

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE

“VICTOR BABEȘ” DIN TIMISOARA

FACULTATEA DE MEDICINĂ

Departamentul XI PEDIATRIE

DAMEN NAWWAF SEBASTIAN



TEZĂ DE DOCTORAT

MALFORMAȚII VASCULARE RENALE

R E Z U M A T

Conducător de doctorat:

PROF. UNIV. DR. MED. HABIL. POPOIU CĂLIN MARIUS

Timișoara

2025

INTRODUCERE

Vasele renale reprezintă principala sursă de vascularizație a rinichiului. Ele sunt supuse unei variabilități considerabile, astfel că studiul lor a reprezentat o adevărată provocare, atât pentru anumiți cât și pentru chirurghi, pe măsura dezvoltării metodelor de studiu de la disecția pe cadavre până la angiografia cu tomografie computerizată, dar și pe măsura practicării pe scară tot mai largă a intervențiilor chirurgicale la nivelul peretelui posterior al abdomenului, a transplantului renal și a intervențiilor laparoscopice.

Teza de doctorat suplimentează datele anatomice existente deja referitoare la morfologia vaselor renale, date importante nu numai din punct de vedere academic pentru anumiți fiind un suport al educației bazate pe dovezi, dar utile și radiologilor și chirurgilor în vederea optimizării actului chirurgical, dar descrie și variante extrem de rare, sau care nu au fost menționate până acum în literatură.

Pe lângă imaginile de angiografie, imaginile de disecție, tabele și grafice teza este însoțită de scheme, care se doresc a fi mai curând decât o imagine perfectă a variantelor anatomice identificate și a tipurilor morfologice, o versiune simplificată, dar sugestivă a acestora.

Teza este împărțită în două secțiuni, partea generală și partea specială. Teza cuprinde 247 de titluri bibliografice, majoritatea din ultimii 10 ani, cu atenție selectate și inserate în text.

PARTEA GENERALĂ

Cuprinde o primă parte în care sunt prezentate date din literatura de specialitate referitoare la dezvoltarea ontogenetică a arterelor și a venelor renale și o a doua parte care cuprinde date din literatură referitoare la anatomia vaselor renale, respectiv prezentarea acestora din punct de vedere al originii, traiectului, raporturilor și a ramurilor, respectiv a afluenților acestora.

PARTEA SPECIALĂ

Are ca bază cinci studii publicate în reviste de specialitate referitoare la variabilitatea morfologică a vaselor renale, discutarea rezultatelor comparativ cu datele existente în literatura de specialitate, a aplicabilității clinice a rezultatelor obținute și evidențierea câtorva contribuții personale pe care le consider utile în cercetările ulterioare.

Studiul 1-Studiul variantelor anatomice ale venei renale stângi cu traiect retroaortic

Studiul urmărește variabilitatea morfologică a venei renale stângi cu traiect retroaortic și a venei renale stângi cu traiect circumaortic, descrierea și documentarea fiecărui caz în parte, compararea rezultatelor cu cele existente în literatura de specialitate, documentarea ontogenetică a variantelor găsite și în final propune un nou sistem de clasificare a variantelor venei renale stângi.

Studiul a vizat realizarea unei analize retrospective a unui set de 375 angiograme realizate prin tomografie computerizată, pentru a evalua aspectele morfologice și topografice ale venei renale stângi cu traiect retroaortic. Studiul a urmărit și documentat vena renală stângă pentru următoarele cinci tipuri morfologice posibile, luându-se în considerare numărul venelor renale stângi, precum și traiectul acestora în raport cu aorta abdominală. Tipurile 1 și 2 au fost găsite în 344/375 cazuri, iar tipurile 3-5 în 31/375 cazuri.

- tipul 1 – venă renală stângă, unică cu traiect preaortic;
- tipul 2 – vene renale stângi multiple cu traiect preaortic;
- tipul 3 – venă renală stângă unică cu traiect retroaortic, cu subtipurile, 3a – trunchi terminal caval prevertebral unic identificat în 41.94% din cazuri, 3b – trunchiuri terminale prevertebrale cavale duble (bifide) identificat în 9.68% din cazuri și 3c – trunchiuri terminale prevertebrale cavale triple (trifide) în 3.23% din cazuri;
- tipul 4 – vene renale stângi duble, cu traiect preaortic și retroaortic (venă renală stângă cu traiect circumaortic) cu subtipurile 4a – originea extrahilară a venelor renale, fie plexală, fie tronculară identificat în 29.03% din cazuri și 4b – origine sinusală a venelor renale stângi în 12.9% din cazuri;
- tipul 5 – venă renală stângă triplă, una cu traiect preaortic și celelalte două cu traiect retroaortic identificat în 3.23% din cazuri.

În cazul venei renale stângi cu traiect retroaortic a fost înregistrat nivelul vertebral al segmentului prevertebral al acesteia. În cazurile în care au fost identificate vene renale stângi retroaortice multiple, sau vene renale stângi retroaortice cu mai multe brațe, au fost înregistrate nivelele vertebrale ale acestora. Caracteristic tuturor cazurilor în care au fost identificate prezența atât a venei renale stângi preaortice cât și a venelor renale stângi retroaortice a fost faptul că aceasta din urmă era situată la un nivel inferior de cea preaortică. A existat o asociere statistică semnificativă între tipul 3b și nivelul vertebral, toate cazurile fiind centrate pe treimea mijlocie a vertebrei L4.

Din punct de vedere clinic, prezența venei renale stângi retroaortice devine importantă în chirurgia transplantului renal, în condițiile în care este de preferat rinichiul stâng cu o venă renală stângă mult mai lungă comparativ cu cea dreaptă, iar orice traiect particular al venei renale modifică aranjamentul normal al viscerelor la nivelul cavității abdominale și ar putea crea probleme pe parcursul chirurgiei retroperitoneale sau a procedurilor intervenționale. Vena renală stângă retroaortică se poate asocia și cu alte situații clinice, cum ar fi varicocelul, anevrismul aortei abdominale când această venă trebuie luată în considerare pe parcursul exciziei chirurgicale a anevrismului. Vena renală stângă retroaortică este asociată și cu sindromul nutcracker posterior care apare atunci când prin prezența ei diminuează spațiul dintre aorta abdominală și coloana vertebrală, putând astfel fi comprimată cu creșterea presiunii la nivelul ei, urmată de congestie la nivelul rinichiului stâng, dureri în flancul stâng, cu hematurie și proteinurie. O venă renală stângă circumaortică poate predispute atât la sindrom nutcracker posterior cât și la unul anterior. Vena renală stângă retroaortică poate avea un rol și în formarea osteofitelor la nivelul coloanei vertebrale lombare. Orice structură situată la nivelul spațiului retroperitoneal, inclusiv variante ale venelor renale cum ar fi vena renală stângă retroaortică și vena renală stângă circumaortică devin importante în afecțiunile maligne poate fi confundată cu o adenopatie paraaortică stângă.

