

Uniwersytet Jagielloński
Collegium Medicum

lek. Monika Konarska-Włosińska

*Anatomia i morfometria wybranych tętnic odchodzących od
tętnicy biodrowej wewnętrznej w kontekście zabiegów
ginekologicznych*

*Anatomy and morphometry of selected arteries branching
from the internal iliac artery relevant to gynecological
procedures*

Praca doktorska

Promotor: dr hab. n. med. Mateusz Koziej, prof. UJ

Pracę wykonano w Katedrze Anatomii Uniwersytetu Jagiellońskiego

Kierownik jednostki: prof. dr hab. n. med. Jerzy A. Walocha

Kraków, rok 2025

Spis Treści

1. Wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorską	3
2. Omówienie pracy doktorskiej	5
2.1. Wstęp i uzasadnienie podjętej tematyki	5
2.2. Cele pracy	8
2.3. Materiały i metody	9
2.4. Podsumowanie wyników i wnioski	11
2.5. Piśmiennictwo	17
3. Artykuł nr 1	20
4. Artykuł nr 2	29
5. Artykuł nr 3	40
6. Streszczenie w języku polskim	54
7. Streszczenie w języku angielskim	55
8. Oświadczenia współautorów	56

1. Wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorską

Niniejsza rozprawa doktorska pt.: “Anatomia i morfometria wybranych tętnic odchodzących od tętnicy biodrowej wewnętrznej w kontekście zabiegów ginekologicznych” powstała w oparciu o monotematyczny cykl trzech artykułów opublikowanych w międzynarodowych czasopismach naukowych indeksowanych w bazie PubMed oraz znajdujących się na liście Journal Citation Reports (Thomson Reuters).

Na pracę doktorską składają się następujące artykuły:

1. **Konarska-Włosińska M**, Del Carmen Yika A, Dziedzic M, et al. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. *Surg Radiol Anat.* 2024;46(7):1093-1100. doi:10.1007/s00276-024-03387-w

(Impact Factor = 1.4 ; MEiN = 70).
2. **Konarska-Włosińska M**, Ostrowski P, Del Carmen Yika A, et al. Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications. *Int Urogynecol J.* 2024;35(5):1051-1060. doi:10.1007/s00192-024-05774-8

(Impact Factor = 1.8 ; MEiN = 100).
3. **Konarska-Włosińska M**, Nasser A, Ostrowski P, et al. The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review. *Folia Morphol (Warsz).* Published online August 13, 2024. doi:10.5603/fm.101167

(Impact Factor = 1.2 ; MEiN = 70).

Łączna wartość *Impact Factor* według *Thomson Reuters Journal Citation Reports*, na rok publikacji wynosi 4.4. Łączna wartość punktów *Ministerstwa Edukacji i Nauki*, według wykazu czasopism naukowych na rok publikacji, wynosi 240.

2. Omówienie pracy doktorskiej

2.1. Wstęp i uzasadnienie podjętej tematyki

Anatomia tętnic miednicy mniejszej charakteryzuje się znaczną zmiennością, obejmującą liczne odgałęzienia i anastomozy, które zapewniają bogate unaczynienie narządów wewnętrznych, takich jak macica, jajniki i pęcherz moczowy [5, 20–22]. Tętnica maciczna i tętnica zasłonowa tworzą złożoną sieć unaczynienia w obrębie miednicy mniejszej, a dzięki anastomozom z tętnicą jajnikową zapewniają skuteczne ukrwienie macicy, jajników oraz pobliskich struktur, co jest kluczowe dla zachowania ich funkcji reprodukcyjnych i zdrowotnych, a także istotne w planowaniu zabiegów ginekologicznych.

Mimo, że najczęściej opisywanym w podręcznikach źródłem tętnicy macicznej jest przedni pień tętnicy biodrowej wewnętrznej, w literaturze można znaleźć również wiele doniesień wskazujących na pochodzenie tego naczynia z tętnicy pępkowej, tętnicy pośladkowej dolnej lub tętnicy sromowej wewnętrznej [1, 3]. Dostępna dotychczas literatura wciąż pozostaje niekompletna w szczegółowe opisy morfometryczne. W licznych badaniach analizowano istotne klinicznie właściwości morfometryczne naczynia, takie jak jego długość i średnica [4, 7, 11]. W dotychczasowej literaturze brakuje jednak doniesień dotyczących szczegółowej topografii tętnicy macicznej, których opracowanie mogłoby zapewnić chirurgom przydatne narzędzie do lepszego poznania anatomii tego naczynia podczas różnego rodzaju procedur w obrębie miednicy. Wiedza ta jest szczególnie istotna w przypadku zabiegów wewnątrznaczyniowych, między innymi podczas embolizacji tętnicy macicznej celem zaopatrzenia krwotoku lub leczenia mięśniaków macicy, ale także podczas wysokiego podwiązania naczynia w trakcie wykonywania histerektomii [15, 16, 19].

Podobnie jak w przypadku wyżej opisanego naczynia, anatomia tętnicy zasłonowej również wykazuje duży stopień zmienności, w szczególności dotyczącej jej odejścia. Tętnica zasłonowa opisywana jest jako gałąź przedniego podziału tętnicy biodrowej wewnętrznej, ale odchodzić może ona również od tętnicy naczyniowej dolnej, tętnicy biodrowej zewnętrznej, a także, choć bardzo rzadko, od tętnicy udowej [9, 18]. Zaopatruje w krew grupę mięśni przywodzicieli uda, okolice zasłonową oraz częściowo narządy miednicy. Ponadto ważnym klinicznie aspektem dotyczącym tętnicy zasłonowej jest występowanie wieńca śmierci (*corona mortis*) jako jednego z wariantów anatomicznych. Polega on na wytworzeniu się anastomozy pomiędzy tętnicą zasłonową a tętnicą biodrową zewnętrzną lub naczyniami naczyniowymi dolnymi. Szczególna istotność kliniczna tego wariantu anatomicznego wynika, między innymi, ze zwiększonego ryzyka krwawienia, które może wystąpić przy uszkodzeniu *corona mortis* w trakcie zabiegów chirurgicznych obejmujących okolicę łonową [6, 17].

Jajnik to parzysty narząd żeńskiego układu rozrodczego, pełniący funkcję produkcji komórek jajowych oraz hormonów, takich jak estrogeny i progesteron, które regulują cykl miesięczny i wspierają funkcje reprodukcyjne. Jajniki zaopatrywane są przez tętnicę jajnikową oraz tętnicę maciczną. U 40% populacji głównym źródłem unaczynienia jest tętnica jajnikowa, u 4% dominuje tętnica maciczna, natomiast u 56% oba naczynia w równym stopniu zaopatrują jajnik [8]. Anastomoza maciczno-jajnikowa występująca u niemal połowy populacji jest jedną z najbardziej znaczących anastomoz tętniczych dla kobiecego układu rozrodczego [12]. Tętnica jajnikowa i maciczna wykazują znaczne zmienności anatomiczne, co stanowi wyzwanie dla lekarzy wykonujących zabiegi ginekologiczne i wewnątrznaczyniowe. Należą do nich, między innymi, wciąż zyskujące na popularności zabiegi embolizacji tętnicy macicznej oraz tętnicy jajnikowej wykorzystywane celem leczenia mięśniaków macicy jako mniej inwazyjna metoda będąca alternatywą dla histerektomii [13].

Anatomia miednicy mniejszej odgrywa fundamentalną rolę w ginekologii operacyjnej, ponieważ precyzyjna znajomość położenia naczyń krwionośnych, nerwów oraz narządów wewnętrznych umożliwia chirurgom bezpieczne i skuteczne przeprowadzanie zabiegów, minimalizując ryzyko powikłań oraz zapewniając lepsze wyniki dla pacjentek. W związku z tym, głównym celem niniejszej pracy było zbadanie oraz przeanalizowanie zmienności anatomicznych tętnicy macicznej i tętnicy zasłonowej w populacji polskiej oraz stworzenie mapy anatomicznej ukazującej lokalizację odejścia i dalszy przebieg w miednicy powyższych naczyń.

2.2.Cele pracy

- Zbadanie i przeanalizowanie przebiegu oraz topografii tętnicy macicznej oraz tętnicy zasłonowej w populacji polskiej.
- Opracowanie mapy anatomicznej dla tętnicy macicznej oraz tętnicy zasłonowej celem stworzenia przystępnego narzędzia dla chirurgów do wizualizacji i lepszego zrozumienia przebiegu wymienionych powyżej naczyń.
- Zbadanie i przeanalizowanie parametrów morfometrycznych tętnicy macicznej oraz tętnicy zasłonowej.
- Dostarczenie kompleksowych i szczegółowych informacji na temat dopływu krwi tętniczej do jajników z uwzględnieniem implikacji klinicznych.

2.3. Materiały i metody

Protokół badawczy został przedłożony do oceny i zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (1072.6120.254.2022). Badania zostały przeprowadzone zgodnie z ustalonymi kryteriami we wszystkich kolejnych fazach.

Pierwsza oraz druga część pracy doktorskiej mająca na celu zbadanie tętnicy macicznej oraz tętnicy zasłonowej przeprowadzona została w Katedrze Anatomii Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum w Krakowie. W celu oceny właściwości morfometrycznych oraz zmienności anatomicznych tętnicy macicznej oraz tętnicy zasłonowej jako materiał badawczy wykorzystane zostały zanonimizowane wyniki angio-TK miednicy wykonane we współpracy z Katedrą Radiologii Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum w Krakowie. Poddane analizie zostały jedynie wyniki uzyskane od osób dorosłych, których powód zakwalifikowania do tego badania nie miał związku z badanymi strukturami i nie wpływał na przebieg badanych naczyń. Dodatkowo ustalone zostały następujące kryteria wykluczenia z badania: (1) uraz okolicy brzucha lub miednicy, który mógłby mieć wpływ na strukturę lub wymiary tętnicy macicznej lub tętnicy zasłonowej lub ich pobliską okolicę, (2) istotne artefakty utrudniające dokładne obrazowanie i pomiar tętnicy macicznej lub tętnicy zasłonowej lub przylegającego do nich obszaru anatomicznego, (3) obrazy złej jakości i nieczytelne oraz (4) znaczny brak wypełnienia kontrastem całego układu tętniczego. Łącznie kryteria włączenia zostały spełnione przez 58 przypadków dla tętnicy macicznej oraz 138 przypadków dla tętnicy zasłonowej.

W pierwszej części badania zwizualizowana została obustronnie tętnica maciczna oraz jej pobliski obszar anatomiczny. Oceniony został początek tętnicy macicznej oraz jej przebieg. Następnie przez dwóch niezależnych badaczy zostały wykonane pomiary morfometryczne, których wyniki zostały zaokrąglone do dwóch miejsc po przecinku i uśrednione w procesie

analizy. Pomiary te zawierały 19 parametrów i dotyczyły właściwości morfometrycznych tętnicy macicznej oraz jej odległości od struktur znajdujących się w pobliskiej okolicy anatomicznej. Szczegółowy opis powyższych parametrów został przedstawiony w artykule.

W drugiej części badania podobnie zwizualizowane zostały obustronnie tętnice zasłonowe wraz z ich pobliską okolicą anatomiczną. W każdym przypadku oceniono miejsce odejścia tętnicy zasłonowej oraz jej przebieg. Następnie dwóch niezależnych badaczy dokonało pomiarów morfometrycznych, a ich wyniki zaokrąglono do dwóch miejsc po przecinku i uśredniono podczas analizy. Pomiary te dotyczyły 30 parametrów i zawierały między innymi średnicę i pole powierzchni przekroju poprzecznego w miejscu odejścia tętnicy zasłonowej oraz analogicznie jej odgałęzień. Dodatkowo dla każdego badanego przypadku odnotowano zestaw indywidualnych parametrów pacjenta, takich jak wiek i płeć.

Do przeprowadzenia analizy statystycznej wykorzystano oprogramowanie STATISTICA w wersji 13.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Oceny rozkładu normalnego dokonano za pomocą testu Shapiro-Wilka. Istotność statystyczna została zdefiniowana jako $p \leq 0.05$. Do ustalenia potencjalnych różnic między grupami zastosowano test Manna-Whitneya i Wilcoxon. Współczynnik korelacji rang Spearmana został wykorzystany do określenia możliwych korelacji między parametrami.

Trzecią część niniejszej pracy doktorskiej stanowi przegląd literatury na temat dopływu krwi tętniczej do jajników. Zgromadzone dane zostały przeanalizowane w odniesieniu do kluczowych zagadnień, takich jak unaczynienie jajników, anatomia tętnicy jajnikowej, występowanie anastomozy maciczno-jajnikowej oraz ich znaczenia w kontekście klinicznym.

2.4. Podsumowanie wyników i wnioski

Artykuł nr 1 - An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures.

Zaprezentowane w artykule dane oparte zostały o wyniki obrazowe 58 tętnic macicznych. Spośród nich 40 wywodziło się z pnia przedniego tętnicy biodrowej wewnętrznej (69.0%), 16 z tętnicy pępkowej (27.6%), a pozostałe dwie z tętnicy pośladkowej dolnej (3.4%). Na podstawie otrzymanych obrazów stworzyłam mapę anatomiczną obrazującą lokalizację odejścia tętnicy macicznej oraz jej dalszy przebieg w miednicy.

Mediana średnicy tętnicy macicznej w miejscu jej odejścia wynosiła 3.20 mm (LQ=2.63; HQ=3.89). Mediana pola powierzchni przekroju poprzecznego w miejscu odejścia powyższego naczynia została ustalona na 6.04 mm² (LQ = 4.65; HQ = 6.48), natomiast mediana kąta odejścia wyniosła 130.47 stopni (LQ = 116.44; HQ = 145.33). Mediana odległości od początku pnia przedniego tętnicy biodrowej wewnętrznej do miejsca odejścia tętnicy macicznej wyniosła 17.21 mm (LQ = 13.63; HQ = 20.91). Mediana odległości między tętnicą zasłonową a tętnicą maciczną wyniosła 13.35 mm (LQ = 8.76; HQ = 16.89). Mediana odległości od tętnicy odbytniczej środkowej do tętnicy macicznej wyniosła 26.13 mm (LQ = 18.55; HQ = 33.87). Ponadto, mediana odległości od tętnicy pośladkowej dolnej do tętnicy macicznej wyniosła 45.96 mm (LQ = 34.67; HQ = 56.21). Mediana odległości od odejścia tętnicy sromowej wewnętrznej do odejścia tętnicy macicznej wyniosła 12.14 mm (LQ = 8.22; HQ = 30.67). Dodatkowo w pięciu kategoriach wykazałam korelację ujemną z wiekiem pacjenta, a także korelację dodatnią pomiędzy długością średnicy gałęzi wstępującej tętnicy macicznej w miejscu jej odejścia z długością macicy (R = -0.30; p = 0.04).

Posiadanie odpowiedniej wiedzy na temat anatomii tętnicy macicznej ma ogromne znaczenie w zabiegach ginekologicznych i wewnątrznaczyniowych, takich jak histerektomia lub

embolizacja. Ponadto, niniejsze badanie jest pierwszym w literaturze, które przedstawia anatomiczną mapę tętnicy macicznej uwzględniając najczęstsze miejsca odejścia naczyń oraz jej przebieg w obrębie miednicy. Narzędzie to może posłużyć chirurgom jako pomoc w wizualizacji przedstawionego naczynia przedoperacyjnie i śródoperacyjnie, co może być szczególnie istotne podczas wykonywania różnych procedur w obrębie miednicy takich jak wysokie podwiązanie naczyń w trakcie zabiegu ginekologicznego.

*Artykuł nr 2 - Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis:
a Detailed Analysis with Surgical Implications*

Przedstawione w artykule wyniki oparte zostały o dane pochodzące z 138 tętnic zasłonowych. Najczęstszym miejscem odejścia tętnicy zasłonowej był pień przedni tętnicy biodrowej wewnętrznej (57,2%). Mediana średnicy tętnicy zasłonowej w miejscu jej odejścia wynosiła 3,34 mm, natomiast mediana powierzchni przekroju poprzecznego tego naczynia w miejscu odejścia wynosiła 6,31 mm². Mediana wielkości kąta odejścia tętnicy zasłonowej od naczynia źródłowego wyniosła 134,11°. Ponadto w 15 z spośród badanych kategorii zaobserwowano istotny statystycznie dymorfizm płciowy.

Dodatkowo zbadana została częstość występowania tętniczego wieńca śmierci (*corona mortis*). Wariant ten został zidentyfikowany w 30 przypadkach, co stanowi 21,74%. Częstość występowania tętniczego *corona mortis* w niniejszym badaniu jest wysoce zbliżona do wyników pochodzących z metaanalizy przeprowadzonej przez Sanna et al. w roku 2017 [17]. Mediana odległości pomiędzy wieńcem śmierci na wysokości górnej gałęzi kości łonowej a spojeniem łonowego została ustalona na 48,69 mm. Ponadto w tej kategorii wykazano istotne statystycznie różnice międzypłciowe. Mediana powyższej odległości u kobiet wynosiła 54,54 mm, natomiast u mężczyzn 44,23 mm.

Ze względu na kliniczne znaczenie tętnicy zasłonowej i *corona mortis*, znajomość topografii tych struktur anatomicznych jest niezbędna dla zapewnienia bezpieczeństwa i skuteczności interwencji medycznych. Obecność wariantów naczyniowych tętnicy zasłonowej, takich jak atypowa tętnica zasłonowa czy *corona mortis*, może stanowić czynnik ryzyka istotnych powikłań krwotocznych w przypadku złamania gałęzi łonowej. Podobnie zmienności dotyczące anatomii naczyń biodrowych zewnętrznych, tętnicy nabrzusznej dolnej oraz naczyń udowych powinny być uwzględniane przy planowaniu zabiegów chirurgicznych przepuklin

pachwinowych i udowych celem uniknięcia poważnych krwawień śródoperacyjnych. W związku z tym, w niniejszym badaniu stworzyłam nową mapę anatomiczną tętnicy zasłonowej, przedstawiającą miejsce odejścia oraz jej przebieg. Ponadto, artykuł ten dostarcza narzędzi do prostego śródoperacyjnego lokalizowania *corona mortis* przy pomocy łatwo wyczuwalnych punktów orientacyjnych, takich jak spojenie łonowe. Przedstawione wyniki mogą być szczególnie przydatne dla chirurgów wykonujących różne zabiegi ginekologiczne, ortopedyczne, urologiczne, naczyniowe i onkologiczne.

Artykuł nr 3 – The Arterial Blood Supply of the Ovaries: a Comprehensive Review

Jajniki, będące kluczowym narządem kobiecego układu rozrodczego, pełnią dwie zasadnicze funkcje: odpowiadają za dojrzewanie i uwalnianie oocytów oraz za produkcję żeńskich hormonów płciowych. Jajniki zaopatrywane są w krew tętniczą głównie przez tętnicę jajnikową oraz gałęzie wstępujące tętnicy macicznej.

