej na przeprowadzenie badań

Zdjęcie 2 Schemat podłączenia elektron EKG wysiłkowego u dziecka

Zdjęcie 3 Zespół badawczy w laboratorium w którym odbywały się badania - od prawej Profesor Ireneusz Haponiuk, mgr Bartłomiej Jankowski, mgr Jakub Wasilewski, mgr Agnieszka Staniak , dr Marcin Łuszczuk

Zdjęcie 4 Kwestionariusz stworzony na potrzeby testów wysiłkowych dzieci przez dr Marcina Łuszczuka na podstawie zaleceń Australian Sport Commission

Zdjęcie 5 Profesor Ireneusz Haponiuk podczas wykonujący badanie echo serca podczas badania wstępnego przed przystąpieniem do próby wysiłkowej

Zdjęcie 656

Spis Wykresów:

Wykres 1 Graficzne przedstawienie wyników testów psychologicznych. Wartości graniczne (MIN i MAX)

Załączniki:

Załącznik 1 – Zgoda na udział w badaniach

Ocena wydolności fizycznej i stanu psychicznego nastoletnich pacjentów w odległym okresie po kardiochirurgicznej korekcji wrodzonych wad serca.

Szanowni Państwo,

nazywam się Jakub Wasilewski, jestem magistrem fizjoterapii i doktorantem Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku. Promotorem mojej pracy jest Profesor Ireneusz Haponiuk.

Celem moich badań jest ocena sprawności fizycznej u dzieci po zabiegach kardiochirurgicznych.

Dzięki tej ocenie zyskają państwo dodatkowe informacje pod kątem aktywności fizycznej dziecka co podniesie bezpieczeństwo w przyszłości a także będzie wskazówką w wyborze zajęć dodatkowych.

Badanie składa się z: kwestionariusza (wypełniają rodzice), wstępnego badania lekarskiego oraz jednorazowego testu wysiłkowego przeprowadzanego na bieżni w kontrolowanych warunkach w Laboratorium Wysiłku Fizycznego Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku.

Udział w badaniach jest bezpieczny, darmowy i dobrowolny. Wyniki końcowe Państwa dziecka zostaną Państwu udostępnione natomiast wszystkie wyniki w pracy doktorskiej zostaną użyte w sposób zapewniający anonimowość.

Zgoda na udział w badaniu:

Wyrażam zgodę na udział córki/syna w wyżej opisanym badaniu naukowym będącym częścią pracy doktorskiej mgr Jakuba Wasilewskiego.

.....
data, miejscowość, podpis prawnego opiekuna

Zgoda RODO:

Wyrażam zgodę na przetwarzanie danych osobowych mojego dziecka niezbędnych do przeprowadzenia wyżej opisanego badania naukowego. Zgoda „RODO” może zostać cofnięta w każdej chwili poprzez wysłanie maila na adres administratora danych: jakub.wasilewski@awf.gda.pl

.....
data, miejscowość, podpis prawnego opiekuna

Załącznik 2 - Informator dla rodziców

INFORMACJA DLA BADANYCH

Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu oraz Oddział Kardiologii Dziecięcej im. WOŚP Gdańsk Zaspas Szpital im. Św. Wojciecha zapraszają Państwa dzieci do udziału w projekcie badawczym pt.: „Ocena wydolności fizycznej i stanu psychicznego dzieci w odległym okresie po kardiologicznej korekcji wrodzonych wad serca”.

Niniejszy dokument zawiera podstawowe informacje na temat projektu, celu, przebiegu prowadzonych badań oraz wybranych aspektów medycznych, prawnych i etycznych związanych z uczestnictwem Państwa dzieci w proponowanych badaniach. Prosimy o zapoznanie się z treścią dokumentu oraz zachęcamy do rozmowy i zadania pytań, na które odpowiemy mając nadzieję na wyjaśnienie wszelkich wątpliwości.

1. Założenia badania

Wiedza na temat reakcji organizmu dziecka na wysiłek fizyczny jest niezmiernie ważna dla specjalistów aktywności fizycznej, którzy prowadzą trening fizyczny dzieci zdrowych, jak i obciążonych problemem zdrowotnym. Trener, świadomy swojej roli w rozwoju dziecka, wymaga ze strony naukowców czytelnej dla niego pomocy. Drugą grupą, która oczekuje wsparcia, są rodzice dzieci obciążonych problemami kardiologicznymi. Wyniki badań pomogą w indywidualizacji postępowania wysiłkowego przeznaczonego dziecku. Grupę badawczą stanowić będą ośmiolatki (dziewczynki i chłopcy), którzy przeszli zabieg kardiologiczny i pozostają pod opieką specjalistycznego ośrodka w Gdańsku. Grupy kontrolne stanowić będą ich rówieśnicy, których aktywność fizyczna polega na uczestnictwie w lekcjach wychowania fizycznego, specjalistycznych treningach, aktywności nieformalnej wynikającej z obowiązków codziennego życia. Uczestnicy projektu poproszeni zostaną o udział w wywiadzie żywieniowym, pomiarach antropometrycznych oraz wykonanie testu wysiłkowego z analizą gazów wydechowych.