Studiul 2-Studiul conexiunilor dintre vena renală stângă și vena hemiazigos.

Studiul urmărește identificarea, documentarea și incidența cazurilor de drenaj venos al rinichiului stâng pe calea venei hemiazigos, variantă anatomică puțin documentată în literatura de specialitate. Am efectuat un studiu retrospectiv pe 150 CTangiograme (85 de bărbați și 65

de femei), privind originea conexiunii reno-hemiazigos în vena renală stângă. Am urmărit și documentat prezența celor două tipuri de conexiuni reno-hemiazigos:

- tipul I (flux direct hemiazigos) – caracterizat prin prezența unei conexiuni reno-hemiazigos cu traiect ascendent, la nivelul marginii postero-laterale stângi a aortei abdominale (11/14 cazuri);
- tipul II (flux indirect hemiazigos) – caracterizat prin prezența unei conexiuni reno-hemiazigos cu două segmente, un segment lombar corespunzător celei de-a doua vene lombare stângi și un segment pretransversar, la nivelul corespunzător proceselor transverse ale vertebrelor L2-T12, ca venă lombară ascendentă (3/14 cazuri).

În același timp studiul a urmărit și documentat existența conexiunilor reno-hemiazigos în care vena renală stângă avea un traiect clasic, dar și a conexiunilor reno-hemiazigos asociate cu tributara posterioară a venei renale stângi (7.14%) sau cu variantele anatomice ale venei renale stângi, respectiv vena renală stângă retroaortică (7.14%) și vena renală stângă circumaortică (21.43%). Datele raportate de noi referitoare la inserția venei hemiazigos în vena renală stângă sugerează persistența segmentului proximal al venei subcardinale stângi (persistența anastomozei subcardinale-supracardinale), permițând astfel drenajul venos al rinichiului stâng către ambele componente ale sistemului cav, superior și respectiv inferior.

Spre deosebire de studiile anterioare, studiul nostru a găsit asocierea mai frecventă a conexiunii reno-hemiazigos cu vena renală stângă preaortică. Un alt element de luat în seamă al studiului nostru a fost evidențierea raportului superior direct al conexiunii reno-hemiazigos cu artera renală stângă, raport care face cele două vase foarte vulnerabile pe parcursul intervențiilor chirurgicale la nivelul spațiului retroperitoneal sau a procedurilor endovasculare efectuate la nivelul pediculului renal, expunându-le la traumatisme iatrogene cu hemoragii importante, fiind astfel esențială cunoașterea lor pentru a putea anticipa riscul intervențional și a preveni complicațiile. Am constatat în studiul nostru că, deși, în general, returul venos standard al rinichiului stâng este suplimentat de arcul reno-hemiazigo-lombar, calea anatomică de rezervă reprezentată de conexiunea reno-hemiazigos apare în câteva cazuri și poate juca un rol important. Conexiunea reno-hemiazigos devine importantă și în sindromul nutcracker posterior, când comprimarea venei renale stângi retroaortice sau a brațului posterior al venei renale stângi circumaortice între aorta abdominală și coloana vertebrală duce la redirecționarea sângelui venos al rinichiului stâng pe căi colaterale cu creșterea fluxului retrograd la nivelul acestora. Căi colaterale pot fi vena gonadală stângă dar și tributarele

posteroare ale venei renale stângi, conexiunea reno-hemiazigos sau venele lombare și care caționează ca o cale de legătură între sistemul cav superior și sistemul cav inferior. Congestia venoasă la nivelul venei hemiazygos sau a venei lombare superioare stângi, determină congestia venoasă și la nivelul plexului venos epidural spinal, care prin sângerare poate duce la un hematom epidural spinal. Consecința compresiunii venei renale stângi este apariția hipertensiunii la nivelul acesteia și în mod compensator ar duce la dezvoltarea circulației colaterale]. Dezvoltarea circulației colaterale duce la creșterea fluxului venos la nivelul unor organe care în mod normal au o rată redusă a perfuziei, ca de exemplu vezica urinară, uter, sau au o rată mică a metabolismului, ca de exemplu măduva spinării, sau sunt de mici dimensiuni, ca de exemplu ovarul, ducând la formarea unor vene varicoase și ulterior la alte complicații. Trunchiul reno – rahidian sau reno – spinal este definit ca o tributară voluminoasă care leagă vena renală stângă cu vena hemiazigos prin intermediul căreia sângele de la nivelul rinichiului stâng poate ajunge în plexul intra-rahidian. Secundar fluxului venos crescut între rinichiul stâng și aceste plexuri, pe calea trunchiului reno-spinal, apare hipertensiunea la nivelul plexurilor intrarahidiene, cu apariția venelor varicoase ale măduvei spinării, și secundar a unor tulburări neurologice prin compresiune.

În studiul nostru am găsit și cazuri în care conexiunea reno-hemiazigos era asociată cu arterele renale multiple. Astfel cunoașterea preoperatorie a anomaliilor vasculare permite desfășurarea în siguranță a intervențiilor și evitarea complicațiilor. În consecință fiecare caz prezentând conexiune reno-hemiazigos trebuie atent investigat din punct de vedere al variațiilor anatomice ale vaselor renale.

Studiul 3-Studiul venei renale stângi fenestrate.

Studiul își propune să determine prevalența venei renale stângi fenestrate, variație morfologică extrem de rară, și care nu este menționată în Bergman's comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation.

Studiul a constatat într-o analiză retrospectivă a 150 de CT angiograme (95 bărbați și 55 femei). Morfologia venei renale stângi a fost verificată cu atenție pe secțiuni plane și prin redări tridimensionale de volum, asigurând acuratețea constatărilor noastre și a urmărit și documentat următoarele aspecte ale venei renale stângi fenestrate: calibrul celor două brațe,

superior și inferior; nivelul la care apare fenestrarea raportat la aorta abdominală; nivelul de implantare al tributarelor venelor renale stângi fenestrate; raportul celor două brațe ale venei renale stângi fenestrate cu arterele renale; particularități ale fenestrației.