Tematyka dominującego źródła zaopatrzenia jajników w krew tętniczą była już wcześniej omawiana w literaturze. Lippert i Pabst [8] stwierdzili, że narządy te są zaopatrywane głównie przez tętnicę jajnikową u 40% populacji, przez tętnicę maciczną u 4% i przez oba naczynia u 56%. Dodatkowo, ogólny schemat unaczynienia jajników w krew zaprezentowali również Mocquot i Rouvillois [10], stosując system klasyfikacji składający się z czterech podtypów.

Ponadto, częstym zjawiskiem jest występowanie anastomoz pomiędzy tętnicą jajnikową oraz tętnicą maciczną. Jednym z najbardziej znaczących klinicznie zespołów tętniczych układu rozrodczego kobiety są zespolenia ipsilateralne pomiędzy gałęzią wstępującą tętnicy macicznej a tętnicą jajnikową. Częstość występowania zespolenia maciczno-jajnikowego różniła się znacząco w literaturze, oscylując między 30,0% a 58,0%. Niedawna metaanaliza rozwiązała rozbieżności w tej kwestii [12], wykazując łączną częstość występowania na poziomie 48,57%. Wyniki te wskazują, że zespolenie to występuje u niemal połowy populacji żeńskiej, co czyni je niezwykle istotnym w chirurgicznych i wewnątrznaczyniowych zabiegach układu rozrodczego kobiet.

Znajomość unaczynienia jajników oraz jego ewentualnych zmienności znajduje swoje szczególne znaczenie kliniczne przy zabiegach embolizacji tętnicy macicznej oraz jajnikowej. Embolizacja tętnicy macicznej wykonywana w przypadku mięśniaków macicy, które stanowią najczęstszy łagodny nowotwór ginekologiczny u kobiet w wieku rozrodczym, pozwala pacjentom uniknąć inwazyjnych procedur zachowując przy tym wysoki stopień bezpieczeństwa

i skuteczności. Wcześniej uważano, że główne zaopatrzenie w krew tętniczą mięśniaków pochodzi z tętnicy macicznej, jednakże obecnie wiadomo, że poprzez wytwarzanie się anostomoz maciczno-jajnikowych mięśniaki zaopatrywane są również często przez tętnicę jajnikową [14]. Przy obecności powyższego zespolenia wykonanie procedury embolizacji tętnicy macicznej może skutkować niepowodzeniem w leczeniu. Wówczas alternatywnym zabiegiem pozostaje embolizacja tętnicy jajnikowej, jednakże metoda ta wciąż pozostaje w obszarze badań, ponieważ pomimo obiecujących efektów zabieg ten niesie ryzyko licznych powikłań [2].

Ze względu na wysoką zmienność anatomiczną tętnicy jajnikowej oraz tętnicy macicznej, a także liczne anastomozy tworzące się pomiędzy nimi, unaczynienie jajników może stanowić wyzwanie dla lekarzy wykonujących zabiegi ginekologiczne oraz wewnątrznaczyniowe. W związku z powyższym w niniejszym badaniu podsumowałam dotychczasową wiedzę w tej dziedzinie, aby mogła stanowić kompleksowe źródło informacji dla lekarzy celem zwiększenia skuteczności i bezpieczeństwa interwencji medycznych obejmujących struktury jajników.

2.5. Piśmiennictwo

1. Arfi A, Arfi-Rouche J, Barrau V, et al. Three-dimensional computed tomography angiography reconstruction of the origin of the uterine artery and its clinical significance. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2018;40(1): 85–90, doi:10.1007/s00276-017-1941-9.
2. Campbell J, Rajan DK, Kachura JR, et al. Efficacy of Ovarian Artery Embolization for Uterine Fibroids. *Canadian Association of Radiologists Journal*. 2015; 66(2): 164–170, doi: 10.1016/j.carj.2014.08.005.
3. Chantalat E, Merigot O, Chaynes P, et al. Radiological anatomical study of the origin of the uterine artery. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2014; 36(10): 1093–1099, doi: 10.1007/s00276-013-1207-0.
4. Chaudhuri JD, Lakshmi AV, SK MV, et al. A detailed study of the course, branching pattern and dimensions of the uterine and vaginal arteries and their branches. *MOJ Anat Physiol*. 2019; 6(6), doi: 10.15406/mojap.2019.06.00276.
5. Khan R, Naidoo N, Lazarus L. Unique vascular patterns of the internal iliac artery and its clinical import in pelvic surgery. *Translational Research in Anatomy*. 2021; 25: 100151, doi: 10.1016/j.tria.2021.100151.
6. Kostov S, Slavchev S, Dzhenkov D, et al. Corona mortis, aberrant obturator vessels, accessory obturator vessels: clinical applications in gynaecology. *Folia Morphol (Warsz)*. 2021; 80(4): 776–785, doi: 10.5603/FM.a2020.0110.
7. Kuzmenko KAV, Shkvarko SMG. Surgical anatomy of the extraorganic anastomoses of the uterine artery. *Akush Ginekol (Mosk)*. 2020; 7_2020: 117–121, doi: 10.18565/aig.2020.7.117-121.
8. Lippert H, Pabst R. *Arterial Variations in Man*. J.F. Bergmann-Verlag, Munich 1985.
9. Lipshutz B. A Composite Study of The Hypogastric Artery and Its Branches. *Ann Surg*. 1918; 67(5): 584–608, doi: 10.1097/00000658-191805000-00012.

10. Mocquot R, Rouvillois C. La vascularisation artérielle de l'ovaire étudiée en vue de la chirurgie conservatrice. *J Chir (Paris)*. 1938; 51: 161–176.
11. Naguib NNN, Nour-Eldin N-EA, Hammerstingl RM, et al. Three-dimensional Reconstructed Contrast-enhanced MR Angiography for Internal Iliac Artery Branch Visualization before Uterine Artery Embolization. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2008; 19(11): 1569–1575, doi: 10.1016/j.jvir.2008.08.012.
12. Ostrowski P, Bonczar M, Michalczak M, et al. The anatomy of the uterine artery: A meta-analysis with implications for gynecological procedures. *Clinical Anatomy*. 2023; 36(3): 457–464, doi: 10.1002/ca.23983.
13. Ouyang Z, Liu P, Yu Y, et al. Role of ovarian artery-to-uterine artery anastomoses in uterine artery embolization: initial anatomic and radiologic studies. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2012; 34(8): 737–741, doi: 10.1007/s00276-011-0883-x.
14. Pelage JP, Walker WJ, Le Dref O, et al. Ovarian Artery: Angiographic Appearance, Embolization and Relevance to Uterine Fibroid Embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2003; 26(3): 227–233, doi: 10.1007/s00270-002-1875-3.
15. Peters A, Stuparich MA, Mansuria SM, et al. Anatomic vascular considerations in uterine artery ligation at its origin during laparoscopic hysterectomies. *Am J Obstet Gynecol*. 2016; 215(3): 393.e1-393.e3, doi: 10.1016/j.ajog.2016.06.004.
16. Razavi MK, Wolanske KA, Hwang GL, et al. Angiographic Classification of Ovarian Artery-to-Uterine Artery Anastomoses: Initial Observations in Uterine Fibroid Embolization. *Radiology*. 2002; 224(3): 707–712, doi: 10.1148/radiol.2243011513.
17. Sanna B, Henry BM, Vikse J, et al. The prevalence and morphology of the corona mortis (Crown of death): A meta-analysis with implications in abdominal wall and pelvic surgery. *Injury*. 2018; 49(2): 302–308, doi: 10.1016/j.injury.2017.12.007.

18. Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M (eds). *Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation*. Wiley 2016, doi: 10.1002/9781118430309.
19. Walocha JA, Miodoński AJ, Szczepański W, et al. Two types of vascularisation of intramural uterine leiomyomata revealed by corrosion casting and immunohistochemical study. *Folia Morphol (Warsz)*. 2004; 63(1): 37–41.
20. Yevstifeieva A, Krzeszowiak J, Lastovetskyi I, et al. Variations in branching patterns of internal iliac artery according to Adachi's classification - Literature review and presentation of a case. *Translational Research in Anatomy*. 2021; 24: 100119, doi: 10.1016/j.tria.2021.100119.
21. Zarzecki MP, Ostrowski P, Wałęga P, et al. The middle anorectal artery: A systematic review and meta-analysis of 880 patients/1905 pelvic sides. *Clinical Anatomy*. 2022; 35(7): 934–945, doi: 10.1002/ca.23898.
22. Żytkowski A, Tubbs RS, Iwanaga J, et al. Anatomical normality and variability: Historical perspective and methodological considerations. *Translational Research in Anatomy*. 2021; 23: 100105, doi: 10.1016/j.tria.2020.100105.

3. Artykuł nr 1

*An arterial map of the uterine artery - a tool for
endovascular and gynecological procedures*

Monika Konarska-Włosińska, Alicia Del Carmen Yika, Martyna Dziejczak, Michał Bonczar,
Patrik Ostrowski, Wadim Wojciechowski, Jerzy Walocha, Mateusz Koziej

Surgical Radiological Anatomy

2024



An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures

Monika Konarska-Włosińska¹ · Alicia Del Carmen Yika^{1,2} · Martyna Dziedzic^{1,2} · Michał Bonczar^{1,2} · Patryk Ostrowski^{1,2} · Wadim Wojciechowski³ · Jerzy Walocha^{1,2} · Mateusz Koziej^{1,2}

Received: 23 November 2023 / Accepted: 13 May 2024
© The Author(s) 2024

Abstract

Introduction The anatomy of the uterine artery (UA) is highly complex, demonstrating various patterns of origin and course. The main objective of the present study is to provide the first anatomical heat map of the UA, demonstrating the location of its origin and course in the pelvis.

Methods In July 2022, an assessment was conducted on the findings from 40 consecutive female patients who had undergone computed tomography angiography of the abdomen and pelvis. Morphometric features of the UA and its associated anatomical area were gathered in 19 categories.

Results The presented results are based on a total of 58 UAs. 40 UAs originated from the anterior trunk of the internal iliac artery (69.0%), 16 of the UAs originated from the umbilical artery (27.6%), and the remaining two originated from the inferior gluteal artery (3.4%). The median diameter of the UA at its origin was found to be 3.20 mm (LQ = 2.63; HQ = 3.89).

Conclusion The anatomy of the UA is highly complex, showcasing variable topography, origin patterns, and morphometric properties. In the present study, a novel arterial map of this vessel was made, highlighting the diversity in its origin location and course. In our studied cohort, the UA originated most commonly from the anterior trunk of the internal iliac artery (69.0%), as described in the major anatomical textbooks. Having adequate knowledge about the anatomy of this artery is of immense importance in various gynecological and endovascular procedures, such as hysterectomies and embolizations.

Keywords Uterine artery · Uterus · Embolization · Anatomy · Surgery

Introduction

The anatomy of the uterine artery (UA) is highly complex, demonstrating various patterns of origin and course. It originates from the anterior trunk of the internal iliac artery and is the counterpart of the artery associated with the ductus deferens in males. It follows a course along the lateral pelvic wall, positioning itself anterior to the internal iliac artery. The UA proceeds medially until it reaches the junction of

the uterus and vagina. Once it reaches the side of the cervix, the UA divides into two branches: a smaller descending vaginal branch that supplies the cervix and vagina and a larger ascending branch that runs along the lateral border of the uterus, providing it with blood. Subsequently, the ascending branch splits into ovarian and tubal branches, which supply the inner parts of the ovary and uterine tube, respectively, and establish anastomoses with the ovarian and tubal branches of the ovarian artery. Moreover, during its course, the UA crosses over the ureter [12].

The arterial anatomy of the pelvis is quite variable [9, 19–21]. This variability was showcased in a recent meta-analysis [13], which examined the origin and morphometric properties of the UA. Although the major anatomical textbooks describe the UA's origin as being from the anterior trunk of the internal iliac artery, many other origins have been presented in the literature. The vessel has been reported to also originate from the umbilical artery, the inferior gluteal artery, and the internal pudendal artery, amongst others

✉ Mateusz Koziej
mateuszkziej01@gmail.com

¹ Department of Anatomy, Jagiellonian University Medical College Cracow, Mikołaja Kopernika 12, Kraków 33-332, Poland

² Youthoria, Youth Research Organization, Kraków, Poland

³ Department of Radiology, Jagiellonian University Medical College Cracow, Kraków, Poland

[2, 4]. Moreover, numerous studies have analyzed the vessel's clinically relevant morphometric properties, such as its length and diameter. This knowledge is especially important in endovascular procedures, such as during the embolization of the UA as a treatment for pelvic hemorrhage or uterine fibroids [14, 16, 18]. However, no study has analyzed the precise topography of the UA, providing surgeons with a useful tool for visualizing the course and origin of the UA pre- and intraoperatively in various pelvic surgeries. Therefore, the main objective of the present study is to provide the first anatomical heat map of the UA, demonstrating the location of its origin and course in the pelvis.

Materials and methods

Approval of the bioethical committee

The research protocol was submitted for evaluation and approved by the Jagiellonian University Bioethical Committee, Cracow, Poland (1072.6120.254.2022). The research was conducted in accordance with the allowed criteria throughout the subsequent phases.

Study group

In July 2022, an assessment was conducted on the findings from 40 consecutive female patients who had undergone computed tomography angiography (CTA) of the abdomen and pelvis at the Radiology Department of Jagiellonian University Medical College in Cracow, Poland. Each CTA was evaluated bilaterally; therefore, a total of 80 sides were initially evaluated. The exclusion criteria were defined as (1) trauma to the abdominal or pelvic region that could impact the structure or dimensions of the UA or its nearby anatomy, (2) substantial artifacts hindering the accurate imaging and measurement of the UA or its adjacent anatomical region, (3) poor-quality and unreadable images, and (4) significant lack of contrast filling the whole arterial system. If any of the mentioned defects only impacted half of the CTA without affecting the contralateral side, the other UA was assessed independently. The great majority ($n = 19$) of the excluded sides were not analyzed due to significant artifacts. The other three were disqualified to prevent bias, given their images' poor quality. Finally, a total of 58 sides met the inclusion criteria. None of the analyzed CTAs contained significant pathological changes that could substantially displace any of the studied structures. Therefore, a total of 58 UAs were analyzed.

Results acquisition

All CTAs of the abdomen and pelvis were performed on a 128-slice scanner CT (Philips Ingenuity CT, Philips Healthcare). The main CT imaging parameters were the following: collimation/increase: 0.625 / 0.3 mm; tube current: 120 mAs; field of view: 210 mm; matrix size: 512 × 512.

All patients received intravenous administration of contrast material at a dose of 1 ml/kg (standard dose). A non-ionic contrast medium (CM) containing 350 mg of iodine per ml was used (Jowersol 741 mg/ml, Optiray®, Guerbet, France). The acquisition of CT data was initiated using a real-time bolus tracking technique (Philips Healthcare), with the region of interest (ROI) placed in the descending aorta. CM was injected intravenously using a power injector at a flow rate of 5 ml / s. This was immediately followed by injecting 40 ml of saline solution at the same flow rate. Following injection of CM and saline, image acquisition was automatically started with a 2 s delay when the attenuation trigger value reached a threshold of 120 Hounsfield units (HU). Scanning was performed in the caudocranial direction.

The CTAs were analyzed on a dedicated workstation in the Anatomical Department of Jagiellonian University Medical College, Cracow, Poland. To ensure the highest possible quality of the visualizations and measurements and minimize potential bias, Materialise Mimics Medical version 21.0 software (Materialise NV, Leuven, Belgium) software was used. 3-dimensional (3D) reconstructions of each scan were developed, employing a set of settings, severally adjusted to each scan.

Evaluation and measurements

At the beginning of every examination, each UA has been completely visualized. Following that, a series of measurements of each UA were taken by two separate researchers, and an average was calculated by considering both sets of results. All measurements were rounded to two decimal places. Morphometric features of the UA and its associated anatomical area were gathered in 19 categories: (1) UA diameter at its origin ; (2) UA cross-sectional area at its origin ; (3) UA angle at its origin [deg] ; (4) diameter of the anterior trunk of the internal iliac artery near the origin of the UA ; (5) cross-sectional area of the anterior trunk of the internal iliac artery near the origin of the UA ; (6) distance from the origin of the anterior trunk of the internal iliac artery to the origin of the UA ; (7) distance from the obturator artery to the UA ; (8) distance from the middle anorectal artery to the UA ; (9) distance from the superior vesical artery to the UA ; (10) distance from the vaginal artery to the UA ; (11) distance from the inferior gluteal artery to the

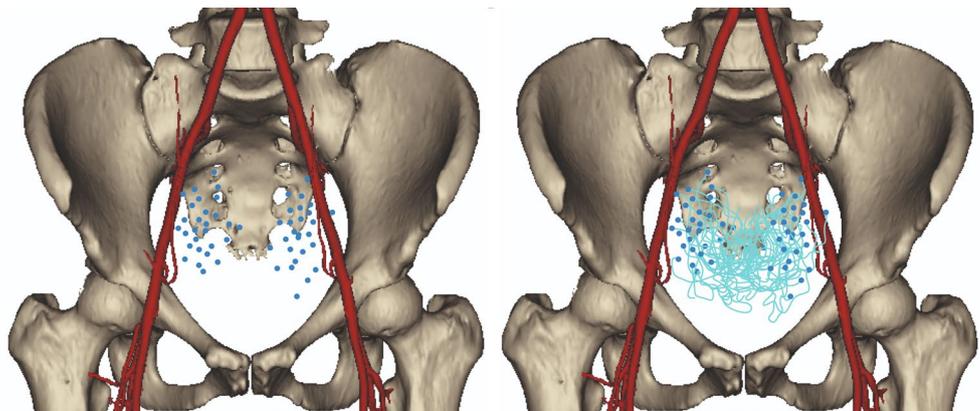
UA ; (12) distance from the internal pudendal artery to the UA ; (13) number of branches that originate from the UA ; (14) distance from the origin of the UA to the origin of the ascending branch of the UA ; (15) diameter of the ascending branch at its origin ; (16) cross-sectional area of the ascending branch at its origin ; (17) distance from the origin of the UA to the origin of the descending branch of the UA ; (18) diameter of the descending branch at its origin ; (19) cross-sectional area of the descending branch at its origin. Additionally, patients' uterus length [mm] has also been studied. The results were established in millimeters (mm / mm²). Nevertheless, after initial statistical evaluation, distances from the superior vesical artery and the vaginal artery to the UA were excluded from the analyses due to significant heterogeneity of the results and bias prevention.