2. Uczestnictwo Dziecka w badaniach jest dobrowolne. Posiadają Państwa wszelkie prawa do informacji, które zostaną uzyskane w toku badań. Ogólne warunki uczestnictwa Dziecka w badaniach są określone następująco:

Nie zostaną przeprowadzone żadne badania, które mogłyby okazać się niekorzystne dla Dziecka i Państwa interesów. Nie będzie możliwe rozpoznanie Dziecka w żadnej publikacji lub doniesieniu, które jest wynikiem tego badania. Badania z udziałem Dziecka nie będą wykorzystane w celach komercyjnych i żaden z badaczy nie będzie czerpać korzyści z tych badań. Wyrażają Państwo zgodę tylko na badania i działania wymienione powyżej.

3. Kwalifikacja do badań

Oceny ogólnego stanu zdrowia badanych dokona lekarz pediatra na podstawie przeprowadzonego wywiadu oraz wyników uzyskanych w pomiarów standardowo wykonywanym w badaniach przesiewowych.

4. Postępowanie badawcze

Protokół badawczy uwzględnia etap familiaryzacji, podczas którego przeprowadzony zostanie wywiad żywieniowy, pomiary antropometryczne oraz zapoznanie ze środowiskiem badania wysiłkowego – spiroergometrycznego (CPET), które przeprowadzone będzie w indywidualnie wyznaczonym terminie.

- **wywiad żywieniowy:** pytania zadane w kwestionariuszu ankiety dotyczyć będą zachowań żywieniowych oraz problemów zdrowotnych obserwowanych u dziecka - w odpowiedzi na spożycie żywności. Dodatkowo uczestnicy poproszeni zostaną o wypełnienie trzydniowego dzienniczka żywieniowego.
- **pomiary antropometryczne:** pomiar wysokości ciała, masy ciała oraz składu ciała z wykorzystaniem oparcia o metodę bioelektrycznej impedancji.
- **pomiary spiroergometryczne:** zostaną wykonane w warunkach próby wysiłkowej (CPET) o stopniowo zwiększającej się intensywności - do odmowy kontynuowania, z wykorzystaniem pediatrycznego ergometru rowerowego oraz analizatora gazów wydechowych. Podczas CPET, w sposób bezpieczny i bezinwazyjny monitorowaniu podlegać będą ciśnienie tętnicze krwi (okresowo), częstość skurczów serca w zapisie EKG, pulsoksymetryczna saturacja krwi włósniczkowej, spektrofotometryczna oksygenacja tkanek mózgowej i mięśniowej, temperatura ciała, zużycie tlenu i wydalenie dwutlenku węgla oraz subiektywna ocena ciężkości wysiłku fizycznego (przy użyciu 10-punktowej skali Borga).
- **testy psychologiczne z psychologiem dziecięcym w obecności rodzica**
 1. Test Fluencji Słownej – ocena funkcji wykonawczych w zakresie umiejętności do przeszukiwania zasobów poznawczych w zakresie fluencji semantycznej o szerokiej kategorii, jak również poziom tworzenia strategii przeszukiwania słownictwa
 2. Wybrane podtesty z Wechslera Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci (WISC-V):
 - „Podobieństwa” do oceny zdolności do myślenia abstrakcyjnego, umiejętności porównywania, uogólniania, abstrahowania.
 - „Powtarzanie cyfr” – zakres pamięci bezpośredniej, koncentracji uwagi
 - „Kodowanie” – zdolność uczenia się wzrokowo-ruchowego, tempo pracy
 - „Labirynty” – umiejętność planowania
 3. Drabina Canrila - ocena poziomu satysfakcji z aktualnej sytuacji życiowej (dla dziecka i rodzica)

4. Poufność wyników badań

Badania mają charakter naukowy z zachowaniem pełnej poufności danych osobowych Dziecka oraz wyników badań. Indywidualne wyniki dziecka zostaną przedstawione Państwu podczas spotkania konsultacyjnego po zakończonym każdym etapie badań. Dodatkowo zostaną opublikowane w czasopiśmie naukowym, jako składowa analizy statystycznej bez ujawnienia jakichkolwiek danych osobowych dziecka. Prawo Państwowe chroni poufność danych Dziecka.