Studiul nostru a identificat vene renale stângi fenestrate (3.34% din cazuri), cu extremitatea medială la distanță de marginea stângă a aortei, la nivelul aortei și pe fața anterioară a aortei. Această ultimă poziționare a fenestrației are o mare importanță clinică deoarece stă la baza tratamentului fenomenului nutcracker deoarece fenestrația poate fi utilă în reducerea presiunii venoase și reducerea congestiei. Brațul superior al fenestrației drena vena suprarenală stângă, iar brațul inferior vena gonadală stângă. Am identificat și două pseudo-fenestrații în care la capătul lateral al fenestrației erau atașate două vene. Două dintre cazuri au prezentat o particularitate care nu a mai fost raportată în literatură și anume inserția celei de-a doua vene lombare stângi în brațul inferior al fenestrației, medial de locul de inserție al venei gonadale stângi. Deși incidența tributarelor retropelvice ale venei renale stângi apare în literatură, participarea unei tributare retropelvice la vena renală stângă fenestrată nu a mai fost raportată până acum. Într-un caz, fenestrația venei renale stângi a fost traversată de ramura segmentară inferioară a arterei renale.

Clinic prezența venei renale stângi fenestrate ar putea avea un impact negativ asupra avantajelor oferite de un rinichi stâng donor cum ar fi lungimea venei renale stângi. De asemenea prezența venei renale stângi fenestrate poate reprezenta o adevărată provocare intraoperatorie în nefrectomiile laparoscopice, intervenții caracterizate prin existența unui câmp vizual limitat și un spațiu restrictiv de manipulare chirurgicală, prin confundarea unui braț al fenestrației cu o venă renală stângă, urmată de o hemoragie severă cu prelungirea timpului de intervenție și disconfort tehnic.

Studiul 4-Studiul arterelor renale drepte precave.

În anatomia normală, cele două artere renale, dreaptă și stângă au originea la nivelul aortei abdominale, inferior de originea arterei mezenterice superioare, la nivelul corespunzător corpului vertebrei lombare L2. De la origine artera renală dreaptă se orientează către hilul renal drept, trecând posterior de vena cavă inferioară și posterior de vena renală dreaptă.

Cercetarea noastră și-a propus atât studiul prevalenței arterei renale drepte cu traiect precav, cât și a variantelor sale topografice și morfologice. Am efectuat un studiu retrospectiv pe 200 CTangiograme. Au fost înregistrate, măsurate și interpretate următoarele aspecte ale arterelor renale drepte cu traiect precav: nivelul vertebral de origine; calibrul; traiectul; nivelul de origine, luând ca punct de referință originea arterei mezenterice inferioare; modalitatea de abordare a rinichiului drept, în funcție de care arterele renale drepte au fost clasificate în următoarele tipuri după cum urmează:

- tipul 1 – artera renală dreaptă cu traiect retrocav, posterior de vena cavă inferioară;
- tipul 2 – arteră renală dreaptă cu traiect precav, anterior de vena cavă inferioară cu subtipurile 2a – arteră renală dreaptă hilară precavă, 2b – arteră polară inferioară dreaptă și 2c – arteră renală dreaptă precavă care abordează rinichiul drept la nivelul corespunzător unghiului inferior al hilului renal;
- tipul 3 – arteră renală dreaptă precavă cu traiect de-a lungul venei renale drepte cu subtipurile 3a – arteră renală dreaptă precavă cu traiect anterior de vena renală dreaptă și 3b – arteră renală dreaptă precavă cu traiect posterior de o venă renală dreaptă care păărăsește hilul renal.

Cazurile au fost documentate folosind programul Horos 3.3.6 (Horos Project, Annapolis, MD, SUA). Tipurile 2a/2b/2c/3a/3b au fost găsite în 9/3/6/2/3 cazuri.

În toate cazurile raportate de noi, artera renală dreaptă precavă a fost arteră renală accesorie. În ceea ce privește diferențierea diferitelor tipuri de artere renale drepte precave după locul de intrare în rinichiul drept realizată în studiul nostru, menționăm că aceasta nu apare în niciunul din studiile de literatură documentate de noi. Am încercat ca utilizând imaginile tridimensionale să diferențiem arterele renale drepte care pătrund în rinichi la nivelul unghiului inferior al hilului renal de cele polare inferioare. Am studiat corelațiile între traiectul arterei renale drepte cu traiect precav și traiectul venei renale drepte, ea încrucișând fie fața anterioară, fie fața posterioară a acestei vene. Referitor la arterele renale drepte precave multiple, în studiul nostru am identificat trei cazuri cu artere renale drepte triple. Unul din cele trei cazuri prezenta două artere renale drepte hilare și una polară inferioară, iar două dintre cazuri prezentau trei artere renale drepte hilare. În ceea ce privește originea arterei renale drepte precave dintre cazurile găsite de noi, unul singur era cu origine la nivelul arterei iliace comune drepte, restul fiind cu origine în aorta abdominală. Referitor la originea arterelor renale drepte precave, în studiul nostru am găsit în 50% din cazuri un nivel înalt de origine aortic al

arterelor renale drepte precave comparativ cu nivelul de origine aortic al arterei mezenterice inferioare, iar în 45.84% dintre cazuri un nivel inferior acesteia, motiv pentru care am concluzionat că nivelul aortic de origine al arterei mezenterice inferioare poate să nu fie luat ca punct de reper pentru identificarea unei artere renale drepte precave.

Clinic, variabilitatea morfologică a arterelor renale, ca număr, traiect sau nivel de ramificare poate avea un rol important în patogeneza obstrucției joncțiunii uretero-pelvice. Artera renală dreaptă accesorie precavă poate interfera cu accesibilitatea operatorie în nefrectomia donoare retroperitoneală. Prezența unei artere renale accesorii cum este artera renală dreaptă precavă, devine importantă ca origine și traiect pentru succesul și siguranța tratamentului chirurgical sau endovascular al anevrismului aortei abdominale. Studiile arată că prezența unui rinichi donor cu multiple artere renale reprezintă o provocare în transplantul putând fi urmată de complicații vasculare la nivelul rinichiului transplantat. Astfel reconstrucția vasculară complexă și anastomoza vasculară reprezintă o provocare atât pentru chirurg pe parcursul intervenției cât și din punct de vedere a posibilelor complicații vasculare postoperatorii.

Studiul 5-Arterele renale ramificate precoce (scurte) și arterele renale multiple false.