Furthermore, a set of measurements was taken to establish an anatomical heat map of the occurrence of the origin of the UA. Using these measurements, a uniform anatomical triangle was defined. Subsequently, the shortest distances from the origins of each UA to the sides of the triangle were determined. All measurements were taken at a fixed angle to minimize potential bias. Furthermore, the points of origin of each UA were scaled and applied to the heatmap with respect to the enrolled measurements.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed with STATISTICA v13.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). The frequency and percentages presented qualitative features. The Shapiro-Wilk test was used to assess the normal distribution. Quantitative characteristics were presented by medians and upper and lower quartiles (UQ, LQ), as well as means and standard deviation (SD), depending on the verified normality of the data. Statistical significance was defined as $p \leq 0.05$. Mann-Whitney and Wilcoxon signed-rank tests were used to establish potential differences between groups. The Spearman rank correlation coefficient was used to determine possible correlations between the parameters.

Fig. 1 Heatmap presenting the occurrence of the origin of the Uterine Artery and its course



Results

The presented results are based on a total of 58 UAs. The mean age of the patients was 47.1 years old (SD=15.4; Min=24.0; Max=77.0). All further data refer to the number of sides instead of number of patients. Left and right sides were analyzed in equal amounts, twenty-nine each. Forty UAs originated from the anterior trunk of the internal iliac artery (69.0%), 16 of the UAs originated from the umbilical artery (27.6%), and the remaining two originated from the inferior gluteal artery (3.4%). The anatomical heat map of the origin of the UA from the anterior point of view is presented in Fig. 1. The origin points and course of the studied UAs were scaled and appropriately applied into this figure. Figure 2 illustrates the arterial anatomy of the pelvis, highlighting the topographical characteristics of the UA.

The median diameter of the UA at its origin was found to be 3.20 mm (LQ=2.63; HQ=3.89). Moreover, the medial cross-sectional area at its origin was set to be 6.04 mm² (LQ=4.65; HQ=6.48). UA's median departure angle was set to be 130.47 degrees (LE=116.44; HQ=145.33). The distances between each branch of the anterior trunk of the internal iliac artery were measured over the surface of the said artery. The median distance from the anterior trunk of the internal iliac artery's origin to the UA's origin was set to be 17.21 mm (LQ=13.63; HQ=20.91). Furthermore, the median distance from the obturator artery to the UA was established at 13.35 mm (LQ=8.76; HQ=16.89). The median distance from the middle anorectal artery to the UA was set to be 26.13 (LQ=18.55; HQ=33.87). Moreover, the median distance from the inferior gluteal artery to the UA was found to be 45.96 mm (LQ=34.67; HQ=56.21). The median distance from the internal pudendal artery to the UA was set to be 12.14 mm (LQ=8.22; HQ=30.67). The mean number of branches of the UA was set to be 1.86 (SD=0.35). Detailed results in each category are presented in Table 1.

Furthermore, each parameter has been analyzed to find potential side-related statistical differences. Nevertheless,

Fig. 2 A three-dimensional, computed tomography angiography of the studied area. Some of the arteries were removed in order to provide better visibility. UA - Uterine Artery. CIA - Common Iliac Artery. EIA - External Iliac Artery. IIA - Internal Iliac Artery. IGA - Inferior Gluteal Artery. IPA - Internal Pudendal Artery. OA - Obturator Artery. VA - Vaginal Artery. MRA - Middle Rectal Artery

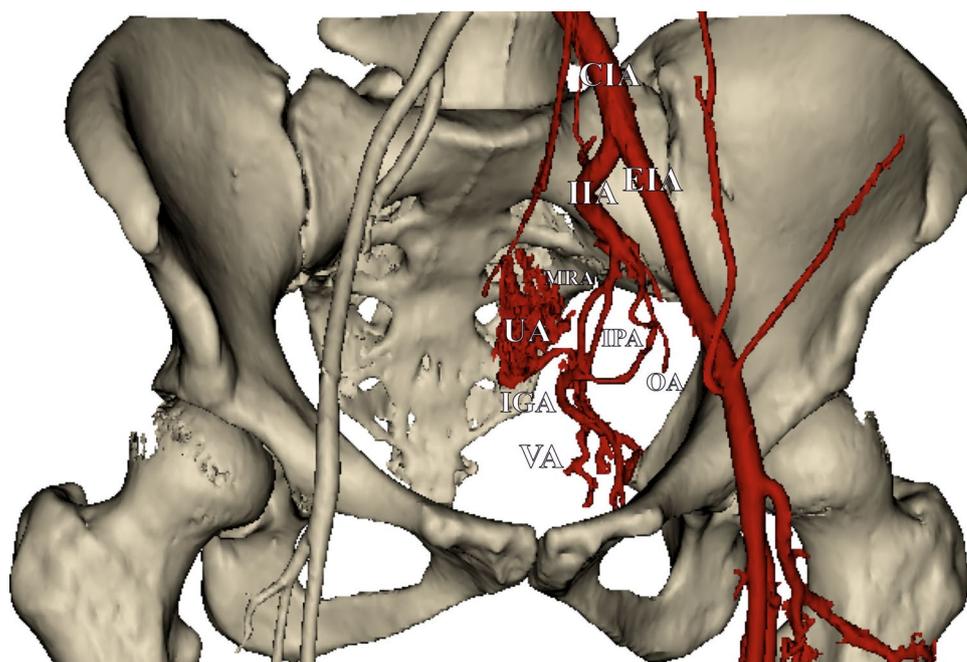


Table 1 Results of the measurements. LQ – lower quartile. HQ – higher quartile. SD – standard deviation. UA – Uterine Artery. ATIIA – Anterior Trunk of the Internal Iliac Artery. OA – Obturator Artery. MRA – Middle Rectal Artery. IGA – Inferior Gluteal Artery. IPA – Internal Pudendal Artery

Category	Median	LQ	HQ	Minimum	Maximum	Mean	SD
UA Diameter at its Origin [mm]	3.20	2.63	3.89	2.00	5.69	3.37	0.91
UA Cross-sectional Area at its Origin [mm ²]	6.04	4.65	6.48	3.64	7.92	5.71	1.14
UA Angle at its Origin [deg]	130.47	116.44	145.33	106.61	167.45	132.19	17.14
Diameter of the ATIIA near the origin of the UA [mm]	6.06	5.36	6.60	4.26	8.93	6.06	1.15
Cross-sectional Area of the ATIIA near the origin of the UA [mm ²]	23.38	18.24	27.65	15.33	33.91	23.07	5.33
Distance from the origin of the ATIIA to the origin of the UA [mm]	16.17	13.75	21.54	10.20	32.73	17.41	5.14
Distance from the OA to the UA [mm]	13.35	8.76	16.89	4.12	21.65	12.73	4.97
Distance from the MRA to the UA [mm]	26.13	18.55	33.87	13.22	58.29	27.47	9.74
Distance from the IGA to the UA [mm]	45.96	34.67	56.21	17.01	72.71	46.44	13.78
Distance from the IPA to the UA [mm]	12.14	8.22	30.67	5.24	49.99	18.97	14.00
How many branches take off from the UA?	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.86	0.35
Distance from the origin of the UA to the origin of the Ascending Branch of the UA [mm]	68.12	55.55	74.83	41.78	95.60	65.59	12.08
Diameter of the Ascending Branch at its origin [mm]	3.67	3.41	4.21	3.01	4.87	3.77	0.51
Cross-sectional area of the Ascending Branch at its origin [mm ²]	5.02	4.21	5.90	3.00	7.72	5.00	1.10
Distance from the origin of the UA to the origin of the Descending Branch of the UA [mm]	69.13	58.92	74.14	41.13	96.82	66.83	11.13
Diameter of the Descending Branch at its origin [mm]	3.19	2.58	3.64	2.00	4.78	3.15	0.66
Cross-sectional area of the Descending Branch at its origin [mm ²]	3.64	3.30	3.89	3.00	5.11	3.71	0.53
Uterus Length [mm]	68.42	61.55	74.62	50.92	83.19	68.00	9.25

none of the parameters significantly differed in relation to the studied side. Detailed results regarding this part of the analysis are demonstrated in Table 2.

Subsequently, potential correlations between the analyzed parameters, the patient's age, the UA origin diameter, and uterus length have been investigated. Statistically significant correlations were found between patients' age and UA diameter at its origin, the UA cross-sectional area at its

origin, the cross-sectional area of the anterior trunk of the internal iliac artery near the origin of the UA, the distance from the obturator artery to the UA, and the cross-sectional area of the ascending branch at its origin. Every aforementioned parameter decreased with age. Only the diameter of the ascending branch at its origin statistically significantly correlated with the uterus length ($R = -0.30$). The complete correlation analysis is presented in Table 3.

Table 2 Results of the measurements concerning the patients' side. LQ – lower quartile. HQ – higher quartile. SD – standard deviation. UA – Uterine Artery. ATIIA – Anterior Trunk of the Internal Iliac Artery. OA – Obturator Artery. MRA – Middle Rectal Artery. IGA – Inferior Gluteal Artery. IPA – Internal Pudendal Artery. P-values were established using U Mann-Whitney test. P-values greater than 0.05 were considered as statistically significant

Category	Side	Median	LQ	HQ	Minimum	Maximum	Mean	SD	P value
UA Diameter at its Origin [mm]	Right	3.33	2.63	3.97	2.21	5.69	3.40	0.91	0.88
	Left	3.12	2.70	3.74	2.00	5.62	3.33	0.93	
UA Cross-sectional Area at its Origin [mm ²]	Right	6.27	4.68	6.57	3.64	7.92	5.74	1.27	0.59
	Left	6.00	4.65	6.32	3.89	7.41	5.69	1.00	
UA Angle at its Origin [deg]	Right	136.66	114.66	145.34	106.61	167.45	132.39	18.53	0.91
	Left	130.27	118.75	143.62	109.72	165.71	131.98	15.95	
Diameter of the ATIIA near the origin of the UA [mm]	Right	6.28	5.02	6.52	4.54	8.93	6.10	1.27	0.92
	Left	5.94	5.40	6.75	4.26	7.98	6.02	1.03	
Cross-sectional Area of the ATIIA near the origin of the UA [mm ²]	Right	23.15	17.48	25.56	15.33	32.39	22.41	5.30	0.35
	Left	24.10	18.48	27.88	15.69	33.91	23.73	5.41	
Distance from the origin of the ATIIA to the origin of the UA [mm]	Right	15.69	13.40	20.28	10.52	32.73	17.38	5.52	0.86
	Left	17.21	13.99	21.54	10.20	26.91	17.44	4.88	
Distance from the OA to the UA [mm]	Right	13.39	6.89	15.02	4.12	21.65	12.17	5.09	0.57
	Left	13.29	9.86	17.15	4.97	20.85	13.30	4.93	
Distance from the MRA to the UA [mm]	Right	23.67	17.98	36.56	14.34	50.32	26.89	10.11	0.60
	Left	26.46	18.90	33.87	13.22	58.29	28.06	9.52	
Distance from the IGA to the UA [mm]	Right	44.76	34.21	56.02	27.52	70.67	46.39	13.79	0.84
	Left	47.15	36.20	56.21	17.01	72.71	46.49	14.01	
Distance from the IPA to the UA [mm]	Right	11.74	7.55	32.64	5.24	48.55	19.32	15.23	0.70
	Left	12.33	9.22	26.98	6.55	49.99	18.62	12.92	
How many branches take off from the UA?	Right	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.86	0.35	0.99
	Left	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.86	0.35	
Distance from the origin of the UA to the origin of the Ascending Branch of the UA [mm]	Right	67.89	55.23	75.13	41.78	84.75	64.61	12.00	0.60
	Left	70.33	57.27	74.63	45.43	95.60	66.57	12.29	
Diameter of the Ascending Branch at its origin [mm]	Right	3.58	3.23	4.32	3.01	4.87	3.79	0.61	0.77
	Left	3.68	3.54	3.89	3.02	4.80	3.74	0.40	
Cross-sectional area of the Ascending Branch at its origin [mm ²]	Right	5.03	4.24	6.00	3.03	7.72	5.03	1.19	0.80
	Left	5.01	4.21	5.80	3.00	7.03	4.97	1.04	
Distance from the origin of the UA to the origin of the Descending Branch of the UA [mm]	Right	68.15	57.21	74.23	41.13	84.89	65.94	11.04	0.67
	Left	70.89	60.12	73.56	45.49	96.82	67.72	11.38	
Diameter of the Descending Branch at its origin [mm]	Right	3.16	2.58	3.67	2.00	4.78	3.13	0.71	0.88
	Left	3.20	2.66	3.57	2.19	4.37	3.16	0.62	
Cross-sectional area of the Descending Branch at its origin [mm ²]	Right	3.58	3.30	3.89	3.01	5.11	3.69	0.52	0.92
	Left	3.65	3.43	3.86	3.00	5.00	3.73	0.54	

Discussion

The variable anatomy of the UA has been discussed extensively in the literature due to its relevance in various gynecological and endovascular procedures. Although this vessel is described as a branch of the anterior trunk of the internal iliac artery, many other origins have been presented [13]. Historically, the studies of Lipshutz [11], Adachi [1], Ashley and Anson [3], and Gasparri and Brizzi [5] provided us with the fundamental knowledge concerning the anatomy of the UA. More recently, in a study about the relevance of computed tomography angiographies in finding anatomical variations of the origin of the said vessel,

Hao et al. [7] demonstrated that the artery originates most commonly from the inferior gluteal artery (64.3%). Interestingly, Arfi et al. [2] demonstrated that the umbilical artery is the dominant origin for the UA (62.7%). This was also demonstrated by Holub et al. [8]. Remarkably, the study did not report any cases of the UA originating directly from the internal iliac artery. Our study, which was based on 58 angiographies, shows that the UAs originated most commonly from the anterior trunk of the internal iliac artery (69.0%). However, the UA originated relatively frequently from the umbilical artery (27.6%) and rarely from the inferior gluteal artery (3.4%). Ultimately, our results support those presented in the literature, as they exhibit similarities with

Table 3 Correlations between the measured parameters and patient's age and the Diameter of the Uterine Artery (UA) at its origin. Highlighted in red are those in which the p-value was less than 0.05. R - Spearman's Correlation Test was used in this statistical analysis. ATIIA – Anterior Trunk of the Internal Iliac Artery. OA – Obturator Artery. MRA – Middle Rectal Artery. IGA – Inferior Gluteal Artery. IPA – Internal Pudendal Artery

Category	Spearman's <i>R</i>		
	Patient's age	UA Origin Diameter	Uterus Length
UA Diameter at its Origin [mm]	-0.38	-	0,11
UA Cross-sectional Area at its Origin [mm ²]	-0.27	0.61	0,00
UA Angle at its Origin [deg]	-0.20	-0.04	0,03
Diameter of the ATIIA near the origin of the UA [mm]	-0.26	-0.21	0,15
Cross-sectional Area of the ATIIA near the origin of the UA [mm ²]	-0.48	0.19	0,16
Distance from the origin of the ATIIA to the origin of the UA [mm]	-0.06	0.03	0,30
Distance from the OA to the UA [mm]	-0.45	0.10	0,02
Distance from the MRA to the UA [mm]	0.14	-0.04	-0,22
Distance from the IGA to the UA [mm]	0.02	-0.07	-0,04
Distance from the IPA to the UA [mm]	-0.09	0.06	-0,02
How many branches take off from the UA?	0.11	0.12	-0,17
Distance from the origin of the UA to the origin of the Ascending Branch of the UA [mm]	-0.02	0.36	0,15
Diameter of the Ascending Branch at its origin [mm]	-0.07	0.11	-0,30
Cross-sectional area of the Ascending Branch at its origin [mm ²]	-0.30	0.66	0,04
Distance from the origin of the UA to the origin of the Descending Branch of the UA [mm]	-0.12	0.31	0,19
Diameter of the Descending Branch at its origin [mm]	-0.06	-0.16	0,25
Cross-sectional area of the Descending Branch at its origin [mm ²]	-0.12	0.13	0,11
Uterus Length [mm]	-0.54	0.11	-

the recent meta-analysis conducted by Ostrowski et al. [13], where they presented the origin from the anterior trunk of the internal iliac artery as the most frequent one. However, controversy surrounds the studies that identified the inferior gluteal artery as the primary source of the UA [6, 7]. The inferior gluteal artery is typically characterized as the terminal branch of the internal iliac artery. Consequently, in instances where the UA emerges as the final branch of the anterior division of the internal iliac artery before termination, certain authors might classify it as originating from the inferior gluteal artery rather than from the anterior

division of the internal iliac artery. This discrepancy may create bias regarding the definition of the origin of the UA. As mentioned earlier, the umbilical artery has also been demonstrated to be a frequent origin point of the UA [2]. Ultimately, this variability in the origin has been said to be linked with the population studied, showing a significantly high prevalence of variations in the Caucasian population [2, 4].

The internal iliac arteries originate from the fetal umbilical arteries during embryological development. Initially, the dorsal aorta undergoes bifurcation, resulting in two umbilical arteries. Subsequently, each umbilical artery gives rise to a posterior branch, which follows the sciatic nerve (later becoming the inferior gluteal artery), and an anterior branch that traverses the pubic region (developing into the external iliac artery). Later, various branches originate from the internal iliac artery, including the UA [2].

The present study is the first in the literature to showcase an arterial heat map of the UA (Fig. 1), illustrating the topography of this vessel in the pelvic area. The said map demonstrated the most common locations of the origin of the UA and its courses. Our results may aid surgeons in creating a mental map of the uterine vasculature pre- or intra-operatively and can be especially useful when performing high vascular ligation during pelvic and gynecological procedures. Peters et al. [14] introduced an innovative method for precisely identifying the UA during laparoscopic ligation, especially when dealing with distorted pelvic anatomy or variations in the origin of the UA. In a standard hysterectomy, the UA is typically ligated at the level of internal cervical os. However, this traditional approach may become impractical when pelvic pathologies alter the pelvic anatomy. Moreover, the variability in UA origin can further complicate its localization. In response to these challenges, the authors of the study introduced a novel approach to localize the UA at its origin. This can be achieved by approaching the artery either from the pararectal space or by utilizing the medial umbilical ligament, which runs through the paravesical space. Precise knowledge about the anatomy of the UA also relates to protecting the ureter, which passes most commonly under the artery in the pelvis [4]. In the course of treating gynecological pelvic neoplasms necessitating an extensive hysterectomy, there is a potential risk of injuring the ureter when ligating the UA and extending the excision into the parametrium. Injuring this artery may also damage the ureter by decreasing its blood supply [17]. However, the risk of injuring the ureter if the ligation of the UA is performed by its origin, as demonstrated by Peters et al. [14], is reduced immensely. Therefore, effective identification of this artery is of utmost importance. Our study provides useful data for surgeons performing the ligation of the UA by its origin. The surgeon performing this procedure may

find the origin of the UA by tracing it from the origin of the anterior trunk of the internal iliac artery. The results of the present study showcase that the distance between these two points is 17.41 mm.

