

Lek. Konrad Szymczyk

**Zastosowanie tomografii komputerowej  
w analizie wariantów anatomicznych  
kompleksu opuszki aorty**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: Prof.dr hab. n. med. Ludomir Stefańczyk

Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej

Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Łódź, 2019

## Streszczenie

Kompleks opuszki aorty stanowi złożoną strukturę, w której na niewielkim obszarze mogą występować liczne warianty anatomiczne i anomalie, a także patologie dotyczące wszystkich trzech jego składowych czyli zastawki aortalnej, tętnic wieńcowych i samej aorty. Nie tylko bezpośrednia bliskość anatomiczna, ale także wspólne podłoże embriologiczne sprawia, iż są one ze sobą ściśle powiązane. Dla prawidłowej oceny każdej sytuacji klinicznej w tym obszarze kluczowe staje się uzyskanie pełnych informacji o wszystkich elementach składowych kompleksu opuszki aorty pozwalające na prawidłowy wybór dalszego postępowania zarówno zachowawczego jak i operacyjnego. Echokardiografia i koronarografia mają ugruntowaną pozycję w diagnostyce obrazowej odpowiednio opuszki aorty, zastawki aortalnej i tętnic wieńcowych. Każda z tych technik ma jednak swoje ograniczenia i pozwala na analizę tylko pojedynczego elementu kompleksu opuszki aorty. Rozwój wielorzędowej tomografii komputerowej bramkowanej zapisem EKG daje perspektywę jej wykorzystania jako wszechstronnego narzędzia pozwalającego na jednoczesną szczegółową analizę aorty, tętnic wieńcowych i zastawki aortalnej czyli wszystkich trzech składowych kompleksu opuszki aorty w czasie jednego badania.

W związku z powyższymi celami pracy jest:

1. Ocena przydatności badania tomografii komputerowej w szczegółowej analizie morfologii i funkcji wariantów anatomicznych zastawki aortalnej.
2. Analiza obrazów tętnic wieńcowych zwłaszcza ich wariantów anatomicznych i anomalii u pacjentów kierowanych na badanie angiografii wieńcowej metodą tomografii komputerowej.
3. Określenie roli tomografii komputerowej w ocenie topografii i morfologii przeszczepionych tętnic wieńcowych u pacjentów po korekcji anatomicznej przełożenia wielkich tętnic
4. Określenie roli wielorzędowej tomografii komputerowej bramkowanej EKG w protokole postępowania diagnostycznego w analizowanych grupach Pacjentów.

Materiał stanowiły badania tomografii komputerowej bramkowane zapisem EKG wykonane w latach 2010-2016 w pracowni tomografii komputerowej w Zakładzie Diagnostyki Obrazowej Szpitala Centrum Zdrowia Matki Polki przy użyciu skanera Philips Brilliance iCT 256 oraz w pracowni tomografii komputerowej w Zakładzie Radiologii i Diagnostyki Obrazowej Uniwersyteckiego Szpitala Nr 1 im Norberta Barlickiego w Łodzi przy użyciu skanera GE Healthcare Lightspeed VCT.

We wszystkich badaniach uzyskane obrazy były zadowalającej jakości i pozwalały na analizę morfologiczną zastawki aortalnej. Zastawkę dwupłatkową stwierdzono u 19 Pacjentów (0,9%). Zastawkę jednopłatkową oraz czteropłatkową obserwowano w pojedynczych przypadkach (0,05%). W grupie pacjentów z dwupłatkową zastawką aortalną brak pełnej kooptacji płatków wskazujący na niedomykalność aortalną rozpoznano u 4. Zmniejszone pole otwarcia świadczące o stenotycznym profilu napływu stwierdzono u dwóch Pacjentów z dwupłatkową zastawką z pojedynczym szwem – typ 1. Pole powierzchni pierścienia w grupie zastawek dwupłatkowych dwuspoidłowych - typ 0 ( $P=0,004$ ), dwupłatkowych z pojedynczym szwem – typ 1 ( $P=0,008$ ) oraz jednopłatkowych było istotnie większe niż w grupie zastawek trójpłatkowych; pole powierzchni zastawki czteropłatkowej było zbliżone do średniej wartości zastawek trójpłatkowych. Wartość pola otwarcia w grupie zastawek dwupłatkowych z pojedynczym szwem przyjmowała wartości w szerokim zakresie wskazujące zarówno na stenozę jak i normalną funkcję zastawek. Wartość pola otwarcia zastawki czteropłatkowej była większa niż wartości spotykane w grupie zastawek trójpłatkowych, zastawka jednopłatkowa wykazywała mniejsze pole powierzchni otwarcia wskazujące na jej stenozę.