Din punct de vedere al nivelului de origine ramurile arterelor renale pot fi clasificate în prehilare, hilare și intrasinusale. În condițiile în care anatomia arterelor renale devine importantă în procesul de selecție de donori, trebuie să menționăm și importanța ramificării precoce a acestora, în condițiile în care la transplant sunt preferate arterele mai lungi și nedivizate.

Am efectuat un studiu retrospectiv pe 150 angioCT files, 106 bărbați și 79 de femei, având o vârstă medie de 68 de ani și am înregistrat și documentat următoarele aspecte: arterele renale cu lungimea < 1.5 cm între nivelul de origine în aortă și locul de bifurcație; numărul de ramuri; modelul de ramificație; corelațiile în funcție de gen și de parte. Pentru analiza statistică, în vederea determinării corelațiilor și relațiilor între diferiți parametrii au fost folosite testele de regresie simplă și de regresie multiplă, alături de ANOVA.

Studiul nostru a raportat prezența arterelor renale scurte cu o prevalență de 8.1% din cazuri și cu lungimea medie de 9.46 mm fie pe partea dreaptă (2.7% din cazuri), fie pe cea

stângă (4.86% din cazuri) și într-un singur caz bilateral (0.54% din cazuri). Studiul statistic a arătat că există corelații semnificative între cazurile pozitive de artere renale scurte-lateralitate, atât pe partea dreaptă ($p < 0.00$) cât și pe partea stângă ($p < 0.00$). De asemenea am găsit o corelație semnificativă între arterele renale drepte scurte-gen ($p < 0.05$).

Din punct de vedere a ramificării lor în majoritatea cazurilor arterele renale scurte au fost bifurcate, iar într-un singur caz trifurcate. Din punct de vedere al lateralității arterele renale scurte pot apărea la nivelul oricăreia dintre cele două părți. Cazurile găsite de noi, pozitive pentru arterele renale scurte au prezentat combinații foarte heterogene ale morfologiei celor două artere renale între cele două părți, cuprinzând multiple artere renale hilare dar și diverse variante ale arterelor polare renale.

Din punct de vedere al numărului arterelor renale studiul nostru raportează artere renale duble, triple și pentuple. Cele pentuple, reprezintă o variantă anatomică foarte rară. Cazul a prezentat ca particularitate malrotația rinichilor cu dehiscența sinusurilor renale, acestea fiind deschise larg spre anterior, asociată cu prezența a cinci artere renale drepte, dintre care cele trei inferioare aveau un traiect precav. Această malrotație renală prezintă numeroase implicații clinice. Astfel ea devine importantă pe de-o parte în interpretarea pielogramelor intravenoase, dar o îngustare bruscă a pelvisului renal cu terminația unghiulară a calicelor poate duce la blocarea calculilor renal, la care dacă se adaugă presiunea organelor învecinate asupra acestuia, la apariția hidronefrozei.

Unul dintre cazurile particulare raportate de noi a fost originea arterei frenice inferioare drepte în în artera renală dreaptă asociat cu arteră renală stângă scurtă. Varianta anatomică devine importantă clinic având în vedere că artera frenică inferioară dreaptă reprezintă cea mai comună cale colaterală extrahepatică ce vascularizează carcinomul hepatocelular.

Referitor la arterele polare renale, în studiul nostru am identificat diferite variante morfologice, ca localizare – superioare și inferioare, ca origine – aortică, renală sau iliacă și ca număr – unice sau dihotomizate. În cazul prezentat de noi cu cinci artere renale drepte, cea inferioară reprezenta o arteră polară inferioară cu origine la nivelul arterei iliace comune și cu traiect precav. Traiectul precav este de altfel foarte important de cunoscut în planificarea intervențiilor chirurgicale minim invazive.

Având în vedere multitudinea de variații morfologice privind ramificarea arterelor renale, a faptului că arterele segmentare, ramuri de tip terminal, sunt considerate a fi ramuri de ordinul

doi sau trei, este necesară documentarea cu atenție a tuturor ramurilor extrarenale ale fiecărei artere renale, pentru a cunoaște distribuția segmentară a acestora.

În timpul intervențiilor chirurgicale pentru transplant renal devine esențială recunoașterea și diferențierea între arterele renale multiple și cele false. În timp ce arterele renale multiple adevărate pot crea un adevărat disconfort operator, arterele renale scurte pot fi utilizate ca artere renale singular dar trebuie foarte atent documentate înaintea nefrectomiei .

CONCLUZII

1. Studiul nostru a identificat variante rare ale venei renale stângi, respectiv vene renale stângi cu traiekt retroaortic multiple, vene renale stângi retroaortice cu multiple trunchiuri terminale cavale, și venele renale stângi cu traiekt circumaaortic, care neidentificate preoperator ar putea periclita rezultatul intervențiilor chirurgicale la nivelul spațiului retroperitoneal.

2. Venele renale stângi retroaortice multiple pot fi implicate în sindromul de congestie pelvină prin creșterea presiunii la nivelul venei gonadale stângi.

3. Traiektul prevertebral al venelor renale stângi retroaortice multiple sau a multiplelor trunchiuri terminale cavale ale venei renale stângi retroaortice, cuprins între nivelul discului intervertebral L1/L2 și treimea superioară a corpului vertebrei L5, mult inferioară nivelului vertebral al unei vene renale stângi cu traiekt tipic, ar putea crește distanța dintre aorta pulsatilă și coloana vertebrală, diminuând astfel efectele pe care aceasta le-ar putea avea în prevenirea formării osteofitelor.

4. În limfadenectomia paraaortică laparoscopică, vena renală stângă preaortică este considerată un reper anatomic. Ca urmare, prezența doar a venelor renale stângi retroaortice multiple ar putea pune probleme în timpul intervențiilor.

5. Prezența unei conexiuni reno-hemiazygos, aflată în raport superior nemijlocit cu artera renală stângă, necesită diagnosticare preoperatorie precisă, pentru a evita traumatismele iatrogene cu risc de hemoragie importantă, ale acesteia pe parcursul intervențiilor chirurgicale.

6. Prezența unui trunchi comun lombar-hemiazygos inserat în vena renală stângă pot complica nefrectomiile laparoscopice retroperitoneale, deoarece lezarea lor poate avea drept consecință hemoragii greu de stăpânit, sau chiar embolii gazoase.

7. Conexiunea reno-hemiazigos asociată cu joncțiunea dintre vena renală stângă și o tributară stângă retropelvină trebuie cu atenție documentată în intervențiile chirurgicale interesând joncțiunea uretero-pelvină.