Another technique of hemostasis is the embolization of the UA. This procedure has been used for several gynecological pathologies, including uterine arteriovenous malformations and arteriovenous fistulas, uterine fibroids and leiomyoma, and placenta previa/accreta/percreta [10, 16]. Performing the embolization of the UA to control gynecological hemorrhage effectively is of utmost importance because severe postpartum hemorrhage is an important cause of maternal death and accounts for up to 25% of maternal deaths worldwide [15]. Our study gives valuable data about the topography and morphometric properties of the UA. This data can help physicians perform this endovascular procedure, mainly when choosing the right size of the catheter for the embolization procedure and navigating through the pelvis's vascular anatomy. Our study demonstrates that the mean diameter of the UA at its origin is 3.37 mm, a relatively higher diameter compared to the recent meta-analysis conducted by Ostrowski et al. (2.73 mm) [13]. Moreover, thorough knowledge regarding the anatomy of the UA prior to its embolization may aid in increasing the efficiency of the procedure, shortening the overall time allocated for finding this vessel [4].

The present study is not without its limitations. Some of the parameters that were initially included in the study protocol were further excluded due to potential bias of the established results. Furthermore, radiological imaging (CTA) can evaluate only hemodynamically efficient arteries. As such, this can be a considerable source of bias when assessing anatomical variations of the UAs and other vascular structures. Additionally, some of the information regarding the patients' background, for example, history of pregnancies and deliveries, was not gathered. Although not without its limitations, the present study attempts to establish the UA's detailed morphology and anatomical variations, which meet the requirements of evidence-based anatomy.

Conclusion

The anatomy of the UA is highly complex, showcasing variable topography, origin patterns, and morphometric properties. In the present study, a novel arterial map of this vessel was made, highlighting the diversity in its origin location and course. In our studied cohort, the UA originated most commonly from the anterior trunk of the internal iliac artery (69.0%), as described in the major anatomical textbooks. Having adequate knowledge about the anatomy of this artery is of immense importance in various gynecological

and endovascular procedures, such as hysterectomies and embolizations.

Author contributions Methodology - MD, MKW Data Collection - WW, MKW Measurements - AY, MKW Statistical analysis - MB, MKW, MKO Literature - MKW, PO, JW Writing - MKW, AY, MD, MB, PO, WW, JW, MKO.

Funding The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Data availability The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, upon reasonable request.

Declarations

Bioethical committee Not applicable.

Informed consent Not applicable.

Competing interests The authors declare no competing interests.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

1. Adachi B (1928) *Das Arteriensystem Der Japaner*. Kenkyusha, Tokio
2. Arfi A, Arfi-Rouche J, Barrau V, Nyangoh Timoh K, Touboul C (2018) Three-dimensional computed tomography angiography reconstruction of the origin of the uterine artery and its clinical significance. *Surg Radiol Anat* 40:85–90. <https://doi.org/10.1007/s00276-017-1941-9>
3. Ashley FL, Anson BJ (1941) The hypogastric artery in American whites and negroes. *Am J Phys Anthropol* 28:381–395. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330280404>
4. Chantalat E, Merigot O, Chaynes P, Lauwers F, Delchier MC, Rimailho J (2014) Radiological anatomical study of the origin of the uterine artery. *Surg Radiol Anat* 36:1093–1099. <https://doi.org/10.1007/s00276-013-1207-0>
5. Gasparri F, Brizzi E (1964) [Anatomo-Topographic study of the parietal vessels of the female small Pelvis]. *Riv Ostet Ginecol* 19:513–530
6. Gomez-Jorge J, Keyoung A, Levy EB, Spies JB (2003) Uterine artery anatomy relevant to Uterine Leiomyomata Embolization. *Cardiovasc Interv Radiol* 26. <https://doi.org/10.1007/s00270-003-2652-7>
7. Hao YX, Wang KF, Wang GR, Fang Y, Wang ZW, Xue HD, Jin ZY (2019) [Value of the CT angiography in displaying the

- anatomical variations of the origin of Uterus Artery]. *Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao* 41:216–219. <https://doi.org/10.3881/j.issn.1000-503X.10596>
8. Holub Z, Lukac J, Kliment L, Urbanek S (2005) Variability of the origin of the uterine artery: laparoscopic surgical observation. *J Obstet Gynaecol Res* 31:158–163. <https://doi.org/10.1111/j.1341-8076.2005.00264.x>
 9. Khan R, Naidoo N, Lazarus L (2021) Unique vascular patterns of the internal iliac artery and its clinical import in pelvic surgery. *Trans Res Anat* 25:100151. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2021.100151>
 10. Liang R, Gandhi J, Rahmani B, Khan SA (2020) Uterine torsion: a review with critical considerations for the obstetrician and gynecologist. *Trans Res Anat* 21:100084. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100084>
 11. Lipshutz B (1918) A Composite Study of the hypogastric artery and its branches. *Ann Surg* 67:584–608. <https://doi.org/10.1097/00000658-191805000-00012>
 12. Moore KL, Dalley AF, Agur A (2017) Clinically oriented anatomy, 8th edn. Lippincott Williams and Wilkins
 13. Ostrowski P, Bonczar M, Michalczak M, Gabryszuk K, Bereza T, Iwanaga J, Zarzecki M, Sporek M, Walocha J, Koziej M (2023) The anatomy of the uterine artery: a meta-analysis with implications for gynecological procedures. *Clin Anat* 36:457–464. <https://doi.org/10.1002/ca.23983>
 14. Peters A, Stuparich MA, Mansuria SM, Lee TTM (2016) Anatomic vascular considerations in uterine artery ligation at its origin during laparoscopic hysterectomies. *Am J Obstet Gynecol* 215:393.e1–393.e3. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.06.004>
 15. Rand T, Patel R, Magerle W, Uberoi R (2020) CIRSE standards of practice on gynaecological and obstetric haemorrhage. *CVIR Endovasc* 3:85. <https://doi.org/10.1186/s42155-020-00174-7>
 16. Razavi MK, Wolanske KA, Hwang GL, Sze DY, Kee ST, Dake MD (2002) Angiographic classification of ovarian artery–to–uterine artery anastomoses: initial observations in uterine fibroid embolization. *Radiology* 224:707–712. <https://doi.org/10.1148/radiol.2243011513>
 17. Roberts WH, Krishingner GL (1967) Comparative study of human internal iliac artery based on adachi classification. *Anat Rec* 158:191–196. <https://doi.org/10.1002/ar.1091580208>
 18. Walocha JA, Miodoński AJ, Szczepański W, Skrzat J, Stachura J (2004) Two types of vascularisation of intramural uterine leiomyomata revealed by corrosion casting and immunohistochemical study. *Folia Morphol (Warsz)* 63:37–41
 19. Yevstifeieva A, Krzeszowiak J, Lastovetskyi I, Mazurek A (2021) Variations in branching patterns of internal iliac artery according to Adachi's classification - literature review and presentation of a case. *Trans Res Anat* 24:100119. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2021.100119>
 20. Zarzecki MP, Ostrowski P, Wałęga P, Iwanaga J, Walocha JA (2022) The middle anorectal artery: a systematic review and meta-analysis of 880 patients/1905 pelvic sides. *Clin Anat* 35:934–945. <https://doi.org/10.1002/ca.23898>
 21. Żytkowski A, Tubbs RS, Iwanaga J, Clarke E, Polguj M, Wysiadeci G (2021) Anatomical normality and variability: historical perspective and methodological considerations. *Trans Res Anat* 23:100105. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100105>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

4. Artykuł nr 2

Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications

**Monika Konarska-Włosińska, Patryk Ostrowski, Alicia Del Carmen Yika, Martyna
Dziedzic, Michał Bonczar, Wadim Wojciechowski, Jerzy Walocha, Mateusz Koziej**

International Urogynecology Journal

2024



Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications

Monika Konarska-Włosińska¹ · Patryk Ostrowski^{1,2} · Alicia Del Carmen Yika^{1,2} · Martyna Dziedzic^{1,2} · Michał Bonczar^{1,2} · Wadim Wojciechowski³ · Jerzy Walocha^{1,2} · Mateusz Koziej^{1,2}

Received: 7 February 2024 / Accepted: 6 March 2024
© The Author(s) 2024

Abstract

Introduction and Hypothesis The obturator artery (ObA) is described as a branch of the anterior division of the internal iliac artery. It arises close to the origin of the umbilical artery, where it is crossed by the ureter. The main goal of the present study was to create an anatomical map of the ObA demonstrating the most frequent locations of the vessel's origin and course.

Methods In May 2022, an evaluation of the findings from 75 consecutive patients who underwent computed tomography angiography studies of the abdomen and pelvis was performed.

Results The presented results are based on a total of 138 arteries. Mostly, ObA originated from the anterior trunk of the internal iliac artery (79 out of 138; 57.2%). The median ObA diameter at its origin was found to be 3.34 mm (lower quartile [LQ]=3.00; upper quartile [UQ]=3.87). The median cross-sectional area of the ObA at its origin was found to be 6.31 mm² (LQ=5.43; UQ=7.32).

Conclusions Our study developed a unique arterial anatomical map of the ObA, showcasing its origin and course. Moreover, we have provided more data for straightforward intraoperative identification of the corona mortis through simple anatomical landmarks, including the pubic symphysis. Interestingly, a statistically significant difference ($p < 0.05$) between the morphometric properties of the aberrant ObAs and the "normal" ObAs originating from the internal iliac artery was found. It is hoped that our study may aid in reducing the risk of serious hemorrhagic complications during various surgical procedures in the pelvic region.

Keywords Obturator artery · Pelvis · Internal iliac artery · Surgery · Anatomy

Introduction

The obturator artery (ObA) is described as a branch of the anterior division of the internal iliac artery. It arises close to the origin of the umbilical artery, where it is crossed by the ureter. It courses antero-inferiorly on the lateral wall of the pelvis and passes between the obturator nerve and

vein. During its trajectory, the ObA gives off numerous branches, typically classified into two groups: those within the pelvis (pelvic branches) and those extending into the thigh (extrapelvic branches). The pelvic branches of the ObA consist of the following: the iliac branch, which provides vascular supply to the iliac bone and iliacus muscle, forming anastomoses with the iliolumbar artery; the vesical artery, which is responsible for supplying the medial region of the urinary bladder; and the pubic branch, which originates near the obturator canal, traversing the pubic bone, and anastomosing with its contralateral counterpart and with the pubic branch of the inferior epigastric artery. Moreover, the extrapelvic branches encompass:

1. The anterior branch, which courses along the inner edge of the inferior pubic ramus, forming anastomoses with the posterior branch of the femoral artery and the medial circumflex femoral artery. It mainly supplies blood to

Handling Editor: Jaromir Masata
Editor in Chief: Maria A. Bortolini

✉ Mateusz Koziej
mateuszkziej01@gmail.com

¹ Department of Anatomy, Jagiellonian University Medical College Mikołaja, Kopernika 12, 33-332 Kraków, Poland

² Youthoria, Youth Research Organization, Kraków, Poland

³ Department of Radiology, Jagiellonian University Medical College, Kraków, Poland

the obturator externus muscle, hip adductors, and the skin covering the inner thigh.

2. The posterior branch, which is responsible for supplying the muscles that are attached to the ischial tuberosity, such as the ischiocavernosus muscle.
3. The acetabular branch, which courses through the ligament of the head of the femur to supply the femoral head. Typically, this branch originates from the posterior branch [1, 2].

The anatomy of the ObA exhibits a high degree of variability, especially regarding its origin. The ObA can arise from most parts and branches of the internal iliac system, the inferior epigastric artery, or the external iliac artery (referred to as an aberrant ObA), and, although rare, the femoral artery [2, 3]. Furthermore, the anastomosis between the external iliac/inferior epigastric arteries and ObA, known as the corona mortis, garners significant clinical interest. This is primarily because of the potentially life-threatening hemorrhage that can occur from accidental injury to this structure during various pubic surgical procedures [4, 5]. Nevertheless, having adequate knowledge regarding the general topography of the ObA is also highly significant in numerous pelvic and reconstructive surgeries [6, 7].

Although the anatomy of the said artery has been analyzed extensively by various systematic reviews and meta-analyses [7, 8], no study has to our knowledge comprehensively showcased the topography of the ObA and corona mortis in the pelvic region. Therefore, the main goal of the present study was to create an arterial anatomical map of the ObA demonstrating the most frequent locations of the vessel's origin and course. Moreover, morphometric features of the ObA and the corona mortis will be presented. We hope that our results may help surgeons to create a mental map of the artery during various pelvic surgical procedures, reducing possible iatrogenic injury to these anatomical structures.

Materials and Methods

Approval of the Bioethical Committee

The research protocol was submitted for evaluation and approved by the Jagiellonian University Bioethical Committee, Cracow, Poland (1072.6120.254.2022). The research was conducted in accordance with the allowed criteria throughout the subsequent phases.

Study Group

In May 2022, an evaluation of the findings from 75 consecutive patients who underwent computed tomography angiography (CTA) studies of the abdomen and pelvis at the Radiology

Department of Jagiellonian University Medical College in Cracow, Poland, was performed. Each CTA was evaluated bilaterally; therefore, a total of 150 sides were initially evaluated. The exclusion criteria were defined as trauma to the abdominal or pelvic region that could impact the structure or dimensions of the ObA or its nearby anatomy; substantial artifacts hindering the accurate imaging and measurement of the ObA or its adjacent anatomical region; poor-quality and unreadable images; and significant lack of filling of the whole arterial system with contrast material. If any of the mentioned defects only impacted half of the CTA without affecting the opposite side, the assessment of the other ObA was conducted independently. Most ($n = 10$) of the excluded sides were not analyzed owing to significant artifacts. Another two were disqualified to ensure bias prevention, given that their images were of poor quality. Finally, a total of 138 sides met the inclusion criteria.

Results Acquisition

All included CTAs were performed on a 128-slice scanner (Philips Ingenuity CT, Philips Healthcare). The main CT imaging parameters were collimation/increase: 0.625/0.3 mm; tube current: 120 mAs; field of view: 210 mm; matrix size: 512×512.

All patients received intravenous administration of contrast material at a dose of 1 ml/kg (standard dose). A non-ionic contrast medium (CM) containing 350 mg of iodine per milliliter was used (Jowersol 741 mg/ml, Optiray®, Guerbet, France). The acquisition of CT data was initiated using a real-time bolus tracking technique (Philips Healthcare), with the region of interest (ROI) placed in the descending aorta. CM was injected intravenously using a power injector at a flow rate of 5 ml/s. This was immediately followed by injecting 40 ml of saline solution at the same flow rate. Following injection of CM and saline, image acquisition was automatically started with a 2-s delay when the attenuation trigger value reached a threshold of 120 Hounsfield units (HU). Scanning was performed in the caudocranial direction.

The CTAs were analyzed on a dedicated workstation in the Anatomical Department of Jagiellonian University Medical College, Cracow, Poland. To ensure the highest possible quality of the visualizations and measurements and to minimize potential bias, Materialise Mimics Medical version 21.0 software (Materialise NV, Leuven, Belgium) was used. Three-dimensional (3D) reconstructions of each scan were developed, employing a set of settings, adjusted to each scan.

Evaluation and Measurements

At the beginning of every examination, each ObA was completely visualized. Following that, a series of measurements in each ObA were taken by two separate authors, and an average was established by considering both sets of results. All measurements were rounded to two decimal places.

Cohen's kappa coefficient analysis of the results of the two raters was performed. Only the results with a score of 0.90 and higher were included in the final analysis. Morphometric features of the ObA and its associated anatomical area were gathered in 30 categories:

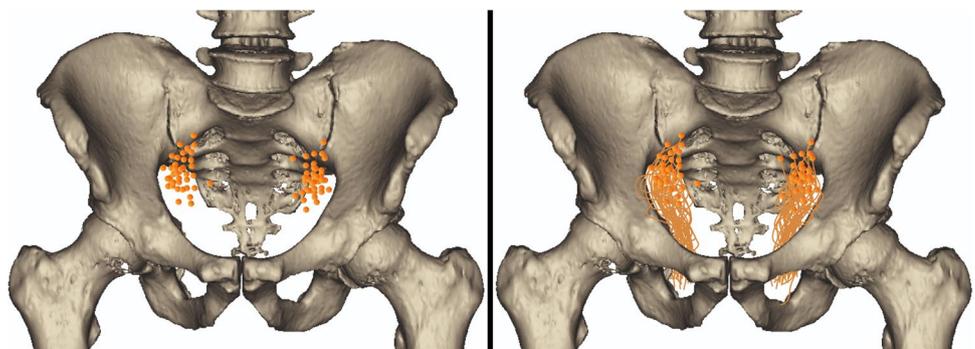
1. ObA diameter at its origin (with division into ObA originating from the anterior trunk of the internal iliac artery/posterior trunk of the internal iliac artery and aberrant ObA)
2. ObA cross-sectional area at its origin (with division into ObA originating from the anterior trunk of the internal iliac artery/posterior trunk of the internal iliac artery and aberrant ObA)
3. ObA angle at its origin
4. Diameter of the anterior trunk of the internal iliac artery/posterior trunk of the internal iliac artery near the origin of the ObA
5. Cross-sectional area of the anterior trunk of the internal iliac artery/posterior trunk of the internal iliac artery near the origin of the ObA
6. Distance from the origin of the anterior trunk of the internal iliac artery/posterior trunk of the internal iliac artery to the origin of the ObA
7. Distance from the ObA to the middle anorectal artery
8. Distance from the ObA to the superior vesical artery
9. Distance from the ObA to the uterine artery
10. Distance from the ObA to the inferior vesical artery/vaginal artery
11. Distance from the ObA to the inferior gluteal artery
12. Distance from the ObA to the internal pudendal artery
13. Distance from the origin of the ObA to the origin of the pubic branch
14. Diameter of the pubic branch at its origin
15. Cross-sectional area of the pubic branch at its origin
16. Distance from the origin of the ObA to the origin of the first iliac branch
17. Diameter of the first iliac branch at its origin
18. Cross-sectional area of the first iliac branch at its origin
19. Distance from the origin of the ObA to the origin of the first vesical branch
20. Diameter of the first vesical branch at its origin
21. Cross-sectional area of the first vesical branch at its origin
22. Distance from the origin of the ObA to the origin of the acetabular branch
23. Diameter of the acetabular branch at its origin
24. Cross-sectional area of the acetabular branch at its origin
25. Distance from the origin of the ObA to the origin of the anterior branch
26. Diameter of the anterior branch at its origin
27. Cross-sectional area of the anterior branch at its origin
28. Distance from the origin of the ObA to the origin of the posterior branch
29. Diameter of the posterior branch at its origin
30. Cross-sectional area of the posterior branch at its origin

Nevertheless, after initial statistical evaluation, the distances from the superior vesical artery and the inferior vesical artery/vaginal artery to the uterine artery (8; 10) were excluded from the analyses owing to significant heterogeneity of the results and bias prevention. Furthermore, for the same reason, parameters regarding the first iliac branch, first vesical branch, and acetabular branch (16–24) were also excluded.

