



UNIwersytet Medyczny
IM. PIASTÓW ŚLĄSKICH WE WROCLAWIU

Katedra Radiologii
Zakład Radiologii Ogólnej, Zabiegowej i Neuroradiologii

lek. Agata Szczurowska

**Wartość parametrów ilościowych tomografii komputerowej w
ocenie nerek, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów
transplantologicznych**

ROZPRAWA DOKTORSKA – STRESZCZENIE

**The value of computed tomography quantitative parameters in the
assessment of kidneys, with particular consideration of
transplantological aspects**

DOCTORAL THESIS – ABSTRACT

Promotor : Prof. dr hab. n. med. Marek Sasiadek
Promotor pomocniczy: dr hab. n. med. Wojciech Krajewski

WROCLAW 2021

STRESZCZENIE

Tomografia komputerowa (TK) jest doskonałym narzędziem do obrazowania nerek w różnych sytuacjach klinicznych, między innymi w schorzeniach urologiczno-onkologicznych, a także w ciągle rozwijającej się dziedzinie transplantologii. W tej ostatniej dziedzinie TK jest metodą obrazową z wyboru w ocenie nerek u żywych dawców nerek, m.in. ze względu na większą czułość badania w wykrywaniu dodatkowych tętnic nerkowych o bardzo małym kalibrze w porównaniu z angiografią rezonansu magnetycznego i ultrasonografią dopplerowską oraz możliwość uzyskania parametrów ilościowych. Mimo potencjalnego działania nefrotoksycznego jodowych środków kontrastowych TK znajduje także zastosowanie w ocenie istotnego hemodynamicznie zwężenia tętnicy nerki przeszczepionej u biorców nerki. W tym ostatnim przypadku istnieje możliwość użycia nowej, obiecującej techniki TK z dotętnicznym podaniem środka kontrastowego w niskich dawkach. Ta metoda została wcześniej użyta w nielicznych badaniach naukowych, m.in. przypadku badania odgałęzień aorty brzusznej, a także w jedynym – według wiedzy autorów - badaniu tętnic nerek przeszczepionych.

Istotną zaletą tomografii komputerowej jest możliwość wykonania pomiarów ilościowych, które jednak nie są rutynowo stosowane m.in. ze względu na ich nieustaloną jeszcze wartość kliniczną.

Celami badań w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej są:

1. Ocena wartości autorsko opracowanych parametrów ilościowych tomografii komputerowej w ocenie nerek i naczyń nerkowych, zwłaszcza u potencjalnych żywych dawców nerek z uwzględnieniem korelacji wybranych parametrów ze spadkiem funkcji nerek określonej przez eGFR.
2. Ocena związku pomiędzy polem przekroju tętnicy nerkowej a objętością nerki z uwzględnieniem wariantów tętnic nerkowych, dymorfizmu płciowego oraz lateralizacji.
3. Wstępna ocena potencjalnych możliwości i bezpieczeństwa badania angiografii tomografii komputerowej z dotętnicznym podaniem rozcieńzonego środka kontrastowego w ultra-niskich dawkach w określeniu zwężenia tętnicy

nerkowej u biorców nerek w kontekście planowania leczenia wewnątrznaczyniowego.

Cele te osiągnięto poprzez przeprowadzenie trzech projektów badawczych, których wyniki stanowiły podstawę prezentowanego cyklu publikacji. We wszystkich trzech projektach przeprowadzono pomiary parametrów ilościowych i ocena parametrów jakościowych w badaniach TK wykonanych za pomocą aparatów TK z 64 rzędami detektorów (GE Healthcare).

Celem pierwszego projektu badawczego (artykuł nr 1) była identyfikacja parametrów ilościowych badania TK jamy brzusznej, które mogłyby pomóc w przewidywaniu większego niż spodziewany spadku funkcji nerek wyrażonej jako szacunkowy współczynnik filtracji kłębuszkowej (eGFR) po zabiegu nefrektomii u żywych dawców nerki. W projekcie poddano ocenie autorskie parametry ilościowe w badaniach tomografii komputerowej. Badania TK wykonano przedoperacyjnie u żywych dawców nerek w Uniwersyteckim Szpitalu Klinicznym we Wrocławiu oraz w Szpitalu Uniwersyteckim w Barakaldo w Hiszpanii. Uzyskane wyniki pomiarów TK i dane biometryczne dawców (wiek, płeć, masa ciała) porównano ze spadkiem eGFR po usunięciu nerki. Rezultaty przeprowadzonych analiz wskazują na istotną korelację zachodzącą między autorsko opracowanym parametrem CAEI (*cortex-to-aorta enhancement index*), a obniżeniem eGFR. Stwierdzono, że najsilniejszymi czynnikami korelującym ze spadkiem eGFR były: płeć męska i masa ciała dawcy.