8. Identificarea tributarelor retropelvine ale venei renale stângi, care de obicei drenează în vena renală stângă posterior de orificiul venei gonadale stângi, poate utiliza ca reper anatomic vena gonadală stângă tipică.

9. Ca afluent posterior al venei renale stângi, conexiunea reno-hemiazigos poate reprezenta o cale de drenaj alternativ a sângelui de la nivelul rinichiului sang în cazul compresiunii venei renale stângi într-un sindrom nutcracker și constituie o conexiune între vena cavă inferioară și vena cavă superioară.

10. Variantele anatomice rare, ca de exemplu fenestrația venei renale stângi, sau pseudofenestrarea venei renale stângi, trebuie documentate înaintea intervențiilor chirurgicale, pentru că, afectând fluxul sanguin pot da complicații hemoragice importante, deoarece unul din brațele fenestrației ar putea fi confundat cu vena renală stângă.

11. Prezența unei vene renale stângi fenestrate preaortice, ar putea fi utilă în prezența unui fenomen nutcracker, deoarece brațul necomprimat al fenestrației ar putea fi o cale venoasă derivativă cu rol în scăderea presiunii venoase și astfel a congestiei.

12. Vasele renale cu traiect particular, care includ și arterele renale drepte cu traiect precav trebuie cu atenție documentate deoarece pot duce la complicații hemoragice într-o intervenție de nefrectomie laparoscopică dreaptă donoare, sau pot agrava o obstrucție a joncțiunii uretero-pelvice.

13. Identificarea intraoperatorie a unei artere renale drepte cu traiect precav, necesită documentarea dacă aceasta este o arteră solitară (știut fiind posibilitatea existenței de artere renale drepte multiple), prin absența unei a doua artere renale drepte, care fie că are originea în aorta toracală, fie este reprezentată de o arteră polară superioară.

14. Coexistența unei artere renale drepte principale cu traiect retrocav alături de arteră renală dreaptă accesorie cu traiect precav duce la crearea unui arc anastomotic retrocav-precav, transformând astfel artera renală dreaptă precavă atât într-o arteră segmentară cât și într-o ramură colaterală.

15. Drenajul atipic al venei gonadale drepte în vena renală dreaptă, cu formarea unui inel venos caval-renal-gonadal, este o altă variantă morfologică care trebuie avută în vedere în intervențiile chirurgicale.

16. Existența arterelor renale multiple devine importantă atât în intervențiile chirurgicale cât și în procedurile endovasculare care implică rinichii sau vasele învecinate. De aceea

devine esențială documentarea preoperatorie pentru diferențierea între arterele renale multiple adevărate care pot crea anumite dificultăți pe parcursul intervențiilor chirurgicale și arterele renale multiple false/arterele renale scurte, determinate de diviziunea precoce a unei artere renale, care ar putea fi utilizată ca o arteră renală singulară în cursul nefrectomiilor.

CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE DE VIITOR

Rezultatele obținute au scos la iveală necesitatea upgradării sistemelor actuale de clasificare ale vaselor renale care să poată cuprinde și cazurile care vor fi raportate ulterior.

În cazul variantelor morfologice ale venelor renale stângi am propus un nou sistem de clasificare morfologică luând în considerare traiectul acestora față de aorta abdominală și prezența trunchiurilor cavale terminale prevertebrale.

În cazul prezenței arterelor renale drepte cu traiect precav, am realizat o sistematizare a acestora, propunând o nouă clasificare bazată pe nivelul la care acestea abordează rinichiul drept, dar și pe traiectul acestora în raport cu vena renală dreaptă.

Intenționăm să extindem cercetarea în următorii ani, adăugând mai multe date legate de vasele renale și diseminând aceste informații pentru a îmbunătăți cunoștințele de anatomie clinică ale studenților la medicină, radiologilor și chirurgilor.

Anexa nr. 2 la H.S. nr. 160/17740/26.07.2023

**“VICTOR BABEȘ” UNIVERSITY OF MEDICINE AND PHARMACY FROM
TIMISOARA**

FACULTY OF MEDICINE

Department XI PEDIATRICS

DAMEN NAWWAF SEBASTIAN



PHD THESIS

RENAL VASCULAR MALFORMATIONS

A B S T R A C T

Scientific Coordinator:

PROF. UNIV. DR. MED. HABIL. POPOIU CĂLIN MARIUS

Timișoara

2025

INTRODUCTION

The renal vessels represent the primary source of vascularization of the kidney. They are subject to considerable variability, so their study has represented a real challenge, both for anatomists and surgeons, as the development of study methods from cadaveric dissection to computed tomography angiography, but also as the practice of surgical interventions on the posterior abdominal wall, renal transplantation, and laparoscopic interventions is increasingly widespread.

The doctoral thesis supplements the existing anatomical data on the morphology of the renal vessels, important data not only from an academic point of view for anatomists, being a support for evidence-based education, but also valuable for radiologists and surgeons in order to optimize the surgical act, but also describes extremely rare variants, or those that have not been mentioned in the literature so far. In addition to angiography images, dissection images, tables, and graphs, the thesis is accompanied by diagrams, which are intended to be a simplified but suggestive version of the identified anatomical variants and morphological types rather than a perfect image.

The thesis is divided into two sections, the general part and the special part. The thesis includes 247 bibliographic titles, most of them from the last 10 years, carefully selected and inserted into the text.

GENERAL PART

It includes a first part presenting data from the specialized literature regarding the ontogenetic development of the renal arteries and veins and a second part containing data from the literature regarding the anatomy of the renal vessels, respectively their presentation from the point of view of their origin, trajectory, relationships, and branches, respectively their tributaries.

SPECIAL PART

It is based on five studies published in specialized journals regarding the morphological variability of the renal vessels, discussing the results compared to the existing data in the specialized literature, the clinical applicability of the obtained results, and highlighting several personal contributions that I consider helpful in further research.

Study 1-Study of the anatomical variants of the left renal vein with a retroaortic course

The study follows the morphological variability of the left renal vein with a retroaortic course and the left renal vein with a circumaortic course, the description and documentation of each case, the comparison of the results with those existing in the specialized literature, the ontogenetic documentation of the variants found and finally proposes a new classification system of the left renal vein variants.

The study aimed to perform a retrospective analysis of 375 computed tomography angiograms to evaluate the morphological and topographic aspects of the left renal vein with a retroaortic course. The study followed and documented the left renal vein for the following five possible morphological types, taking into account the number of left renal veins, as well as their course in relation to the abdominal aorta. Types 1 and 2 were found in 344/375 cases, and types 3-5 in 31/375 cases.