Furthermore, in cases in which the corona mortis occurred, an additional set of parameters was gathered: distance from the origin of the corona mortis to the pubic symphysis; and distance from the corona mortis to the superior pubic ramus.

Subsequently, a set of measurements was taken to establish an anatomical map of the occurrence of the origin of the ObA. Using these measurements, a uniform anatomical triangle was defined. Furthermore, the shortest distances from the origins of each ObA to the sides of the triangle were determined. All measurements were taken at a fixed angle to minimize potential bias. Furthermore, the points of origin of each ObA were scaled and applied to the map with respect to the enrolled measurements. A map of the origin of the ObA from the anterior point of view is presented in Fig. 1. The anatomical area of the ObA is presented in Fig. 2.

Fig. 1 Anatomical map presenting the occurrence of the origin of the obturator artery and its course



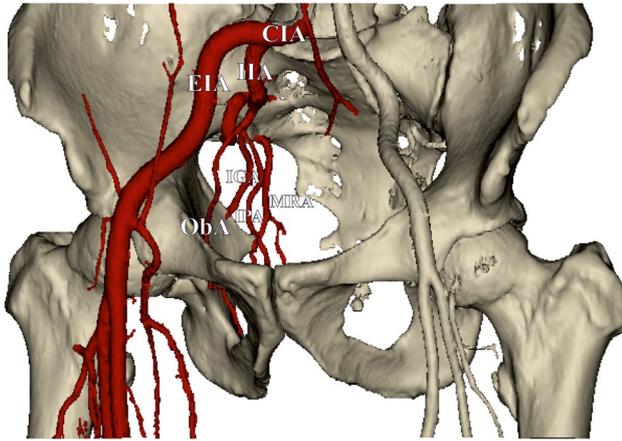


Fig. 2 Three-dimensional, computed tomography angiography of the studied area. Some of the arteries were removed in order to provide better visibility. *ObA* obturator artery, *CIA* common iliac artery, *EIA* external iliac artery, *IIA* internal iliac artery, *IGA* inferior gluteal artery, *MRA* middle rectal artery, *IPA* internal pudendal artery

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using STATISTICA v13.1 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). The frequency and percentages presented qualitative features. The Shapiro–Wilk test was used to assess the normal distribution. Quantitative characteristics were presented by medians and upper and lower quartiles (UQ, LQ), as well as means and standard deviation (SD), depending on the verified normality of the data. Statistical significance was defined as $p \leq 0.05$. The Mann–Whitney test was used to establish potential differences between groups. The Spearman rank correlation coefficient was used to determine possible correlations between the parameters.

Results

The presented results are based on a total of 138 sides. The mean age of the patients was 51.8 years (SD = 14.9; minimum = 22.0; maximum = 86.0). All further data refer to the number of sides instead of the number of patients. Seventy-nine (57.2%) of the studied arteries were in women. Mostly, ObA originated from the anterior trunk of the internal iliac artery (79 out of 138; 57.2%). Those and more detailed characteristics of the studied group are gathered in Table 1.

The median ObA diameter at its origin was found to be 3.34 mm (LQ = 3.00; UQ = 3.87). The median cross-sectional area of the ObA at its origin was found to be 6.31 mm² (LQ = 5.43; UQ = 7.32). Furthermore, the median aberrant ObA diameter was 3.01 mm (LQ = 2.73; UQ = 3.29), whereas its median cross-sectional area was 5.10 mm² (LQ = 4.07; UQ = 6.25). The differences in the

Table 1 Qualitative results of the data analysis

Category	<i>n</i>	Percentage
Patients' sex		
Female	79	57.2%
Male	59	42.8%
Patients' side		
Right	67	48.6%
Left	71	51.4%
Origin of the obturator artery		
ATIIA	79	57.2%
PTIIA	33	23.9%
External iliac system (EIA and IEA)	26	18.8%
- IEA	23	16.7%/88.5% ^a
- EIA	3	2.2%/11.5% ^a

ATIIA anterior trunk of the internal iliac artery, *PTIIA* posterior trunk of the internal iliac artery, *IEA* inferior epigastric artery, *EIA* external iliac artery

^aThe first percentage refers to the total number of ObA, whereas the second percentage refers to the number of ObAs originating from the external iliac system

above-mentioned parameters between “normal” and aberrant ObAs were found to be statistically significant ($p = 0.00$ in both categories).

The median angle of departure of the ObA was found to be 134.11° (LQ = 122.46; UQ = 144.44). Moreover, the median diameter of the anterior trunk of the internal iliac artery at the origin of the ObA was found to be 6.40 (LQ = 5.88; UQ = 7.30). The median distance from the ObA to the middle anorectal artery was set to be 33.77 mm (LQ = 27.63; UQ = 40.24). Furthermore, the median distance from the ObA to the uterine artery was found to be 13.40 mm (LQ = 9.86; UQ = 17.15), whereas the inferior gluteal artery and internal pudendal artery were found to be 44.73 mm (LQ = 38.46; UQ = 50.36) and 16.98 mm (LQ = 9.23; UQ = 25.81) respectively. The median distance from the origin of the ObA to the origin of the pubic branch was found to be 105.19 mm (LQ = 95.34; UQ = 110.88). Detailed results of the analyzed categories are presented in Table 2.

Subsequently, potential sexual dimorphism was analyzed. Statistically significant differences between men and women were found to occur in 15 of the studied categories. The median ObA diameter at its origin in women was found to be 3.23 mm (LQ = 2.89; UQ = 3.56), whereas in males, it was set to be 3.68 mm (LQ = 3.15; UQ = 4.30). Median ObA cross-sectional area at its origin in women was found to be 5.67 mm² (LQ = 5.13; UQ = 6.75), whereas in men it was set to be 6.95 mm² (LQ = 6.25; UQ = 7.60). Detailed results with respect to the patient's sex can be found in Table 3. Furthermore, each parameter was analyzed in order to find potential differences between the patients' sides. Nevertheless, none

Table 2 Results of the measurements

Category	Median	LQ	UQ	Minimum	Maximum	Mean	SD
ObA diameter at its origin (mm)	3.34	3.00	3.87	2.01	4.87	3.44	0.64
ObA cross-sectional area at its origin (mm ²)	6.31	5.43	7.32	3.68	8.94	6.33	1.18
ObA angle at its origin (°)	134.11	122.46	144.44	100.84	157.34	133.40	14.30
Aberrant ObA diameter at its origin (mm)	3.01	2.73	3.29	1.86	3.98	3.01	0.49
Aberrant ObA cross-sectional area at its origin (mm ²)	5.10	4.07	6.25	2.15	8.34	5.21	1.61
Diameter of the ATIIA/PTIIA near the origin of the ObA (mm)	6.43	5.89	7.40	4.77	8.94	6.63	0.97
ATIIA	6.40	5.88	7.30	4.77	8.94	6.59	0.99
PTIIA	6.60	6.21	7.46	5.00	8.64	6.73	0.94
Cross-sectional area of the ATIIA/PTIIA near the origin of the ObA (mm ²)	23.71	19.81	28.02	13.43	38.65	24.20	5.82
ATIIA	24.51	19.58	28.63	13.43	38.65	24.68	6.15
PTIIA	22.97	20.04	25.76	15.54	36.69	23.08	4.85
Distance from the origin of the ATIIA/PTIIA to the origin of the ObA (mm)	17.98	13.64	24.36	3.44	35.45	18.49	6.52
ATIIA	19.23	14.44	24.27	7.40	28.38	18.90	6.04
PTIIA	16.23	11.50	24.74	3.44	35.45	17.55	7.53
Distance from the ObA to the MRA (mm)	33.77	27.63	40.24	18.49	50.42	34.20	7.85
Distance from the ObA to the UA (mm)	13.40	9.86	17.15	3.79	24.18	13.34	4.87
Distance from the ObA to the IGA (mm)	44.73	38.46	50.36	25.17	60.72	44.49	7.81
Distance from the ObA to the IPA (mm)	16.98	9.23	25.81	3.23	84.78	19.97	14.14
Distance from the origin of the ObA to the origin of the pubic branch (mm)	105.19	95.34	110.88	90.15	118.20	104.06	9.87
Diameter of the pubic branch at its origin (mm)	2.19	2.00	2.49	1.89	2.72	2.26	0.27
Cross-sectional area of the pubic branch at its origin (mm ²)	2.39	2.23	3.77	2.11	4.77	2.85	0.94
Distance from the origin of the ObA to the origin of the anterior branch (mm)	98.48	93.53	105.07	82.46	118.65	99.45	8.97
Diameter of the anterior branch at its origin (mm)	2.46	2.16	2.74	2.00	3.42	2.49	0.35
Cross-sectional area of the anterior branch at its origin (mm ²)	2.77	2.58	2.96	1.12	3.51	2.74	0.33
Distance from the origin of the ObA to the origin of the posterior branch (mm)	97.67	93.09	104.35	82.46	118.65	99.10	8.97
Diameter of the posterior branch at its origin (mm)	2.19	1.99	2.32	1.70	2.75	2.17	0.22
Cross-sectional area of the posterior branch at its origin (mm ²)	2.45	2.25	2.67	2.00	3.53	2.49	0.31

LQ lower quartile, *UQ* upper quartile, *SD* standard deviation, *ObA* obturator artery, *ATIIA* anterior trunk of the internal iliac artery, *PTIIA* posterior trunk of the internal iliac artery, *MRA* middle rectal artery, *UA* uterine artery, *IGA* inferior gluteal artery, *IPA* internal pudendal artery

of the parameters were found to differ statistically significantly in relation to the studied side.

Furthermore, potential correlations between patients' age and studied parameters were established. Statistically significant correlations were found between patients' age and the diameter of the anterior branch at its origin and the cross-sectional area of the posterior branch at its origin. Detailed results of the correlation analysis can be found in Table 4.

Corona mortis was found to occur in 21.74% of the cases (30 out of 138). The median from the origin of the corona mortis to the pubic symphysis was found to be 62.69 mm (LQ = 58.05; UQ = 67.55). The median from the corona mortis (at the level of the superior pubic ramus) to the pubic symphysis was set to be 48.69 mm (LQ = 44.63; UQ = 56.11). Additionally, a statistically significant difference between men and women has been established in this category ($p = 0.00$). More detailed statistics regarding the corona mortis can be found in Table 5.

Discussion

In 1918, Lipshutz stated that "Probably no artery in the human body of proportionate size has so voluminous a literature as the obturator artery" [3]. This statement remains valid even in current times, as various original studies, systematic reviews, and meta-analyses on the anatomy of the ObA have been published in the literature and are continuously being published, showcasing new insights into this subject [5, 7, 8]. The origin of the ObA is remarkably variable, with some studies reporting a rate of variant ObA as high as 26% [8]. Owing to this variability, classification systems aiming to standardize the anatomy of the ObA have been created, with the one presented by Sañudo et al. [9] being the most well known. The said classification system consists of six different types. In type A, the ObA arises from the anterior trunk of the internal iliac artery, whereas in type B, it originates from the inferior epigastric artery. These two variations are those most commonly encountered. Type C involves

Table 3 Results of the measurements concerning the sex

Category	Sex	Median	LQ	UQ	Minimum	Maximum	Mean	SD	<i>p</i> value
ObA diameter at its origin (mm)	Women	3.23	2.89	3.56	2.01	4.43	3.24	0.52	0.00
	Men	3.68	3.15	4.30	2.21	4.87	3.69	0.70	
ObA cross-sectional area at its origin (mm ²)	Women	5.67	5.13	6.75	4.00	8.94	5.96	1.10	0.00
	Men	6.95	6.25	7.60	3.68	8.84	6.81	1.12	
ObA angle at its origin (°)	Women	136.60	125.49	145.31	100.84	155.20	134.21	14.62	0.45
	Men	133.39	119.83	143.76	103.56	157.34	132.35	13.95	
Aberrant ObA diameter at its origin (mm)	Women	2.98	2.72	3.17	1.86	3.98	2.93	0.51	0.35
	Men	3.13	2.82	3.48	2.39	3.84	3.14	0.46	
Aberrant ObA cross-sectional area at its origin (mm ²)	Women	4.61	3.84	5.84	2.15	7.91	4.90	1.56	0.22
	Men	5.21	4.61	6.61	3.14	8.34	5.68	1.63	
Diameter of the ATIIA/PTIIA near the origin of the ObA (mm)	Women	6.24	5.69	6.50	4.77	7.69	6.17	0.73	0.00
	Men	7.27	6.55	7.82	4.90	8.94	7.23	0.93	
ATIIA	Women	6.00	5.62	6.39	4.77	7.60	6.01	0.61	0.00
	Men	7.30	6.65	7.88	4.90	8.94	7.25	0.94	
PTIIA	Women	6.36	5.77	7.29	5.00	7.69	6.48	0.84	0.04
	Men	7.23	6.44	7.74	5.29	8.64	7.17	0.96	
Cross-sectional area of the ATIIA/PTIIA near the origin of the ObA (mm ²)	Women	20.87	18.00	24.42	14.58	29.46	21.32	4.01	0.00
	Men	28.15	23.94	31.74	13.43	38.65	27.92	5.71	
ATIIA	Women	20.53	18.11	25.47	14.58	28.63	21.31	4.08	0.00
	Men	28.77	24.62	32.90	13.43	38.65	28.52	5.89	
PTIIA	Women	21.10	17.42	23.59	15.54	29.46	21.34	3.96	0.01
	Men	25.69	22.36	29.33	20.04	36.69	26.13	4.90	
Distance from the origin of the ATIIA/PTIIA to the origin of the ObA (mm)	Women	16.89	13.64	21.02	3.44	35.45	17.31	6.20	0.02
	Men	21.10	13.55	26.03	5.26	28.38	20.03	6.65	
ATIIA	Women	17.32	14.44	22.11	7.40	28.37	17.84	5.73	0.07
	Men	20.29	14.30	25.84	9.34	28.38	20.10	6.23	
PTIIA	Women	14.88	13.22	18.01	3.44	35.45	16.26	7.06	0.20
	Men	23.59	11.44	26.46	5.26	28.10	19.82	8.10	
Distance from the ObA to the MRA (mm)	Women	35.50	29.99	41.19	18.49	50.42	35.26	8.05	0.11
	Men	31.04	26.86	39.41	20.42	49.30	32.92	7.49	
Distance from the ObA to the IGA (mm)	Women	44.62	38.62	50.65	25.17	60.72	44.94	8.15	0.62
	Men	45.00	37.41	50.01	30.23	56.37	43.91	7.38	
Distance from the ObA to the IPA (mm)	Women	18.10	13.15	31.38	5.87	84.78	23.84	15.76	0.00
	Men	13.30	7.08	19.14	3.23	40.42	14.96	9.81	
Distance from the origin of the ObA to the origin of the pubic branch (mm)	Women	108.52	100.69	116.09	95.34	118.20	107.89	8.89	0.17
	Men	97.40	90.36	106.29	90.15	108.34	98.32	9.35	
Diameter of the pubic branch at its origin (mm)	Women	2.45	2.20	2.55	2.00	2.72	2.40	0.26	0.07
	Men	2.06	1.95	2.15	1.89	2.18	2.05	0.13	
Cross-sectional area of the pubic branch at its origin (mm ²)	Women	3.12	2.44	3.90	2.23	4.77	3.27	1.03	0.04
	Men	2.22	2.12	2.33	2.11	2.34	2.22	0.12	
Distance from the origin of the ObA to the origin of the anterior branch (mm)	Women	104.08	98.83	111.06	82.46	118.65	103.87	9.65	0.00
	Men	95.20	90.47	99.36	83.28	107.04	95.52	6.14	
Diameter of the anterior branch at its origin (mm)	Women	2.16	2.12	2.31	2.00	2.67	2.22	0.16	0.00
	Men	2.70	2.51	2.93	2.05	3.42	2.74	0.29	
Cross-sectional area of the anterior branch at its origin (mm ²)	Women	2.64	2.44	2.78	2.22	3.12	2.63	0.24	0.00
	Men	2.88	2.73	3.01	1.12	3.51	2.84	0.37	

Table 3 (Continued)

Category	Sex	Median	LQ	UQ	Minimum	Maximum	Mean	SD	<i>p</i> value
Distance from the origin of the ObA to the origin of the posterior branch (mm)	Women	104.08	98.83	112.43	82.46	118.65	104.08	9.85	0.00
	Men	94.70	90.47	98.09	83.28	106.88	95.11	5.72	
Diameter of the posterior branch at its origin (mm)	Women	2.20	2.01	2.33	1.70	2.75	2.17	0.23	0.83
	Men	2.18	1.98	2.32	1.78	2.51	2.16	0.21	
Cross-sectional area of the posterior branch at its origin (mm ²)	Women	2.45	2.35	2.68	2.00	3.13	2.50	0.28	0.57
	Men	2.42	2.22	2.63	2.00	3.53	2.47	0.33	

LQ lower quartile, *HQ* higher quartile, *SD* standard deviation, *ObA* obturator artery, *ATIIA* anterior trunk of the internal iliac artery, *PTIIA* posterior trunk of the internal iliac artery, *MRA* middle rectal artery, *UA* uterine artery, *IGA* inferior gluteal artery, *IPA* internal pudendal artery

p values were established using the Mann–Whitney *U* test

p values greater than 0.05 were considered statistically significant

the ObA originating from the posterior trunk of the internal iliac artery, whereas type D entails the ObA arising from the internal iliac artery prior to its division. The rarest cases fall under type E, where the artery originates from the external iliac artery, and type F, where it arises from the femoral artery. On the basis of this classification, Brachini et al. [7] conducted a systematic review and meta-analysis showcasing the prevalences of ObA variants based on the available data in the literature. The study demonstrated that the most frequent origin of the ObA is from the anterior trunk of the internal iliac artery (61.6%), as described in the major anatomical textbooks. Interestingly, origins such as from the internal pudendal artery (0.9%), the inferior vesical artery (0.1%), and the iliolumbar artery (1%) were also demonstrated, whereas the origin from the femoral artery was never recorded, other than the case reported by Sañudo et al. [9]. Overall, the prevalence of the ObA originating from the internal iliac artery, including its subsequent continuation into anterior and posterior trunks and their branches, was 77.7%, and from the external iliac artery, 22.3%. When the ObA originated from the external iliac artery, also defined as an aberrant ObA [10], the prevalence was divided into two subgroups, namely Sañudo type B (origin from the inferior epigastric artery), being 16.5%, and Sañudo type E (origin from the external iliac artery), being 5.6%. In the present study, our results show that the ObA originated most frequently from the anterior trunk of the internal iliac artery (55.8%), followed by the posterior trunk of the internal iliac artery (23.9%). Interestingly, aberrant ObAs, meaning those originating from the external iliac system, were found in 18.8% of the patients. Among the aberrant ObAs, most originated from the inferior epigastric artery (16.7%) and a small portion directly from the external iliac artery (2.2%). Moreover, our study analyzed the morphometric properties of the analyzed ObAs, and the results of the “normal” ObAs and the aberrant ObAs were compared statistically. A statistically significant difference ($p < 0.05$) was found, and the mean diameter was found to be smaller in the aberrant ObAs (3.01 mm) than in the ObAs originating from the internal iliac artery (3.44 mm).