Anomalie tętnic wieńcowych w grupie badanej występowały z częstością 1,1%. Najczęstszą anomalią (0,6%) było odejście gałęzi okalającej od prawej zatoki Valsalvy z przebiegiem retroaortalnym. Na drugim miejscu (0,3%) występowało odejście prawej tętnicy wieńcowej od lewej zatoki Valsalvy. W jednym przypadku prawa tętnica wieńcowa wykazywała typowy przebieg międzYTętniczny pomiędzy częścią wstępującą aorty a pniem płucnym z cechami istotnej kompresji pomiędzy tymi dwoma dużymi pniami naczyniowymi co świadczy o złośliwym typie anomalii. W jednym przypadku (0,1%) lewa tętnica wieńcowa odchodziła od prawej zatoki Valsalvy i przebiegała retroaortalnie. Odejście gałęzi okalającej od prawej tętnicy wieńcowej obserwowano także u jednego Pacjenta (0,1%), w tym przypadku również

z przebiegiem retroaortalnym. U żadnego z Pacjentów anomaliom tętnic wieńcowych nie towarzyszyły wrodzone wady serca.

W grupie Pacjentów po przebytej korekcji anatomicznej przełożenia wielkich tętnic anomalie tętnic wieńcowych występowały u 28% badanych, najczęstszym wariantem było odejście gałęzi okalającej od prawej tętnicy wieńcowej (5/50; 10%). Ostry kąt odejścia tętnic wieńcowych powodujący zagięcie naczynia z redukcją jego pola przekroju stwierdzono u 3 Pacjentów. U 4 Pacjentów wykazano międzytętniczy przebieg pnia lewej tętnicy wieńcowej lub przedniej gałęzi zstępującej. U jednego Pacjenta uwidoczniono obecność przetok wieńcowo płucnych. U 8 Pacjentów występowały mostki mięśniowe, we wszystkich przypadkach zlokalizowane w segmencie 7. Łącznie u 14 Pacjentów stwierdzono nieprawidłowości w układzie tętnic wieńcowych, które wymagały modyfikacji protokołu kontroli pooperacyjnej. U 25 Pacjentów stwierdzono ostry kąt odejścia (30 stopni lub mniej) co najmniej jednej tętnicy wieńcowej.

Otrzymane wyniki i publikowane dane literaturowe pozwalają na przedstawienie następujących wniosków:

1. Badania tomografii komputerowej bramkowanej EKG pozwala na określenie wariantu anatomicznego zastawki aortalnej oraz planimetryczną ocenę jej funkcjonowania
2. W kwalifikacji do leczenia operacyjnego poza badaniem echokardiograficznym, którego największą zaletą jest ocena przepływu na poziomie zastawki i aorty, badanie TK jest kluczowe w identyfikacji odejść tętnic wieńcowych.
3. Badanie tomografii komputerowej bramkowane EKG umożliwia ocenę morfologii tętnic wieńcowych a także struktur sąsiednich mogących wpływać na obraz kliniczny anomalii anatomicznych, co jest trudno osiągalne w badaniu koronarograficznym.
4. U pacjentów po korekcji anatomicznej przełożenia wielkich tętnic tomografia komputerowa bramkowana EKG poprzez analizę przestrzennego przebiegu naczyń wieńcowych pozwala na ocenę ryzyka wystąpienia ostrego incydentu sercowego.

5. Stwierdzenie u pacjentów po korekcji przełożenia wielkich tętnic odkształcenia światła naczyń wieńcowych przy jednoczesnym ostrym kącie jego przebiegu może stanowić wskazanie do ich dalszego monitorowania i postępowania prewencyjnego.
  
6. Badanie wielorzędowej tomografii komputerowej bramkowanej EKG dzięki wszechstronności oceny, szerokiej dostępności, nieinwazyjności stanowi podstawę algorytmów diagnostycznych patologii opuszki i części wstępującej aorty.

## Abstract

The aortic bulb complex is a complicated structure in which there may be present numerous anatomical variants and anomalies in a small area, as well as pathologies affecting all three of its components: aortic valve, coronary arteries and the aorta itself. Not only the direct anatomical closeness, but also the common embryological basis means that they are closely related. For the correct assessment of each clinical situation in this area, it becomes crucial to obtain complete information about all the components of the aortic bulb complex allowing for the appropriate selection of further conservative and surgical procedures. Echocardiography and coronary angiography have an established position in imaging diagnostics of aortic bulb, aortic valve and coronary arteries, respectively. However, each of these techniques has its limitations and allows for the analysis of only a single element of the aortic bulb complex. The development of ECG gated multi-row computed tomography gives the prospect of using it as a versatile tool that allows simultaneous detailed analysis of the aorta, coronary arteries and aortic valve, i.e. all three components of the aortic bulb complex during one acquisition.