- type 1 – single left renal vein with a preaortic course;
- type 2 – multiple left renal veins with a preaortic course;
- type 3 – single left renal vein with retroaortic course, with subtypes, 3a – single prevertebral caval terminal trunk identified in 41.94% of cases, 3b – double prevertebral caval terminal trunks (bifid) identified in 9.68% of cases and 3c – triple prevertebral caval terminal trunks (trifid) in 3.23% of cases;
- type 4 – double left renal veins, with preaortic and retroaortic course (left renal vein with circumaortic course) with subtypes 4a-extrahilar origin of renal veins, either plexal or truncal identified in 29.03% of cases and 4b – sinus origin of left renal veins in 12.9% of cases;

- type 5 – triple left renal vein, one with a preaortic course and the other two with a retroaortic course identified in 3.23% of cases.

In the case of the left renal vein with a retroaortic course, the vertebral level of its prevertebral segment was recorded. In cases where multiple retroaortic left renal veins or multi-branched retroaortic left renal veins were identified, their vertebral levels were recorded. Characteristic of all cases in which the presence of both the preaortic left renal vein and the retroaortic left renal veins was identified was the fact that the latter was located at a lower level than the preaortic one. There was a significant statistical association between type 3b and vertebral level; all cases centered on the middle third of the L4 vertebra.

Clinically, the presence of the left retroaortic renal vein becomes important in renal transplant surgery, as the left kidney with a much longer left renal vein is preferable to the right one. Any particular course of the renal vein modifies the usual arrangement of the viscera in the abdominal cavity and could create problems during retroperitoneal surgery or interventional procedures. The left retroaortic renal vein can also be associated with other clinical situations, such as varicocele or abdominal aortic aneurysm, when this vein must be considered during surgical excision of the aneurysm. The left retroaortic renal vein is also associated with posterior nutcracker syndrome, which occurs when its presence decreases the space between the abdominal aorta and the spine, thus being compressed with increased pressure at its level, followed by congestion in the left kidney, pain in the left flank, with hematuria and proteinuria. A circumaortic left renal vein may predispose to posterior and anterior nutcracker syndrome. The retroaortic left renal vein may also play a role in forming osteophytes in the lumbar spine. Any structure located in the retroperitoneal space, including variants of the renal veins such as the retroaortic left renal vein and the circumaortic left renal vein, which become important in malignancy, may be confused with a left paraaortic adenopathy.

Study 2-Study of connections between the left renal vein and the hemiazygos vein

The study aims to identify, document, and report the incidence of cases of venous drainage of the left kidney via the hemiazygos vein. This anatomical variant is poorly documented in the literature. We performed a retrospective study on 150 CT angiograms (85

men and 65 women) regarding the origin of the reno-hemiazygos connection in the left renal vein. We followed and documented the presence of the two types of reno-hemiazygos connections:

- type I (direct hemiazygos flow) – characterized by the presence of a reno-hemiazygos connection with an ascending path at the level of the left postero-lateral border of the abdominal aorta (11/14 cases);
- type II (indirect hemiazygos flow) – characterized by the presence of a reno-hemiazygos connection with two segments, a lumbar segment corresponding to the second left lumbar vein and a pretransverse segment, at the level corresponding to the transverse processes of the L2-T12 vertebrae, as the ascending lumbar vein (3/14 cases).

At the same time, the study followed and documented the existence of reno-hemiazygos connections in which the left renal vein had a classic course, but also of reno-hemiazygos connections associated with the posterior tributary of the left renal vein (7.14%) or with anatomical variants of the left renal vein, respectively the retroaortic left renal vein (7.14%) and the circumaortic left renal vein (21.43%). Our reported data on the insertion of the hemiazygos vein into the left renal vein suggest the persistence of the proximal segment of the left subcardinal vein (persistence of the subcardinal-supracardinal anastomosis), thus allowing venous drainage of the left kidney to both components of the cavum systole, superior and inferior, respectively.

Unlike previous studies, our study found a more frequent association of the reno-hemiazygos connection with the left preaortic renal vein. Another important element of our study was the direct superior relationship of the reno-hemiazygos connection with the left renal artery. This relationship makes the two vessels very vulnerable during surgical interventions in the retroperitoneal space or endovascular procedures performed on the renal pedicle, exposing them to iatrogenic trauma with significant hemorrhages. Thus, it is essential to know them in order to anticipate the interventional risks and prevent complications. We found in our study that although, in general, the standard venous return of the left kidney is supplemented by the reno-hemiazygo-lumbar arch, the spare anatomical pathway represented by the reno-hemiazygos connection occurs in a few cases and may play an important role. The reno-hemiazygos connection also becomes important in posterior nutcracker syndrome when compression of the left retroaortic renal vein or the posterior branch of the left circumaortic renal vein between the abdominal aorta and the spine leads to the redirection of the venous

blood of the left kidney on collateral pathways with increased retrograde flow at their level. Collateral pathways can be the left gonadal vein and the posterior tributaries of the left renal vein, the reno-hemiazygos connection, or the lumbar veins and act as a connecting pathway between the superior and inferior sistema cavae. Venous congestion in the hemiazygos vein or the left superior lumbar vein also causes venous congestion in the spinal epidural venous plexus, which, through bleeding, can lead to a spinal epidural hematoma. The consequence of compression of the left renal vein is the occurrence of hypertension in it, and, in a compensatory way, would lead to the development of collateral circulation]. The development of collateral circulation leads to increased venous flow in organs that generally have a reduced perfusion rate, such as the urinary bladder uterus, or have a low metabolic rate, such as the spinal cord, or are small, such as the ovary, leading to the formation of varicose veins and subsequently to other complications. The reno-spinal or reno-spinal trunk is a voluminous tributary connecting the left renal vein with the hemiazygos vein, through which blood from the left kidney can reach the intra-spinal plexus. Secondary to the increased venous flow between the left kidney and these plexuses via the reno-spinal trunk, hypertension occurs at the level of the intraspinal plexuses, with the appearance of varicose veins of the spinal cord, and secondary to some neurological disorders due to compression.

Our study also found cases in which the reno-hemiazygos connection was associated with multiple renal arteries. Thus, preoperative knowledge of vascular anomalies allows the safe conduct of interventions and the avoidance of complications. Consequently, each case presenting a reno-hemiazygos connection must be carefully investigated from the point of view of anatomical variations of the renal vessels.