The vast number of definitions of corona mortis has created discrepancies in the data of studies analyzing this anastomosis

[5]. Communicating vessels that course near the superior pubic ramus have been described in different ways, such as aberrant, anomalous, communicating, or variant vessels. Moreover, they are sometimes called pubic branches of the obturator or inferior epigastric vessels [11]. However, it is crucial to note that not all of these vessels establish an anastomosis between the ObA and the external iliac system, and as a result, not all of them can be classified as corona mortis vessels. Therefore, in the present study, we followed the definition used in the meta-analysis conducted by Sanna et al. [5]; namely, that corona mortis is an abnormal anastomosis between the ObA and external iliac or inferior epigastric arteries or veins located behind the superior pubic ramus in the space of Retzius. This excludes aberrant ObA, as they represent ObAs that originate from the external iliac/inferior epigastric arteries but do not form anastomotic channels with the internal iliac system. Corona mortis has also been used to describe venous anastomoses in the retropubic space [5]. The overall prevalence of this anatomical entity, as well as its relationship to other anatomical landmarks, such as the pubic symphysis, have been widely discussed in the past. In the meta-analysis conducted by Sanna et al. [5], corona mortis was found to be present in nearly half of the general population (49.3%), with venous corona mortis (41.7%) being more commonly encountered than arterial corona mortis (17.0%). Moreover, they reported the pooled mean length of the distance from the arterial corona mortis to the pubic symphysis to be 59.90 mm. In our analysis, the corona mortis was found in approximately a quarter of the studied individuals (21.74%). Moreover, the mean distance from the origin of the corona mortis to the pubic symphysis was slightly higher than what was reported by the aforementioned meta-analysis; namely, 62.21 mm. These data can be especially useful in hernia repairs and other surgeries in the pubic region, as laceration of this anastomotic channel may lead to potentially life-threatening hemorrhage.

Owing to the clinical relevance of the ObA and corona mortis, having adequate knowledge about the topography of these anatomical entities is extremely important. Therefore, our study created a novel arterial anatomical map of the ObA, illustrating

Table 4 Correlations between the measured parameters and patients' age

Category	Spearman's <i>R</i> (patients' age)
ObA diameter at its origin (mm)	0.00
ObA cross-sectional area at its origin (mm ²)	0.04
ObA angle at its origin (°)	0.11
Aberrant ObA diameter at its origin (mm)	-0.22
Aberrant ObA cross-sectional area at its origin (mm ²)	-0.34
Diameter of the ATIIA/PTIIA near the origin of the ObA (mm)	-0.05
ATIIA	-0.06
PTIIA	0.07
Cross-sectional area of the ATIIA/PTIIA near the origin of the ObA (mm ²)	0.09
ATIIA	0.02
PTIIA	0.29
Distance from the origin of the ATIIA/PTIIA to the origin of the ObA (mm)	-0.09
ATIIA	-0.12
PTIIA	0.04
Distance from the ObA to the MRA (mm)	-0.05
Distance from the ObA to the UA (mm)	-0.07
Distance from the ObA to the IGA (mm)	-0.03
Distance from the ObA to the IPA (mm)	0.17
Distance from the origin of the ObA to the origin of the pubic branch (mm)	-0.37
Diameter of the pubic branch at its origin (mm)	0.49
Cross-sectional area of the pubic branch at its origin (mm ²)	0.62
Distance from the origin of the ObA to the origin of the anterior branch (mm)	0.10
Diameter of the anterior branch at its origin (mm)	0.25*
Cross-sectional area of the anterior branch at its origin (mm ²)	0.10
Distance from the origin of the ObA to the origin of the posterior branch (mm)	0.13
Diameter of the posterior branch at its origin (mm)	-0.14
Cross-sectional area of the posterior branch at its origin (mm ²)	-0.25*

R Spearman's correlation test was used in this statistical analysis

ObA obturator artery, *ATIIA* anterior trunk of the internal iliac artery, *PTIIA* posterior trunk of the internal iliac artery, *MRA* middle rectal artery, *UA* uterine artery, *IGA* inferior gluteal artery, *IPA* internal pudendal Artery

**p* value was less than 0.05

the location of its origin and course (Fig. 1). Moreover, we provided tools for simple intraoperative localization of the corona mortis using easily palpable landmarks, such as the pubic symphysis (Table 5). Our results may be immensely useful for surgeons performing various gynecological, orthopedic, urological, vascular, and oncological surgeries. During paravaginal repairs, great caution should be taken when dealing with damage to the tendinous arch of the pelvic fascia, as it is closely associated with the corona mortis [5]. Moreover, the presence of vascular variations of the ObA, such as an aberrant ObA and corona mortis, may be a risk factor for significant hemorrhagic complications during fractures of the pubic rami [12, 13]. Importantly, various studies have reported that variations originating from the vascular anatomy of the external iliac, inferior epigastric, or femoral vessels should be acknowledged to avoid severe bleeding during surgical repairs of inguinal and femoral hernias [5, 14]. Given

the variable origin, morphometric properties, and topography of the ObA and the potential presence of the corona mortis, it is crucial to perform radiological imaging before the aforementioned surgeries to illustrate and plan the surgical approach adequately.

The present study undoubtedly has several limitations. Some of the parameters that were initially included in the study protocol were excluded owing to potential bias in the results. Nevertheless, those parameters should also be considered and analyzed in further studies, as there is a lack of studies demonstrating the branching pattern of the ObA. Moreover, radiological imaging can only assess arteries that are hemodynamically efficient. Consequently, this is a significant source of bias when evaluating anatomical variations of the ObA and other vascular entities. All participants were white and from the Polish population; therefore, an ethnic analysis was not performed. Furthermore, owing

Table 5 Statistical results of the measurements regarding the corona mortis (30 out of 138; 21.74%)

Category	Median	LQ	UQ	Minimum	Maximum	Mean	SD	<i>p</i> value
Distance from the origin of the corona mortis to the pubic symphysis (mm)	62.69	58.05	67.55	50.51	70.67	62.21	5.83	–
Women	64.55	59.10	67.50	53.41	70.67	62.92	5.08	0.57
Men	60.83	55.29	68.24	50.51	69.71	61.10	6.96	
Left	62.10	57.84	66.85	50.51	70.67	61.93	5.71	0.56
Right	63.12	58.63	68.34	51.78	69.71	62.58	6.23	
Distance from the corona mortis (at the level of the superior pubic ramus) to the pubic symphysis (mm)	48.69	44.63	56.11	35.76	70.06	50.63	7.84	–
Women	54.54	48.70	58.75	46.03	70.06	55.01	6.62	0.00
Men	44.23	42.53	46.30	35.76	50.02	43.86	3.60	
Left	47.87	44.26	55.51	35.76	62.38	49.36	7.46	0.42
Right	50.61	46.17	57.25	42.67	70.06	52.32	8.34	

LQ lower quartile, *UQ* upper quartile, *SD* standard deviation

p values were established using Mann–Whitney *U* test

p values greater than 0.05 were considered statistically significant

to the lack of data, statistical analysis regarding the patients' height was not conducted. The authors believe that such analyses should be performed in further studies. Although not without its limitations, the present study attempted to establish detailed morphological and anatomical data on the ObA, meeting the requirements of evidence-based anatomy.

Conclusion

Our study developed a unique arterial anatomical map of the ObA, showcasing its origin and course. Moreover, we provided more data for straightforward intraoperative identification of the corona mortis through simple anatomical landmarks, including the pubic symphysis. The most common origin of the ObA was from the anterior trunk of the internal iliac artery (57.2%), and the prevalence of the corona mortis was found to be 21.74%. Interestingly, a statistically significant difference ($p < 0.05$) between the morphometric properties of the aberrant ObAs and the "normal" ObAs originating from the internal iliac artery was found. It is hoped that our study may aid in reducing the risk of serious hemorrhagic complications during various surgical procedures in the pelvic region.

Authors' Contributions M.K.-W.: data collection, measurements, statistical analysis, writing, figures, tables, literature; P.O.: writing, literature; A.D.C.Y.: data collection, measurements, writing; M.D.: writing, figures, tables; M.B.: statistical analysis, writing; W.W.: data collection, measurements; J.W.: writing, literature, tables; M.K.: data collection, statistical analysis, writing.

Funding The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Data and Code Availability Statement The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, upon reasonable request.

Declarations

Bioethical Committee The research protocol was submitted for evaluation and approved by the Jagiellonian University Bioethical Committee, Kraków, Poland (1072.6120.254.2022). The research was conducted in accordance with the permitted criteria throughout the subsequent phases.

Conflicts of Interest None.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

- Moore KL, Dalley AF, Agur A. Clinically oriented anatomy (8th ed.). 2017. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M. Bergman's comprehensive encyclopedia of human anatomic variation. New York: Wiley; 2016.
- Lipshutz B. A composite study of the hypogastric artery and its branches. *Ann Surg.* 1918;67:584–608. <https://doi.org/10.1097/0000658-191805000-00012>.
- Kostov S, Slavchev S, Dzhenev D, et al. Corona mortis, aberrant obturator vessels, accessory obturator vessels: clinical applications

- in gynaecology. *Folia Morphol (Warsz)*. 2021;80:776–85. <https://doi.org/10.5603/FM.a2020.0110>.
5. Sanna B, Henry BM, Vikse J, et al. The prevalence and morphology of the corona mortis (crown of death): a meta-analysis with implications in abdominal wall and pelvic surgery. *Injury*. 2018;49:302–8. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.12.007>.
 6. O'Dey DM, Bozkurt A, Pallua N. The anterior obturator artery perforator (aOAP) flap: surgical anatomy and application of a method for vulvar reconstruction. *Gynecol Oncol*. 2010;119:526–30. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2010.08.033>.
 7. Brachini G, Matteucci M, Sapienza P, et al. Systematic review and meta-analysis of the variants of the obturator artery. *J Clin Med*. 2023;12:4932. <https://doi.org/10.3390/jcm12154932>.
 8. Marvanova Z, Kachlik D. The anatomical variability of obturator vessels: systematic review of literature. *Ann Anat*. 2024;251:152167. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2023.152167>.
 9. Sañudo JR, Mirapeix R, Rodriguez-Niedenführ M, et al. Obturator artery revisited. *Int Urogynecol J*. 2011;22:1313–8. <https://doi.org/10.1007/s00192-011-1467-3>.
 10. Granite G, Meshida K, Wind G. Frequency and clinical review of the aberrant obturator artery: a cadaveric study. *Diagnostics*. 2020;10:546. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10080546>.
 11. Drewes PG, Marinis SI, Schaffer JI, et al. Vascular anatomy over the superior pubic rami in female cadavers. *Am J Obstet Gynecol*. 2005;193:2165–8. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2005.07.033>.
 12. Garrido-Gómez J, Pena-Rodríguez C, Martín-Noguerol T, Hernández-Cortes P. Corona mortis artery avulsion due to a stable pubic ramus fracture. *Orthopedics*. 2012;35:e80–2. <https://doi.org/10.3928/01477447-20111122-25>.
 13. Du M, Wang A, Shi X, et al. Safety precautions for the corona mortis using minimally invasive ilioinguinal approach in treatment of anterior pelvic ring fracture. *Orthop Surg*. 2020;12:957–63. <https://doi.org/10.1111/os.12679>.
 14. Ramser M, Messmer AS, Zbinden I, et al. Incarcerated obturator hernia—laparoscopic repair with intraoperative view of the corona mortis. *J Surg Case Rep*. 2014;2014:rju081. <https://doi.org/10.1093/jscr/rju081>.

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

5. Artykuł nr 3

***The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive
review***

**Monika Konarska-Włosińska, Ameen Nasser, Patryk Ostrowski, Michał Bonczar, Kajetan
Ochwat, Jerzy Walocha, Mateusz Koziej**

Folia Morphologica

2024

This is a provisional PDF only. Copyedited and fully formatted version will be made available soon.



ISSN: 0015-5659

e-ISSN: 1644-3284

The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review

Authors: Monika Konarska-Włosińska, Ameen Nasser, Patryk Ostrowski, Michał Bonczar, Kajetan Ochwat, Jerzy Walocha, Mateusz Koziej

DOI: 10.5603/fm.101167

Article type: Review article

Submitted: 2024-06-14

Accepted: 2024-07-23

Published online: 2024-08-08

This article has been peer reviewed and published immediately upon acceptance. It is an open access article, which means that it can be downloaded, printed, and distributed freely, provided the work is properly cited.

Articles in "Folia Morphologica" are listed in PubMed.

REVIEW ARTICLE

Monika Konarska-Włosińska et al., The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review

The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review

Monika Konarska-Włosińska¹, Ameen Nasser^{1, 2}, Patryk Ostrowski^{1, 2}, Michał Bonczar^{1, 2}, Kajetan Ochwat^{1,2}, Jerzy Walocha^{1,2}, Mateusz Koziej^{1,2}

¹*Department of Anatomy, Jagiellonian University Medical College Cracow, Poland*

²*Youthoria, Youth Research Organization, Kraków, Poland*

Address for correspondence: Mateusz Koziej, Department of Anatomy, Jagiellonian University Medical College, ul. Mikołaja Kopernika 12, 33-332 Kraków, Poland; e-mail: mateuszkoziej01@gmail.com

[Received: 14 June 2024; Accepted: 23 July 2024; Early publication date: xx August 2024]

ABSTRACT

The ovaries, resembling almonds in shape and size, are vital organs that serve as the female gonads where oocytes, or female gametes, undergo development and where various reproductive hormones are produced. The ovaries receive their arterial blood supply predominately from the ovarian artery but also from the ascending branches of the uterine artery. The arterial anatomy of the ovaries is highly significant in any gynecological surgical procedure, as hemorrhagic complications may be fatal. Therefore, the main objective of the present review is to comprehensively describe the complete anatomy of the arterial blood supply of the ovaries. The arterial blood supply to the ovaries is facilitated by a complex network of arteries, frequently characterized by diverse anastomoses. Notably, the ovarian artery and uterine artery exhibit significant variability, presenting challenges for physicians performing gynecological and endovascular procedures. This study showcased comprehensive and detailed insights into the arterial blood supply of the ovaries, serving as a valuable resource for practitioners navigating the complexities of these procedures. By offering clear and detailed information, the present study aimed to enhance the effectiveness and safety of medical interventions involving the ovaries.

Keywords: ovaries, gynecology, surgery, blood supply, anatomy

INTRODUCTION

The ovaries, resembling almonds in shape and size, are vital organs that serve as the female gonads where oocytes, or female gametes, undergo development and where various reproductive hormones

are produced. They are suspended in the mesovarium, a short peritoneal fold or mesentery, which is also a subdivision of the broad ligament of the uterus.

The ovaries receive their arterial blood supply predominately from the ovarian artery (OA) but also from the ascending branches of the uterine artery (UA) (Fig. 1, 2). The arterial anatomy of the ovaries is highly significant in any gynecological surgical procedure, as hemorrhagic complications may be fatal. Therefore, the main objective of this review is to comprehensively describe the complete anatomy of the arterial blood supply of the ovaries.

The anatomy of the ovaries

The ovaries are the primary reproductive organs in females. They are located in the ovarian fossa, in the lateral wall of the pelvis. In the fossa, the mesovarium, a portion of the broad ligament of the uterus, suspends the ovaries. Via the mesovarium, neurovascular structures, such as the OA, ovarian vein, and nerves originating from the ovarian and uterine (pelvic) plexuses enter the ovary at the hilum. This neurovascular bundle, along with lymphatic vessels, infiltrates the ovary while being enclosed in the suspensory ligament, which extends from the ovary to the wall of the pelvis. The ovaries are also connected to the lateral surface of the uterus via another ligament, namely, the ovarian ligament.

Histologically, the ovary consists of three main segments: the surface (1) comprises simple cuboidal epithelium, commonly called germinal epithelium, and a dense connective tissue capsule beneath this layer. Meanwhile, the cortex (2) consists of a connective tissue stroma and numerous ovarian follicles. Each follicle houses an oocyte enveloped by a single layer of follicular cells. In contrast, the medulla (3) is constituted by loose connective tissue and a well-developed neurovascular network entering through the hilum of the ovary.

The ovary has two main functions, namely, to produce oocytes in preparation for fertilization and to produce sex steroid hormones (progesterone and estrogen) via the signaling hormones secreted by the pituitary gland (luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone).

The arterial blood supply of the ovaries

The ovaries receive their arterial blood supply mainly from the OA and the ascending branch of the uterine artery. The OAs originate from the abdominal aorta, descending along the posterior abdominal wall. As they reach the pelvic brim, they traverse over the external iliac vessels and enter the suspensory ligaments, approaching the lateral regions of the ovaries and uterine tubes. Simultaneously, the ascending branches of the uterine arteries, deriving from the internal iliac arteries, course along the lateral aspects of the uterus and proceed toward the medial aspects of the ovaries and tubes. The termination of both the ovarian and ascending uterine arteries involves bifurcation into ovarian and tubal branches. This intricate vascular network supplies the ovaries and fallopian tubes from the opposite ends, forming an anastomosis, the utero-ovarian anastomosis, that establishes

collateral circulation. However, the general anatomy of the OAs may exhibit considerable variability in its origin, course, and more. Moreover, the overall prevalence and anatomical features of the utero-ovarian anastomosis can also be highly variable [31].

The distribution of the blood supply to the ovaries

The dominant source of arterial blood to the ovaries has been discussed in the past. Lippert and Pabst [24] stated that the ovaries are supplied predominantly by the OAs in 40% of the population, by the uterine artery in 4%, and by both vessels in 56%. The general pattern of the blood supply to the ovaries was also demonstrated by Mocquot and Rouvillois [29], with a classification system consisting of four subtypes. In Type I, there is an equal supply to the ovary as the ovarian and uterine arteries anastomose, distributing their branches evenly. Type II involves both arteries supplying the ovarian gland and establishing an anastomosis with each other. In Type III, the primary arterial supply comes from the UA, with a minor anastomosis with the OA. Type IV is characterized by the OA being the primary supplier to the ovarian gland, with a small anastomosis occurring either with the UA or its tubal branch. Types I and II were described as the most frequent types [3].