Celem drugiego projektu badawczego (artykuł nr 2) była ocena anatomiczna nerek i tętnic nerkowych, z uwzględnieniem obecności wariantów tętnic nerkowych, ich lateralizacji i dymorfizmu płciowego. W ramach projektu oceniono m.in. związek pola przekroju tętnicy nerkowej z objętością nerki, a także częstość występowania dodatkowych tętnic nerkowych oraz wczesnego podziału tętnic nerkowych. Oceny dokonano w oparciu o wyniki TK jamy brzusznej pacjentów badanych ze wskazań pozanerkowych w Uniwersyteckim Szpitalu Klinicznym we Wrocławiu. Stwierdzono dodatnią korelację między polem przekroju tętnicy nerkowej (lub sumą pól przekroju tętnic nerkowych w przypadku występowania dodatkowych tętnic nerkowych) a objętością nerki. Prócz tego, wykazano także odwrotną zależność pomiędzy polem przekroju głównej tętnicy nerkowej, a liczbą tożstronnych tętnic nerkowych.

Celem trzeciego projektu (artykuł nr 3), była ocena możliwości i bezpieczeństwa angiografii tomografii komputerowej (CTA) z dotętnicznym podaniem rozcieńczonego środka kontrastowego w ultra-niskich dawkach (Ia-CTA) w diagnostyce zwężenia tętnicy nerki przeszczepionej (TRAS – *transplant renal artery stenosis*). Badanie Ia-CTA wykonano u 33 pacjentów ze stwierdzonymi cechami istotnego zwężenia tętnicy nerki przeszczepionej w USG Doppler. U dwunastu pacjentów Ia-CTA potwierdziło istotne zwężenie tętnicy nerkowej, sześciu z nich zakwalifikowano do leczenia implantacją stentu. W artykule zaprezentowano potencjał tej unikalnej techniki tomografii komputerowej, zaproponowano protokół i warunki przeprowadzenia badania oraz wstępnie określono jego bezpieczeństwo pod kątem ewentualnej nefropatii pokontrastowej. U wszystkich 6 pacjentów zakwalifikowanych do zabiegu stentowania badanie Ia-CTA pozwoliło na uzyskanie w pełni diagnostycznych obrazów zwężenia tętnicy nerkowej przed wszczęciem stentu. Stwierdzono trzy typy zwężenia: w zespoleniu, w pniu tętnicy lub w obu tych miejscach oraz określono je jako zwężenie wysokiego stopnia lub krytyczne. U żadnego z tych 6 pacjentów nie zaobserwowano trwałego obniżenia funkcji nerki przeszczepionej po zabiegu implantacji stentu.

Podsumowując, w toku badań zidentyfikowano najbardziej wartościowy parametr ilościowy TK – CAEI, który może mieć znaczenie w przewidywaniu większego spadku eGFR po pobraniu nerki od żywego dawcy. Zaobserwowana korelacja objętości nerki i pola przekroju tętnicy nerkowej ma wartość w przewidywaniu obecności dodatkowych tętnic nerkowych. Natomiast nowa metoda angiografii TK z dotętnicznym podaniem ultra-niskich dawek rozcieńczonego środka kontrastowego wydaje się wartościową i bezpieczną alternatywą dla klasycznej angiografii w obrazowaniu zwężenia tętnicy nerki przeszczepionej.

ABSTRACT

Computed tomography (CT) is an excellent tool for imaging the kidneys in various clinical situations, including urological and oncological diseases, as well as in the constantly developing field of transplantology. In the latter area, CT is the imaging method of choice for kidney assessment in living kidney donors, inter alia due to the greater sensitivity of the examination in detecting additional renal arteries of a very small caliber compared to magnetic resonance angiography or Doppler ultrasonography, as well as due to the possibility of obtaining quantitative parameters. Despite the potential nephrotoxic effect of iodinated contrast agents, CT is also used in the assessment of haemodynamically significant transplanted renal artery stenosis (TRAS). In the latter case, it is possible to use a new, promising CT technique with intra-arterial administration of ultra-low dose of diluted contrast agent (Ia-CTA). This method has been already used in the examination of the branches of the abdominal aorta, as well as in a single - according to the authors' knowledge - examination of transplanted renal arteries.