Study 3-Study of the fenestrated left renal vein

The study aims to determine the prevalence of the fenestrated left renal vein, an extremely rare morphological variation not mentioned in Bergman's comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation.

The study consisted of a retrospective analysis of 150 CT angiograms (95 men and 55 women). The morphology of the left renal vein was carefully verified on planar sections and by three-dimensional volume renderings, ensuring the accuracy of our findings, and followed and

documented the following aspects of the fenestrated left renal vein: the caliber of the two arms, superior and inferior; the level at which the fenestration occurs in relation to the abdominal aorta; the level of implantation of the tributaries of the fenestrated left renal veins; the ratio of the two arms of the fenestrated left renal vein to the renal arteries; particularities of the fenestration.

Our study identified fenestrated left renal veins (3.34% of cases), with the medial extremity distant from the left aortic border, at the level of the aorta, and on the anterior surface. This last positioning of the fenestration is of great clinical importance because it is the basis for treating the nutcracker phenomenon. Fenestration can help reduce venous pressure and congestion. The upper arm of the fenestration drains the left adrenal vein, and the lower arm drains the left gonadal vein. We also identified two pseudo-fenestrations in which two veins were attached to the lateral end of the fenestration. Two of the cases presented a peculiarity that has not been reported in the literature: the insertion of the second left lumbar vein into the lower arm of the fenestration, medial to the insertion site of the left gonadal vein. Although the incidence of retroperitoneal tributaries of the left renal vein appears in the literature, the participation of a retroperitoneal tributary to the fenestrated left renal vein has not been reported before. In one case, the fenestration of the left renal vein was crossed by the inferior segmental branch of the renal artery.

Clinically, the presence of a fenestrated left renal vein could have a negative impact on the advantages offered by a left kidney donor, such as the length of the left renal vein. Also, the presence of a fenestrated left renal vein can represent a real intraoperative challenge in laparoscopic nephrectomy, interventions characterized by the existence of a limited field of view and a restrictive space for surgical manipulation by confusing an arm of the fenestration with a left renal vein, followed by severe hemorrhage with prolonged intervention time and technical discomfort.

Study 4-Study of the right renal arteries with precaval course

In normal anatomy, the two renal arteries, right and left, originate at the level of the abdominal aorta, inferior to the origin of the superior mesenteric artery, at the level corresponding to the body of the lumbar vertebra L2. From the origin, the right renal artery is

oriented towards the right renal hilum, passing posterior to the inferior vena cava and posterior to the right renal vein.

Our research aimed to study both the prevalence of the right renal artery with precaval course and its topographic and morphological variants. We performed a retrospective study on 200 CT angiograms. The following aspects of the right renal arteries with precaval course were recorded, measured, and interpreted: vertebral level of origin; caliber; course; level of origin, taking the origin of the inferior mesenteric artery as a reference point; the way of approaching the right kidney, according to which the right renal arteries were classified into the following types as follows:

- type 1 – right renal artery with a retrocaval course, posterior to the inferior vena cava;
- type 2 – right renal artery with a precaval course, anterior to the inferior vena cava with subtypes 2a-right hilar precaval renal artery, 2b-right inferior polar artery, and 2c-right precaval renal artery approaching the right kidney at the level corresponding to the inferior angle of the renal hilum;
- type 3 – right precaval renal artery with a course along the right renal vein with subtypes 3a-right precaval renal artery with a course anterior to the right renal vein and 3b-right precaval renal artery with a course posterior to a right renal vein leaving the renal hilum.

The cases were documented using the Horos 3.3.6 program (Horos Project, Annapolis, MD, USA). Types 2a/2b/2c/3a/3b were found in 9/3/6/2/3 cases.

In all the cases we reported, the right precaval renal artery was an accessory renal artery. Regarding the differentiation of the different types of right precaval renal arteries according to the place of entry into the right kidney performed in our study, we mention that this does not appear in any of the literature studies documented by us. We tried to use three-dimensional images to differentiate the right renal arteries that enter the kidney at the level of the inferior angle of the renal hilum from the inferior polar ones. We studied the correlations between the trajectory of the right renal artery with a precaval trajectory and the trajectory of the right renal vein, crossing either the anterior or posterior face of this vein. Regarding multiple right precaval renal arteries, we identified three cases with triple right renal arteries in our study. One of the three cases had two right hilar renal arteries and one inferior polar, and two had three right hilar renal arteries. Regarding the origin of the right precaval renal artery, among the cases we found, only one originated at the right common iliac artery level, the rest

originating in the abdominal aorta. Regarding the origin of the right precaval renal arteries, in our study, we found in 50% of cases a high aortic origin level of the right precaval renal arteries compared to the aortic origin level of the inferior mesenteric artery, and in 45.84% of cases a lower level, which is why we concluded that the aortic origin level of the inferior mesenteric artery might not be taken as a reference point for identifying a right precaval renal artery.

Clinically, the morphological variability of the renal arteries, in terms of number, course, or branching level, may have an important role in the pathogenesis of ureteropelvic junction obstruction. The right accessory precaval renal artery may interfere with the operative accessibility in retroperitoneal donor nephrectomy. An accessory renal artery such as the right accessory precaval renal artery becomes important as an origin and course for the success and safety of surgical or endovascular treatment of abdominal aortic aneurysm. Studies show that the presence of a donor kidney with multiple renal arteries represents a challenge in transplantation and may be followed by vascular complications in the transplanted kidney. Thus, complex vascular reconstruction and vascular anastomosis represent a challenge for the surgeon during the intervention and in terms of possible postoperative vascular complications.

Study 5-Early (short) branching renal arteries and multiple false renal arteries

From the point of view of the level of origin, the branches of the renal arteries can be classified into prehilar, hilar, and intrasinus. Given that the anatomy of the renal arteries becomes important in the donor selection process, we must also mention the importance of their early branching, given that longer and undivided arteries are preferred for transplantation.

We performed a retrospective study on 150 angioCT files, 106 men and 79 women, with a mean age of 68 years, and recorded and documented the following aspects: renal arteries with a length of < 1.5 cm between the level of origin in the aorta and the bifurcation site; number of branches; branching pattern; correlations according to gender and side. Simple and multiple regression tests were used for statistical analysis, along with ANOVA, to determine correlations and relationships between different parameters.

Our study reported the presence of short renal arteries with a prevalence of 8.1% of cases and with an average length of 9.46 mm either on the right side (2.7% of cases) or on the

left side (4.86% of cases) and in a single bilateral case (0.54% of cases). However, there are significant correlations between positive cases of short renal arteries-laterality, both on the right side ($p<0.00$) and on the left side ($p<0.00$). We also found a significant correlation between short right renal arteries-gender ($p<0.05$).