The anatomy of the ovarian artery

As mentioned earlier, the OAs arise from the aorta, inferior to the renal arteries, and descend laterally to the pelvis. At the pelvic brim, they cross the external iliac artery and veins and reach the ovaries through the ovarian suspensory ligament [47]. However, numerous other origins have been demonstrated in the literature. The OA may also originate from the renal, accessory renal, segmental renal, middle suprarenal, lumbar, iliolumbar, internal iliac, common iliac, and external iliac arteries [2, 19, 22, 23, 26, 28, 43, 44, 47]. The prevalence of variations of the origin is quite variable, ranging from 0% to even 22.6% of the cases [7, 11, 27, 32]. However, the most common variation is the OA originating from the renal artery, one of its branches, or the accessory renal artery [38]. This variability in the origin of the OA has been said to stem from the persistence of the lateral mesonephric arteries during embryological development [10].

As stated earlier, the aberrant origins of the OAs have been presented in the literature. An abnormally superior origin of the vessel was described by Rahmad et al. [39], where the left OA originated from the abdominal aorta superior to the level of the renal vessels. In the case report, the left OA gave rise to two branches, the suprarenal and inferior phrenic arteries. Therefore, the OA may not only exhibit variations in its origin, but also in its branching pattern.

Studies have also demonstrated the presence of double gonadal arteries, but unfortunately, without specifying if it was the testicular or OA [38]. On the other hand, a bilateral absence of the OAs was demonstrated in a female Tanzanian cadaver [17]. In that case, the ascending branches of the uterine artery were the main providers of blood to the ovaries.

The course of the OAs has been described extensively in the past. The high degree of tortuosity of the OAs has been hypothesized to stem from the compression and fixation of the OA by the angle formed

by the renal vein and adrenal vein along with the angle formed by the renal artery and the aorta, and the caudal end of the OA being fixed by the ovary [8, 15]. The elongation of the vessel between the two fixation points may induce tortuosity, with the slender diameter observed at the outset of the OA supporting this hypothesis. Its relationship to the abdominal venous vessels has been classified into three types in the literature. In Type 1, the left and right OAs arise from the anterolateral aspect of the abdominal aorta, situated inferior to the renal veins, and descend inferiorly - the right OA courses from the anterior side of the inferior vena cava. In Type 2, the right OA originates superiorly to the renal vein on the anterolateral aspect of the abdominal aorta, moving downward behind the inferior vena cava and in front of the right renal vein. Simultaneously, the left OA arises above the left renal vein, descending inferiorly and anteriorly to the left renal vein. In Type 3, the right OA emerges from the anterolateral aspect of the abdominal aorta, below the left renal vein, arching over the right renal vein. The left OA, originating below the left renal vein, descends inferiorly, arching over the left renal vein [32, 47]. It has been indicated that Type 1 is the most common variant, and Type 3 is the least common [32, 45]. Another reported variant describes ovarian arteries emerging below the renal veins, coursing posteriorly to the inferior vena cava, with the left OA originating above the renal vein and following a course along the posterolateral aspect of the left kidney [39, 45]. Nevertheless, the anatomy of the OA is variable across the whole spectrum of its characteristics, namely its origin, branching pattern, and course.

The utero-ovarian anastomosis

A dense collateral network provides the arterial blood supply of the female reproductive system, consisting of various arterial anastomoses. These anastomoses are divided into two main types, mainly ipsilateral and contralateral. One of the most clinically significant arterial anastomoses of the female reproductive system is the ipsilateral anastomoses between the ascending branch of the uterine artery and the OA [21]. The general characteristics of the utero-ovarian anastomosis have been discussed extensively throughout the last century [47]. In 1925, Dubreuil-Chambardel [9] documented five types of the utero-ovarian anastomosis: Type I consisted of a dominant OA supplying the uterine tube and extending to the body of the uterus, forming an anastomosis with the ipsilateral UA. Type II features anastomoses located between the ovary and uterus, unrelated to either organ. Type III involves anastomoses at the distal pole of the ovary, while Type IV has anastomoses at the midpoint of the ovary. In Type V, anastomoses occur at the tubular pole of the ovary, with a dominant OA supplying both the uterine tube and the ovary.

Later, Mocquot and Rouvillois [29] presented the classification system of the blood supply of the ovary mentioned earlier. This demonstrates that the anatomy of this arterial anastomosis has been a topic of interest for decades.

The prevalence of the utero-ovarian anastomosis varies considerably across the literature, ranging from 30.0% to even 58.0% [1, 13, 41]. A recent meta-analysis resolved the discrepancies regarding

this matter [33], demonstrating a pooled prevalence of 48.57%. This data demonstrates that this arterial anastomosis may be found in half of the general population, making it incredibly relevant in surgical and endovascular procedures of the female reproductive system.

Clinical significance

Uterine artery embolization (UAE) is a minimally invasive procedure that gained recognition progressively following a 1995 study by Ravina et al. and subsequent studies spanning multiple centers and investigators [18]. The main indication for the procedure is uterine fibroids, which is the most common benign gynecological neoplasm in women of childbearing age [42]. When symptomatic, patients may present with menorrhagia that may result in anemia, bulk symptoms with bladder and bowel dysfunction and abdominal protrusion, dysmenorrhea, and infertility [20]. Since its introduction, UAE has been proven to reduce the size of fibroids and relieve symptoms. These days, approximately 25,000 UAE procedures are now carried out annually, allowing patients to avoid invasive procedures and retain a high degree of safety and efficacy [34]. However, the arterial anatomy of the uterus and ovaries should be considered since the size of the OA and the type of anastomosis existing between the OA and UA may lead to failure in treatment. Previously, it has been widely accepted that uterine fibroids mainly receive their blood from the UA [37]. Now, it is known that the utero-ovarian anastomosis, especially depending on the type of anastomosis, may continue to supply fibroids following UAE, potentially resulting in treatment failure [37]. Nonetheless, hysterectomy has been and is the most common treatment of uterine fibroids [18]. However, a systemic review comparing UAE to hysterectomy concluded that UAE offers less blood loss, beneficial effects of refractory postpartum hemorrhage, shortened operating time and length of stay [25].

Ovarian artery embolization (OAE) is another procedure used to treat uterine fibroids, although it is not yet a formally accepted treatment option [4]. As mentioned before, UAE has an increased risk of surgical failure compared to traditional methods due to a portion of cases of uterine fibroids being supplied by the anastomosing OA. OAE allows patients to continue treatment without invasive surgery. OAE has been employed in cases where the fibroids appeared to receive most of their supply from the OAs, visible on imaging or during the procedure [35]. Although research regarding OAE has shown safe and effective results, there are still possible negative side effects. Amenorrhea and ovarian dysfunction may occur, and long-term effects on ovarian function remain unknown [4]. OAE has also been utilized in ovarian-remnant syndrome, which refers to persistent pelvic pain caused by the post-oophorectomy remains of ovarian tissue [15]. Studies have shown a 44.0% reduction in the incidence of ovarian-remnant syndrome among patients who underwent OAE, showcasing a considerable reduction in pain [5]. While spontaneous rupture of an OA aneurysm is rare, it can result in life-threatening retroperitoneal hemorrhage [6, 36, 40, 46, 48]. The majority of instances of spontaneous rupture of an OA aneurysm are associated with pregnancy and typically occur during the peripartum

or postpartum periods [12, 14, 16, 30]. Historically, the ruptured aneurysms were diagnosed and treated laparoscopically. However, due to the advances in imaging modalities and interventional radiology, ruptured OAs are often treated endovascularly with OAE [46].

CONCLUSIONS

In conclusion, the arterial blood supply to the ovaries is facilitated by a complex network of arteries, frequently characterized by diverse anastomoses. Notably, the OA and UA exhibit significant variability, presenting challenges for physicians performing gynecological and endovascular procedures. This study showcased comprehensive and detailed insights into the arterial blood supply of the ovaries, serving as a valuable resource for practitioners navigating the complexities of these procedures. By offering clear and detailed information, the present study aimed to enhance the effectiveness and safety of medical interventions involving the ovaries.

ARTICLE INFORMATION AND DECLARATIONS

Data availability statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, upon reasonable request.

Author contributions

Monika Konarska-Włosińska — literature, writing, figure. Ameen Nasser — literature, writing. Patryk Ostrowski — literature, writing, figure. Michał Bonczar — writing, figure. Kajetan Ochwat — literature, writing. Jerzy Walocha — writing. Mateusz Koziej — writing.

Funding

The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

REFERENCES

1. Baba Y, Hayashi S, Ikeda S, et al. Visualization of utero-ovarian anastomoses: Comparison between patients with and without uterine fibroid. *J Biomed Sci Eng.* 2012; 05(12): 767–770, doi: [10.4236/jbise.2012.512a096](https://doi.org/10.4236/jbise.2012.512a096).
2. Bakheit MA. Bilateral origin of ovarian arteries from accessory renal arteries. *Saudi Med J.* 2012; 33(10): 1122–1124, indexed in Pubmed: [23047219](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23047219/).
3. Bergman RA. *Compendium of human anatomic variation: text, atlas, and world literature.* Urban & Schwarzenberg, Baltimore 1988.
4. Campbell J, Rajan DK, Kachura JR, et al. Efficacy of ovarian artery embolization for uterine fibroids: clinical and magnetic resonance imaging evaluations. *Can Assoc Radiol J.* 2015; 66(2): 164–170, doi: [10.1016/j.carj.2014.08.005](https://doi.org/10.1016/j.carj.2014.08.005), indexed in Pubmed: [25596903](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25596903/).
5. Chan TL, Singh H, Benton AS, et al. Ovarian artery embolization as a treatment for persistent ovarian remnant syndrome. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2017; 40(8): 1278–1280, doi: [10.1007/s00270-017-1618-0](https://doi.org/10.1007/s00270-017-1618-0), indexed in Pubmed: [28280977](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28280977/).
6. A case of spontaneous ovarian artery haemorrhage in a post-menopausal woman with congenital solitary kidney. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2022; 32(12): SS137–SS139, doi: [10.29271/jcpsp.2022.suppl.s137](https://doi.org/10.29271/jcpsp.2022.suppl.s137).
7. Çiçekcibaşı AE, Salbacak A, Seker M, et al. The origin of gonadal arteries in human fetuses: anatomical variations. *Ann Anat.* 2002; 184(3): 275–279, doi: [10.1016/S0940-9602\(02\)80126-1](https://doi.org/10.1016/S0940-9602(02)80126-1), indexed in Pubmed: [12056759](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12056759/).
8. Ciurică S, Lopez-Sublet M, Loeys BL, et al. Arterial tortuosity. *Hypertension.* 2019; 73(5): 951–960, doi: [10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11647](https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11647), indexed in Pubmed: [30852920](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30852920/).
9. Dubreuil-Chambardel L. *Traité des variations du système artériel. Variations des artères du pelvis et du membre inférieur.* Masson et cie, Paris 1925.
10. Felix W. Mesonephric arteries. *Man Human Embryol.* 1912: 820–825.
11. Figley MM, Muller RF. The arteries of the abdomen, pelvis, and thigh. I. Normal roentgenographic anatomy. II. Collateral circulation in obstructive arterial disease. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med.* 1957; 77(2): 296–311, indexed in Pubmed: [13394783](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13394783/).
12. Fu Y, Li R, Mao X, et al. Spontaneous rupture of an ovarian artery during pregnancy: A case report and literature review. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2022; 47(11): 1615–1621, doi: [10.11817/j.issn.1672-7347.2022.220350](https://doi.org/10.11817/j.issn.1672-7347.2022.220350), indexed in Pubmed: [36481641](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36481641/).
13. Gomez-Jorge J, Keyoung A, Levy EB, et al. Uterine artery anatomy relevant to uterine leiomyomata embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2003; 26(6): 522–527, doi: [10.1007/s00270-003-2652-7](https://doi.org/10.1007/s00270-003-2652-7), indexed in Pubmed: [15061175](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15061175/).
14. Guillem P, Bondue X, Chambon JP, et al. Spontaneous retroperitoneal hematoma from rupture of an aneurysm of the ovarian artery following delivery. *Ann Vasc Surg.* 1999; 13(4): 445–448, doi: [10.1007/s100169900281](https://doi.org/10.1007/s100169900281), indexed in Pubmed: [10398743](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10398743/).

15. He Z, Ma L, Dan W, et al. Anomalous origin of the left suprarenal, inferior phrenic arteries and left ovarian artery in a human cadaver. *Anat Sci Int.* 2024; 99(1): 146–150, doi: [10.1007/s12565-023-00738-2](https://doi.org/10.1007/s12565-023-00738-2), indexed in Pubmed: [37566319](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37566319/).
16. Høgdall CK, Pedersen SJ, Ovlisen BO, et al. Spontaneous rupture of an ovarian-artery aneurysm in the third trimester of pregnancy. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 1989; 68(7): 651–652, doi: [10.3109/00016348909013287](https://doi.org/10.3109/00016348909013287), indexed in Pubmed: [2631532](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2631532/).
17. Lufukuja G. Superficial ulnar artery: a rare variation in a tanzanian male cadaver. *Int J Anat Var.* 2016; 4(2): 2409–2411, doi: [10.16965/ijar.2016.217](https://doi.org/10.16965/ijar.2016.217).
18. Keung JJ, Spies JB, Caridi TM. Uterine artery embolization: a review of current concepts. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2018; 46: 66–73, doi: [10.1016/j.bpobgyn.2017.09.003](https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2017.09.003), indexed in Pubmed: [29128204](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29128204/).
19. Kim WK, Yang SB, Goo DE, et al. Aberrant ovarian artery arising from the common iliac artery: case report. *Korean J Radiol.* 2013; 14(1): 91–93, doi: [10.3348/kjr.2013.14.1.91](https://doi.org/10.3348/kjr.2013.14.1.91), indexed in Pubmed: [23323036](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23323036/).
20. Kohi MP, Spies JB. Updates on uterine artery embolization. *Semin Intervent Radiol.* 2018; 35(1): 48–55, doi: [10.1055/s-0038-1636521](https://doi.org/10.1055/s-0038-1636521), indexed in Pubmed: [29628616](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29628616/).
21. Kristek J, Johannesson L, Novotny R, et al. Human uterine vasculature with respect to uterus transplantation: a comprehensive review. *J Obstet Gynaecol Res.* 2020; 46(11): 2199–2220, doi: [10.1111/jog.14428](https://doi.org/10.1111/jog.14428), indexed in Pubmed: [32840043](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32840043/).
22. Kwon JHo, Kim MD, Lee KH, et al. Aberrant ovarian collateral originating from external iliac artery during uterine artery embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2013; 36(1): 269–271, doi: [10.1007/s00270-012-0406-0](https://doi.org/10.1007/s00270-012-0406-0), indexed in Pubmed: [22565531](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22565531/).
23. Lee J, Lee J. Aberrant Ovarian Artery Originating from the Iliolumbar Artery: A Case Report. *J Korean Soc Radiol.* 2016; 74(5): 339, doi: [10.3348/jksr.2016.74.5.339](https://doi.org/10.3348/jksr.2016.74.5.339).
24. Lippert H, Pabst R. *Arterial variations in man.* J.F. Bergmann-Verlag, Munich 1985.
25. Liu Z, Wang Y, Yan J, et al. Uterine artery embolization versus hysterectomy in the treatment of refractory postpartum hemorrhage: a systematic review and meta-analysis. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2020; 33(4): 693–705, doi: [10.1080/14767058.2018.1497599](https://doi.org/10.1080/14767058.2018.1497599), indexed in Pubmed: [30354858](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30354858/).
26. Machnicki A, Grzybiak M. Selected cases of atypical course of renal and gonadal arteries and veins. *Folia Morphol.* 1997; 56(4): 229–236, indexed in Pubmed: [9635356](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9635356/).
27. Machnicki A, Grzybiak M. Variations in ovarian arteries in fetuses and adults. *Folia Morphol.* 1999; 58(2): 115–125, indexed in Pubmed: [10598404](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10598404/).
28. Merklin RJ, Michels NA. The variant renal and suprarenal blood supply with data on the inferior phrenic, ureteral and gonadal arteries: a statistical analysis based on 185 dissections and review of the literature. *J Int Coll Surg.* 1958; 29(1 Pt 1): 41–76.

29. Mocquot R, Rouvillois C. La vascularisation artérielle de l'ovaire étudiée en vue de la chirurgie conservatrice. *J Chir (Paris)*. 1938; 51: 161–176.
30. Mojab K, Rodriguez J. Postpartum ovarian artery rupture with retroperitoneal hemorrhage. *AJR Am J Roentgenol*. 1977; 128(4): 695–696, doi: [10.2214/ajr.128.4.695](https://doi.org/10.2214/ajr.128.4.695), indexed in Pubmed: [403812](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/403812/).
31. Moore KL, Dalley AF, Agur A. *Clinically oriented anatomy* (8th ed.). Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia 2017.
32. Notkovich H. Variations of the testicular and ovarian arteries in relation to the renal pedicle. *Surg Gynecol Obstet*. 1956; 103(4): 487–495.
33. Ostrowski P, Bonczar M, Michalczak M, et al. The anatomy of the uterine artery: A meta-analysis with implications for gynecological procedures. *Clin Anat*. 2023; 36(3): 457–464, doi: [10.1002/ca.23983](https://doi.org/10.1002/ca.23983), indexed in Pubmed: [36448185](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36448185/).
34. Ouyang Z, Liu P, Yu Y, et al. Role of ovarian artery-to-uterine artery anastomoses in uterine artery embolization: initial anatomic and radiologic studies. *Surg Radiol Anat*. 2012; 34(8): 737–741, doi: [10.1007/s00276-011-0883-x](https://doi.org/10.1007/s00276-011-0883-x), indexed in Pubmed: [22008785](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22008785/).
35. Ozen M, Momin S, Myers CB, et al. Primary bilateral ovarian artery embolization for uterine leiomyomatosis in the setting of a rare anatomic variant — hypoplastic uterine arteries. *Radiol Case Rep*. 2021; 16(9): 2426–2428, doi: [10.1016/j.radcr.2021.05.069](https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.05.069), indexed in Pubmed: [34257773](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34257773/).
36. Patel R, Russell A, Randall MM. Ruptured ovarian artery aneurysm in a postmenopausal female: case report. *Clin Pract Cases Emerg Med*. 2024; 8(2): 143–146, doi: [10.5811/cpcem.1643](https://doi.org/10.5811/cpcem.1643), indexed in Pubmed: [38869338](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38869338/).
37. Pelage JP, Walker WJ, Le Dref O, et al. Ovarian artery: angiographic appearance, embolization and relevance to uterine fibroid embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2003; 26(3): 227–233, doi: [10.1007/s00270-002-1875-3](https://doi.org/10.1007/s00270-002-1875-3), indexed in Pubmed: [14562969](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14562969/).
38. Petru B, Elena S, Dan I, et al. The morphology and the surgical importance of the gonadal arteries originating from the renal artery. *Surg Radiol Anat*. 2007; 29(5): 367–371, doi: [10.1007/s00276-007-0224-2](https://doi.org/10.1007/s00276-007-0224-2), indexed in Pubmed: [17593308](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17593308/).
39. Rahman HA, Dong K, Yamadori T. Unique course of the ovarian artery associated with other variations. *J Anat*. 1993; 182 (Pt 2)(Pt 2): 287–290, indexed in Pubmed: [8376204](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8376204/).
40. Rasti S, Zarean E, Jafarpisheh MS, et al. Preventing thrombotic events in a case of postpartum ovarian artery aneurysm rupture: clinical challenges and management approaches. *J Surg Case Rep*. 2023; 2023(5): rjad282, doi: [10.1093/jscr/rjad282](https://doi.org/10.1093/jscr/rjad282), indexed in Pubmed: [37251248](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37251248/).
41. Razavi MK, Wolanske KA, Hwang GL, et al. Angiographic classification of ovarian artery-to-uterine artery anastomoses: initial observations in uterine fibroid embolization. *Radiology*. 2002; 224(3): 707–712, doi: [10.1148/radiol.2243011513](https://doi.org/10.1148/radiol.2243011513), indexed in Pubmed: [12202703](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12202703/).