An important advantage of computed tomography is the possibility of making quantitative measurements. However, those parameters are not routinely used, due to their yet unknown clinical value.

The aims of the research in this doctoral dissertation are as below:

1. The evaluation of author-elaborated CT quantitative parameters in the assessment of kidneys and renal vessels, especially in potential living kidney donors, taking into account the correlation of selected parameters with the decline in kidney function determined by the eGFR.
2. The assessment of the relationship between the cross-sectional area of the renal artery and the volume of the kidney, taking into account variants of renal arteries, sexual dimorphism and laterality.
3. An initial evaluation of the potential and safety of computed tomography angiography with intra-arterial administration of ultra-low dose of diluted iodine

contrast agent for the determination of transplant renal artery stenosis in renal graft recipients in the context of endovascular treatment planning.

These goals have been achieved by conducting three research projects, the results of which formed the basis of the presented series of publications. In all three projects, measurements of quantitative parameters were performed in CT examinations that had been performed with 64-row CT scanners (GE Healthcare).

The aim of the first research project (Article 1) was to identify quantitative parameters of an abdominal CT scan that could help in predicting a greater than expected decline in renal function expressed as estimated glomerular filtration rate (eGFR) after the nephrectomy in living kidney donors. In the project original quantitative CT parameters were assessed. Preoperative CT examinations were performed in living kidney donors at the University Hospital in Wroclaw and at the University Hospital in Baracaldo, Spain. The obtained results of CT measurements and biometric data of donors (age, sex, body weight) were correlated with the decrease in eGFR after the kidney removal. The results of the conducted analyzes indicate a significant correlation between the author-elaborated CAEI parameter (cortex-to-aorta enhancement index) and the post-operative reduction of eGFR. It was found that the strongest factors correlating with the decrease in eGFR were: male sex and donor body weight.

The aim of the second research project (Article 2) was the anatomical assessment of the kidneys and renal arteries, taking into account the presence of variants of renal arteries, as well as laterality and sexual dimorphism of the vessels and their variants. As a part of the project, the relationship between the cross-sectional area of the renal artery and the renal volume, as well as the incidence of additional renal arteries and proximal division of the renal arteries. The assessment was based on the results of the abdominal CT scan of patients examined for non-renal indications at the University Hospital in Wroclaw. There was a positive correlation between the cross-sectional area of the renal artery (or the sum of the cross-sectional areas of the renal arteries when additional renal arteries were present) and renal volume. In addition, a negative

correlation has been demonstrated between the cross-sectional area of the main renal artery and the number of ipsilateral renal arteries.

The aim of the third project (Article 3) was to evaluate the feasibility and safety of computed tomography angiography (CTA) with intra-arterial administration of ultra-low doses of diluted iodine contrast agent (Ia-CTA) in the diagnosis of transplant renal artery stenosis. The Ia-CTA study was performed in 33 patients with suspicion of TRAS based on Doppler ultrasound. In 12 patients, Ia-CTA confirmed significant TRAS, 6 of them were qualified for treatment with stent implantation. It should be mentioned that the method of contrast agent administration used in the CT evaluation of the transplanted kidney artery was - to the authors' knowledge - the subject of the second scientific report on this subject in the world literature. The article presents the potential of this unique CT technique, proposes the study protocol and preliminarily assesses its safety in terms of possible contrast induced kidney injury. In all 6 patients qualified for the stenting procedure, the Ia-CTA allowed for obtaining fully diagnostic images of TRAS before stenting. Three types of stenosis have been identified: anastomotic, in the arterial trunk, or both, and defined as high-grade or critical stenosis. In none of these 6 patients, a sustained reduction in the function of the transplanted kidney was observed after the stent implantation procedure.

Overall, the presented doctoral dissertation identified the most valuable CT quantitative parameter - CAEI, which may be of importance in predicting a greater decline in eGFR after living donation of a kidney. The observed correlation of the renal volume and the cross-sectional area of the renal artery may be valuable in predicting the presence of additional renal arteries. Finally, the new method of CT angiography with intra-arterial administration of ultra-low doses of diluted contrast agent seems to be a valuable and safe alternative to conventional angiography in imaging of TRAS.