5. W jaki sposób przygotować się do badania?

- Jeden dzień przed przystąpieniem do testu wysiłkowego należy spożyć odpowiednią objętość (ok. 1,5 l – 2,0 l) wody, aby zachować prawidłowy stan nawodnienia organizmu.

- Zjeść lekki posiłek, co najmniej dwie godziny przed przystąpieniem do testu wysiłkowego.
- Nie podejmować ciężkiego wysiłku fizycznego (typu trening) jeden dzień przed przystąpieniem do testu wysiłkowego.
- Mieć na sobie wygodne ubranie, takie jak luźny T-shirt i krótkie spodenki.
- Mieć obuwie sportowe z płaską podeszwą. Nie mogą to być sandały, klapki czy kozaki.
- Przystąpić do testu po dobrze przespanej nocy i czuć się w pełni wypoczętym.
- W przypadku złego samopoczucia lub wystąpienia gorączki, należy skontaktować się z nami w celu uzgodnienia nowego terminu testu.
- Należy wypełnić kwestionariusz przystępującego do testu wysiłkowego.

6. Dodatkowe dane podlegające rejestracji

Dodatkowo oceniane będą nawyki żywieniowe oraz poziom aktywności fizycznej dziecka

7. Ryzyko związane z badaniem

Ryzyko związane z przeprowadzeniem próby wysiłkowej (CPET) obejmuje minimalną możliwość doznania urazów mięśni, ścięgien czy więzadeł, które towarzyszą każdej aktywności fizycznej. Jest to bardziej hipotetyczna możliwość niż realne zagrożenie. Podczas CPET, dziecko wykonuje wysiłek fizyczny na ergometrze rowerowym, mogą pojawić się objawy zmęczenia podobne do zmęczenia towarzyszącego każdej aktywności fizycznej: uczucie ogólnego osłabienia, nudności, lekkie zawroty głowy. Podczas wysiłku fizycznego, którego czas pracy przekracza 10 minut, odczuwalne mogą być objawy duszności, nagły wzrost częstości skurczów serca oraz wentylacji minutowej i częstości oddechowej. Objawy zmęczenia podczas wysiłków mogą się nasilać. Należy podkreślić, że dziecko, w dowolnym momencie może przerwać próbę wysiłkową. Badanie będzie przeprowadzone w obecności personelu medycznego.

8. Korzyści związane z badaniem

Wyniki badania umożliwią zintegrowaną ocenę statusu zdrowotnego dziecka, uwzględniając stan odżywienia, tempo i harmonię rozwoju biologicznego oraz wydolność fizyczną - w świetle maksymalnego poboru tlenu, progów metabolicznych oraz maksymalnej mocy tlenowej. Przełożenie wyników badania na język aplikacyjny, pozwoli specjalistom aktywności fizycznej zaprogramować efektywną i bezpieczną aktywność fizyczną, z uwzględnieniem indywidualnych możliwości i tolerancji wysiłkowej dziecka.

9. Opłaty

Uczestnictwo w badaniach jest w pełni dobrowolne i bezpłatne.

10. Organizator i sponsor badań

Organizatorem badań jest Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku oraz Oddział Kardiochirurgii Dziecięcej im. WOŚP Gdańsk Zaspas Szpital im. Św. Wojciecha. Badania są niesponsorowane i finansowane, stanowią naukową pracę doktorską mgr Jakuba Wasilewskiego.

11. Jak uzyskać dodatkowe informacje

W przypadku jakichkolwiek wątpliwości zachęcamy do zadawania pytań, dotyczących projektu, zarówno przed, jak i w czasie jego przebiegu.

Rodzice dziecka otrzymają kopie niniejszego pisma.

W przypadku niejasności chętnie służymy wyjaśnieniem.

12. Uczestnictwo

Udział w badaniu jest dobrowolny. Dziecko może w każdej chwili zrezygnować z uczestnictwa.

W takim przypadku uprzejmie prosimy o wcześniejsze powiadomienie o zaistniałej sytuacji.

13. Potwierdzenie przekazania i otrzymania informacji

Potwierdzamy, że zapoznaliśmy się z treścią pisma, wiemy o możliwościach uzyskania wszelkich informacji, wspólnie z dzieckiem wyrażamy zgodę na jego uczestnictwo w projekcie. Otrzymaliśmy jedną kopię niniejszego pisma.

Data i czytelny podpis dziecka

Data i czytelny podpis rodzica/opiekuna prawnego dziecka

Data i czytelny podpis rodzica/ opiekuna prawnego dziecka

Oświadczam, że wyjaśniłem szczegóły projektu dziecku oraz jego rodzicom/opiekunom prawnym. Świadomie podejmuję się przeprowadzenia tego badania z przedstawionymi zasadami.

Data i czytelny podpis badacza

Dziękujemy za wyrażenie zgody na uczestnictwo w projekcie