In connection with the above, the aims of the study are:

1. Assessment of the usefulness of computed tomography in detailed analysis of morphology and function of anatomical variants of the aortic valve.
2. Analysis of coronary artery images, especially their anatomical variants and anomalies in patients referred for coronary computed tomography angiography.
3. Determining the role of computed tomography in the assessment of topography and morphology of transplanted coronary arteries in patients with transposition of great arteries after arterial switch operations.
4. Determination of the role of ECG gated multi-row computed tomography in diagnostic protocol in the analyzed patient groups.

The material consisted of ECG gated computed tomography studies performed in 2010-2016 at the Radiology Department of the Polish Mother's Health Institute using a Philips Brilliance iCT 256 scanner and at the Radiology Department of the Medical Teaching Hospital No. 1 in Łódź using the GE Healthcare Lightspeed VCT scanner.

In all studies, the obtained images were of satisfactory quality and allowed morphological analysis of the aortic valve. Bicuspid valve was found in 19 patients (0.9%). Unicuspid and quadricuspid valves were observed in single cases (0.05%). In the group of patients with bicuspid aortic valve, a lack of full coaptation of leaflets indicating aortic regurgitation was diagnosed in 4 cases. A reduced aortic orifice area indicating a stenotic outflow profile was found in two patients with a single-raph bicuspid aortic valve - type 1. The annulus area in the group of bicuspid valves with no raphe - type 0 ( $P = 0.004$ ), bicuspid valves with one raphe - type 1 ( $P = 0.008$ ) and unicuspid valves was significantly higher than in the group of threecuspid valves; the area of quadricuspid valve was close to the average value of the threecuspid valves. The value of the opening area in the group of bicuspid valves with a single raphe taking values in a wide range indicating stenosis as well as the normal function of the valves. The opening area value of the quadricuspid valve was greater than the values found in the threecuspid valves, the unicuspid valve showed a smaller opening area indicating its stenosis.

Coronary artery anomalies in the study group occurred with a frequency of 1.1%. The most common anomaly (0.6%) was the origin of circumflex artery from right aortic sinus with a retroaortic course. Second most common (0.3%) was a origin of the right coronary artery from the left sinus of Valsalva. In one case, the right coronary artery present a typical inter-arterial course between the ascending part of the aorta and the pulmonary trunk with the features of significant compression between these two large vascular trunks, which indicates a malignant type of anomaly. In one case (0.1%) the left coronary artery origin from the right sinus of Valsalva and course retroaortally. Origin of the circumflex artery from right coronary artery was also observed in one patient (0.1%), in this case also with retroaortic course. None of the patients had coronary artery anomalies coexisting with congenital heart defects.

In the group of patients after an anatomical correction of transposition of great arteries, coronary artery anomalies occurred in 28% of the patients, the most common variant was the origin of the circumflex artery from right coronary artery (5/50; 10%). Acute coronary artery takeoff angle causing the vessel to bend with a reduction in its cross-sectional area was found in 3 patients. Four patients present an inter-arterial course of the left coronary artery stem or anterior descending artery.

One patient showed the presence of coronary pulmonary fistulas. Eight patients had muscle bridges, in all cases located in segment 7th. In total, 14 patients had coronary artery abnormalities that required modification of the postoperative control protocol. 25 patients had an acute takeoff angle (30 degrees or less) at least one coronary artery.

The obtained results and published literature data allow for the following conclusions:

1. ECG gated computed tomography allow to determine the anatomical variant of the aortic valve and planimetric assessment of its functioning
2. In qualifying for surgical treatment, apart from echocardiography, whose biggest advantage is the assessment of flow at the level of the valve and aorta, CT scan is crucial in identifying coronary artery departures.
3. ECG gated computed tomography allows to assess the morphology of coronary arteries and surrounding structures that may affect the clinical picture of anatomical anomalies, which is difficult to obtain in coronary angiography.
4. In patients who have undergone anatomical correction of transposition of great arteries, ECG gated computed tomography by coronary artery spatial course analysis allows to evaluate the risk of an acute cardiac event.
5. Determination of coronary vessel lumen deformation in patients with anatomical correction of transposition of great arteries along with an acute angle of its course may be an indication for their further monitoring and preventive proceedings.
6. ECG gated multi-row computed tomography thanks to the versatility of assessment, wide availability and non-invasiveness is the basis of diagnostic algorithms of pathology of the root and the ascending part of the aorta.