In terms of their branching, the short renal arteries were bifurcated in most cases and trifurcated in only one case. Regarding laterality, the short renal arteries can occur on either side. The cases we found, positive for short renal arteries, presented very heterogeneous combinations of the morphology of the two renal arteries between the two sides, including multiple hilar renal arteries and various variants of the renal polar arteries.

Regarding the number of renal arteries, our study reports double, triple, and pentuple renal arteries. The pentuple ones represent a very rare anatomical variant. The case presented particular malrotation of the kidneys with dehiscence of the renal sinuses, wide open anteriorly, associated with five right renal arteries, of which the three lower ones had a precaval trajectory. This renal malrotation has numerous clinical implications. Thus, it becomes important on the one hand in the interpretation of intravenous pyelograms, but a sudden narrowing of the renal pelvis with the angular termination of the calyces can lead to blockage of renal stones, to which if the pressure of neighboring organs on it is added to the appearance of hydronephrosis.

One of the particular cases we reported was the origin of the right inferior phrenic artery in the right renal artery associated with a short left renal artery. The anatomical variant becomes clinically important, considering the right inferior phrenic artery represents the most common extrahepatic collateral pathway that vascularizes hepatocellular carcinoma.

Regarding the renal polar arteries, in our study, we identified different morphological variants, such as localization – superior and inferior, as origin – aortic, renal or iliac, and as a number – single or dichotomized. In the case presented by us with five right renal arteries, the lower one represented an inferior polar artery with origin at the level of the common iliac artery and with a precaval course. The precaval trajectory is also significant in planning minimally invasive surgical interventions.

Given the multitude of morphological variations regarding the branching of the renal arteries and the fact that segmental arteries, terminal branches, are considered second or third order branches, it is necessary to carefully document all extrarenal branches of each renal artery to know their segmental distribution.

During kidney transplant surgeries, it becomes essential to recognize and differentiate between multiple and false renal arteries. While true multiple renal arteries can create real operator discomfort, short renal arteries can be used as single renal arteries but must be carefully documented before nephrectomy.

CONCLUSIONS

1. Our study identified rare variants of left renal vein, namely multiple retroaortic left renal veins, retroaortic left renal veins with multiple caval end trunks, and circumaortic left renal veins, which, if not identified preoperatively, could jeopardize the outcome of surgical interventions in the retroperitoneal space.

2. Multiple retroaortic left renal veins may be involved in pelvic congestion syndrome by increasing pressure in the left gonadal vein.

3. The prevertebral trajectory of multiple retroaortic left renal veins or multiple caval end trunks of the retroaortic left renal vein, located between the level of the L1/L2 intervertebral disc and the upper third of the L5 vertebral body, much lower than the vertebral level of a left renal vein with a typical trajectory, could increase the distance between the pulsatile aorta and the spine, thus diminishing its effects on preventing osteophyte formation.

4. In laparoscopic paraaortic lymphadenectomy, the preaortic left renal vein is considered an anatomical landmark. As a result, the presence of only multiple retroaortic left renal veins could pose problems during interventions.

5. The presence of a reno-hemiazygos connection, in direct superior relation to the left renal artery, requires precise preoperative diagnosis to avoid iatrogenic trauma with a risk of significant hemorrhage during surgical interventions.

6. The presence of a common lumbar-hemiazygos trunk inserted into the left renal vein can complicate retroperitoneal laparoscopic nephrectomy because its damage can result in difficult-to-control hemorrhages or even gas embolisms.

7. The reno-hemiazygos connection associated with the junction between the left renal vein and a left retropelvic tributary must be carefully documented in surgical interventions involving the ureteropelvic junction.

8. The typical left gonadal vein can be used as an anatomical landmark to identify retropelvic tributaries, which usually drain into the left renal vein posterior to the orifice of the left gonadal vein.

9. As a posterior tributary of the left renal vein, the reno-hemiazygos connection may represent an alternative drainage pathway for blood from the kidney in the event of compression of the left renal vein in a nutcracker syndrome and constitutes a connection between the inferior vena cava and the superior vena cava.

10. Left renal vein fenestration or pseudo-fenestration, should be documented before surgery because they can affect blood flow and cause significant bleeding complications, as one of the branches of the fenestration could be mistaken for the left renal vein.

11. The preaortic fenestrated left renal vein could be helpful in the presence of a nutcracker phenomenon, as the uncompressed branch of the fenestration could be a derivative venous pathway that decreases venous pressure and, thus, congestion.

12. Renal vessels with a particular trajectory, including precaval right renal arteries, should be carefully documented as they can lead to bleeding complications in a laparoscopic right donor nephrectomy or aggravate an obstruction of the ureteropelvic junction.

13. Intraoperative identification of a precaval right renal artery requires documentation of whether this is a solitary artery (given the possibility of multiple right renal arteries), by the absence of a second right renal artery, which either originates in the thoracic aorta or is represented by a superior polar artery.

14. The coexistence of a main retrocaval right renal artery alongside an accessory precaval right renal artery creates a retrocaval-precaval anastomotic arch, transforming the precaval right renal artery into both a segmental artery and a collateral branch.

15. Atypical drainage of the right gonadal vein into the right renal vein, with the formation of a caval-renal-gonadal venous ring, is another morphological variant that must be considered in surgical interventions.

16. The existence of multiple renal arteries becomes important in both surgical and endovascular procedures involving the kidneys or adjacent vessels. Therefore, preoperative documentation becomes essential to differentiate between true multiple renal arteries, which may create certain difficulties during surgical interventions, and false multiple renal

arteries/short renal arteries, determined by the early division of a renal artery, which could be used as a single renal artery during nephrectomy.

PERSONAL CONTRIBUTIONS AND FUTURE PERSPECTIVES

Our research revealed the need to upgrade the current classification systems of the renal vessels, which could also include the cases that will be reported later.

Regarding morphological variants of left renal veins, we proposed a new morphological classification system considering their trajectory relative to the abdominal aorta and the presence of prevertebral caval end trunks.

In the case of precaval right renal arteries, we systematized them, proposing a new classification based on the level at which they approach the right kidney and their trajectory in relation to the right renal vein.

We plan to expand the research in the coming years, adding more data related to renal vessels and disseminating this information to improve the clinical anatomy knowledge of medical students, radiologists, and surgeons.