42. Sheikh GT, Najafi A, Cunier M, et al. Angiographic detection of utero-ovarian anastomosis and influence on ovarian function after uterine artery embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2020; 43(2): 231–237, doi: [10.1007/s00270-019-02305-7](https://doi.org/10.1007/s00270-019-02305-7), indexed in Pubmed: [31531692](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31531692/).
43. Shoja MM, Tubbs RS, Shakeri AB, et al. Origins of the gonadal artery: embryologic implications. *Clin Anat.* 2007; 20(4): 428–432, doi: [10.1002/ca.20438](https://doi.org/10.1002/ca.20438), indexed in Pubmed: [17109441](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17109441/).
44. Singh G, Ng YK, Bay BH. Bilateral accessory renal arteries associated with some anomalies of the ovarian arteries: a case study. *Clin Anat.* 1998; 11(6): 417–420, doi: [10.1002/\(SICI\)1098-2353\(1998\)11:6<417::AID-CA8>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2353(1998)11:6<417::AID-CA8>3.0.CO;2-L), indexed in Pubmed: [9800922](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9800922/).
45. Terayama H, Yi SQ, Naito M, et al. Right gonadal arteries passing dorsally to the inferior vena cava: embryological hypotheses. *Surg Radiol Anat.* 2008; 30(8): 657–661, doi: [10.1007/s00276-008-0378-6](https://doi.org/10.1007/s00276-008-0378-6), indexed in Pubmed: [18584112](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18584112/).
46. Toyoshima M, Kudo T, Igeta S, et al. Spontaneous retroperitoneal hemorrhage caused by rupture of an ovarian artery aneurysm: a case report and review of the literature. *J Med Case Rep.* 2015; 9: 84, doi: [10.1186/s13256-015-0553-4](https://doi.org/10.1186/s13256-015-0553-4), indexed in Pubmed: [25902845](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25902845/).
47. Tubbs RS, Shoja MM, Loukas M. *Bergman's Comprehensive Encyclopedia of Human Anatomic Variation*. Wiley & Sons, New York 2016.
48. Wada K, Aoyagi S, Matsuura Y, et al. Pregnancy-unrelated spontaneous rupture of a right ovarian artery aneurysm. *Radiol Case Rep.* 2021; 16(11): 3270–3274, doi: [10.1016/j.radcr.2021.07.086](https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.07.086), indexed in Pubmed: [34484529](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34484529/).

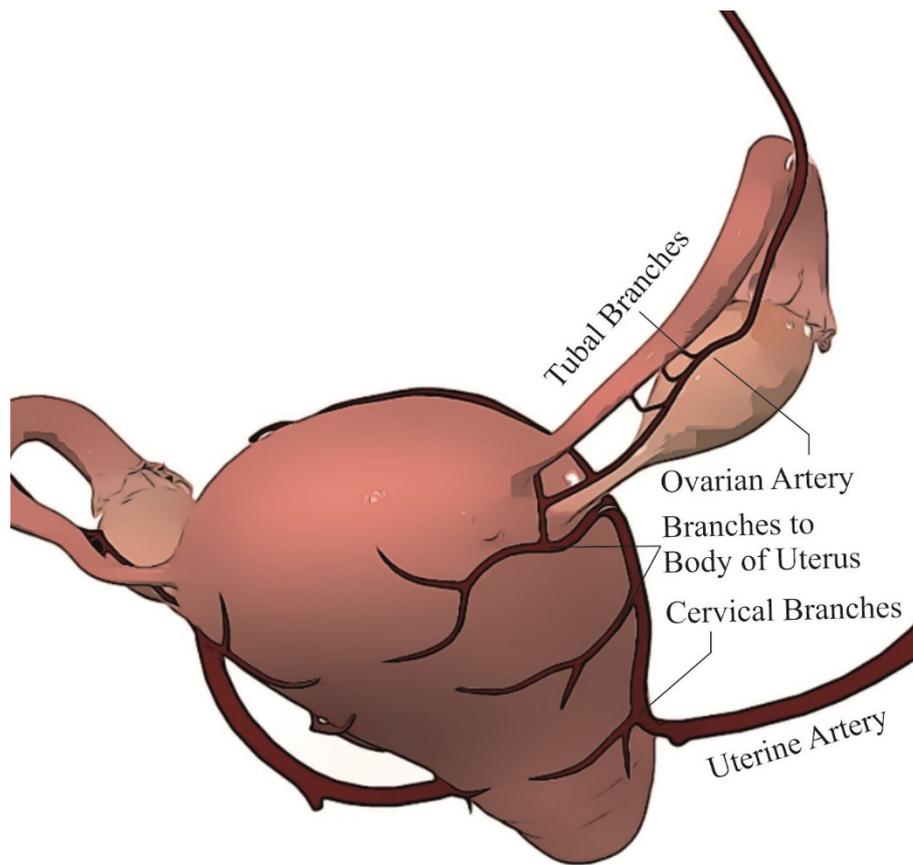


Figure 1. An illustration of simplified arterial anatomy of the uterus and ovaries. The figure is based on the figures provided by the Complete Anatomy program (3D4 Medical, 2021. Complete Anatomy. Retrieved from [https:// 3d4me dical. com/](https://3d4medical.com/)).

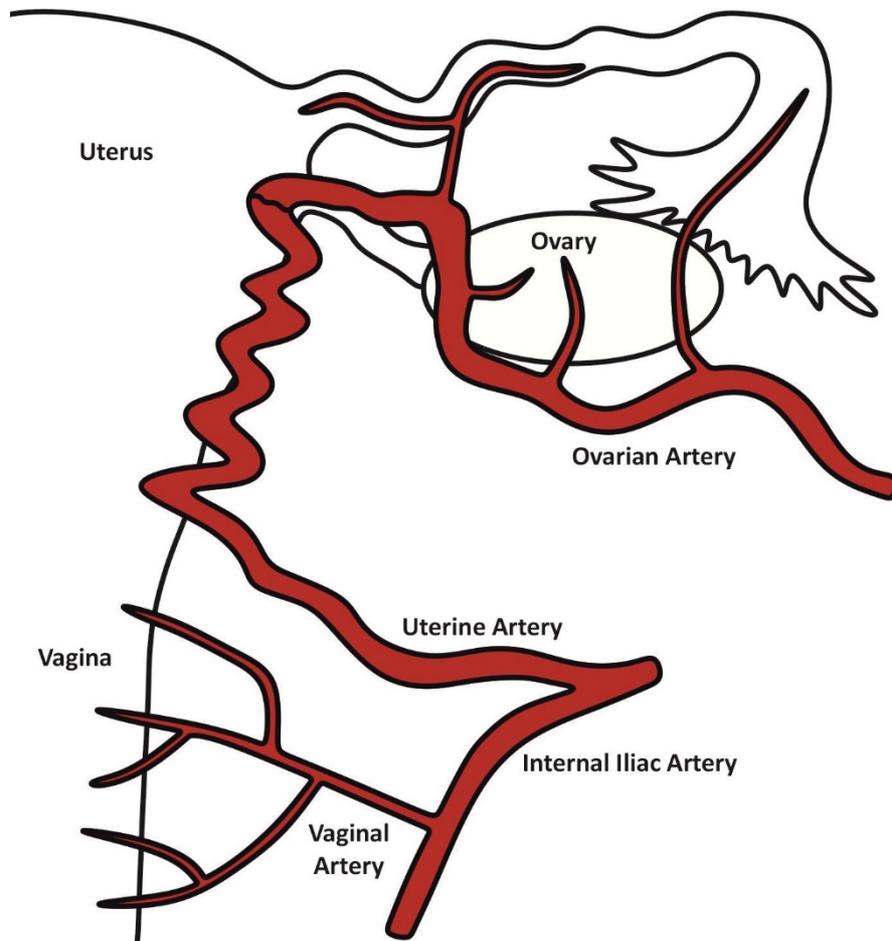


Figure 2. A scheme presenting the arterial blood supply of the uterus and ovaries.

6. Streszczenie w języku polskim

Anatomia tętnic w obrębie miednicy, w szczególności tętnicy macicznej i tętnicy zasłonowej, charakteryzuje się dużą zmiennością anatomiczną, co stanowi wyzwanie dla lekarzy wykonujących zabiegi ginekologiczne i wewnątrznaczyniowe.

W niniejszej pracy zbadany i przeanalizowany został przebieg oraz topografia tętnicy macicznej i zasłonowej, na podstawie których zaprezentowane zostały dwie mapy anatomiczne stanowiące przystępne narzędzie dla chirurgów do wizualizacji wymienionych tętnic. Wyniki obu prac oparte zostały o zanonimizowane wyniki angio-TK miednicy. Zbadano i przeanalizowano parametry morfometryczne tętnicy macicznej oraz tętnicy zasłonowej. Najczęstszym miejscem odejścia obu naczyń był pień przedni tętnicy biodrowej wewnętrznej, a częstość ta była odpowiednio równa 69% i 57,2%. Ponadto mediana odległości między tętnicą zasłonową a tętnicą maciczną wyniosła 13,35 mm i ustalono, że maleje ona wraz z wiekiem. Trzecia część pracy doktorskiej dostarcza natomiast kompleksowych i szczegółowych informacji na temat dopływu krwi tętniczej do jajników. Podkreślono znaczenie zespołań tworzących się pomiędzy naczyniami w obrębie miednicy, takich jak *corona mortis*, której częstość występowania w populacji dotyczy aż do 49,3% (uwzględniając zespolenia tętnicze oraz żyłne) oraz anastomoz maciczno-jajnikowych, które dotyczą 48,6% kobiet. W każdym z powyższych badań uwzględnione zostały implikacje kliniczne jakie wiążą się z opisywanym naczyniem.

Zamierzeniem niniejszej pracy doktorskiej było rozbudowanie wiedzy dotyczącej zmienności anatomicznych, przebiegów oraz parametrów morfometrycznych naczyń w obrębie miednicy, aby mogła stanowić kompleksowe źródło informacji dla lekarzy celem zwiększenia skuteczności i bezpieczeństwa interwencji medycznych.

7. Streszczenie w języku angielskim

The anatomy of pelvic arteries, particularly the uterine and obturator arteries, is characterized by significant anatomical variability, posing a challenge for physicians performing gynecological and endovascular procedures.

In this thesis, the course and topography of the uterine and obturator arteries were examined and analyzed, resulting in the development of two anatomical maps that may serve as accessible tools for surgeons to visualize these arteries. The findings of both studies were based on anonymized data from pelvic computed tomography angiography. The morphometric parameters of the uterine artery and the obturator artery were examined and analyzed. The most common origin of both vessels was the anterior trunk of the internal iliac artery, with prevalence of 69% and 57.2%, respectively. Additionally, the median distance between the obturator artery and the uterine artery was set to be 13.35 mm, and it was found that this distance decreases with age. The third part of this dissertation provides comprehensive and detailed information on the arterial blood supply to the ovaries. Particular attention was given to the anastomoses formed between the pelvic vessels, such as the corona mortis, which occurs in up to 49.3% of the population (including arterial and venous anastomoses), and the uterine-ovarian anastomoses, present in 48.6% of women. Each of these studies includes the clinical implications associated with the described vessels.

The primary objective of this dissertation was to enhance the understanding of anatomical variability, vascular courses, and morphometric parameters of pelvic vessels, providing a comprehensive source of information for physicians to enhance the effectiveness and safety of medical interventions.

Kraków, dnia 15.12.2024

Alicia Del Carmen Yika

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Yika ADC, Dziedzic M, Bonczar M, Ostrowski P, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. Surg Radiol Anat. 2024 Jul;46(7):1093-1100. doi: 10.1007/s00276-024-03387-w. Epub 2024 May 31. PMID: 38819485; PMCID: PMC11217114* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Analizie danych
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Martyna Dziedzic

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Yika ADC, Dziedzic M, Bonczar M, Ostrowski P, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. Surg Radiol Anat. 2024 Jul;46(7):1093-1100. doi: 10.1007/s00276-024-03387-w. Epub 2024 May 31. PMID: 38819485; PMCID: PMC11217114* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowaniu artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Michał Bonczar

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Yika ADC, Dziezic M, Bonczar M, Ostrowski P, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. Surg Radiol Anat. 2024 Jul;46(7):1093-1100. doi: 10.1007/s00276-024-03387-w. Epub 2024 May 31. PMID: 38819485; PMCID: PMC11217114* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Analizie statystycznej
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Patryk Ostrowski

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Yika ADC, Dziezic M, Bonczar M, Ostrowski P, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. Surg Radiol Anat. 2024 Jul;46(7):1093-1100. doi: 10.1007/s00276-024-03387-w. Epub 2024 May 31. PMID: 38819485; PMCID: PMC11217114* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu literatury
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowaniu artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

prof. dr hab. Wadim Wojciechowski

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Yika ADC, Dziedzic M, Bonczar M, Ostrowski P, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. Surg Radiol Anat. 2024 Jul;46(7):1093-1100. doi: 10.1007/s00276-024-03387-w. Epub 2024 May 31. PMID: 38819485; PMCID: PMC11217114*

oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu danych
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma

Wojciechowski
.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

prof. dr hab. Jerzy Walocha

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Yika ADC, Dziedzic M, Bonczar M, Ostrowski P, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. Surg Radiol Anat. 2024 Jul;46(7):1093-1100. doi: 10.1007/s00276-024-03387-w. Epub 2024 May 31. PMID: 38819485; PMCID: PMC11217114* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu literatury
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

dr hab. prof. UJ Mateusz Koziej

OŚWIADCZENIE

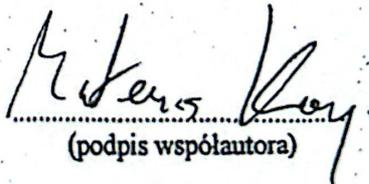
Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Yika ADC, Dzedzic M, Bonczar M, Ostrowski P, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. An arterial map of the uterine artery - a tool for endovascular and gynecological procedures. Surg Radiol Anat. 2024 Jul;46(7):1093-1100. doi: 10.1007/s00276-024-03387-w. Epub 2024 May 31. PMID: 38819485; PMCID: PMC11217114* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Analizie statystycznej
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Patryk Ostrowski

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Ostrowski P, Del Carmen Yika A, Dziedzic M, Bonczar M, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications. Int Urogynecol J. 2024 May;35(5):1051-1060. doi: 10.1007/s00192-024-05774-8. Epub 2024 Apr 18. PMID: 38635039; PMCID: PMC11150310* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu literatury
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Alicia Del Carmen Yika

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Ostrowski P, Del Carmen Yika A, Dzedzic M, Bonczar M, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications. Int Urogynecol J. 2024 May;35(5):1051-1060. doi: 10.1007/s00192-024-05774-8. Epub 2024 Apr 18. PMID: 38635039; PMCID: PMC11150310* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Analizie danych
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowaniu artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Martyna Dziedzic

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Ostrowski P, Del Carmen Yika A, Dziedzic M, Bonczar M, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications. Int Urogynecol J. 2024 May;35(5):1051-1060. doi: 10.1007/s00192-024-05774-8. Epub 2024 Apr 18. PMID: 38635039; PMCID: PMC11150310* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowaniu figur oraz tabel

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowaniu artykułu do submisji do czasopisma

Martyna Dziedzic

(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Michał Bonczar

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Ostrowski P, Del Carmen Yika A, Dziejczak M, Bonczar M, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications. Int Urogynecol J. 2024 May;35(5):1051-1060. doi: 10.1007/s00192-024-05774-8. Epub 2024 Apr 18. PMID: 38635039; PMCID: PMC11150310* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Analizie statystycznej
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowaniu artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

prof. dr hab. Jerzy Walocha

OŚWIADCZENIE

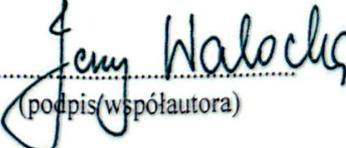
Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Ostrowski P, Del Carmen Yika A, Dziejczak M, Bonczar M, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications. Int Urogynecol J. 2024 May;35(5):1051-1060. doi: 10.1007/s00192-024-05774-8. Epub 2024 Apr 18. PMID: 38635039; PMCID: PMC11150310* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu literatury
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowaniu artykułu do submisji do czasopisma


(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

dr hab. prof. UJ Mateusz Koziej

OŚWIADCZENIE

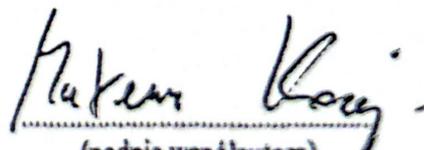
Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Ostrowski P, Del Carmen Yika A, Dzedziec M, Bonczar M, Wojciechowski W, Walocha J, Koziej M. Exploring the Topography of the Obturator Artery and Corona Mortis: a Detailed Analysis with Surgical Implications. Int Urogynecol J. 2024 May;35(5):1051-1060. doi: 10.1007/s00192-024-05774-8. Epub 2024 Apr 18. PMID: 38635039; PMCID: PMC11150310* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Analizie statystycznej
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Przygotowaniu metodologii badania
- Zgromadzeniu i analizie danych
- Analizie statystycznej
- Zgromadzeniu niezbędnej literatury
- Opracowaniu tabel oraz figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Ameen Nasser

OŚWIADCZENIE

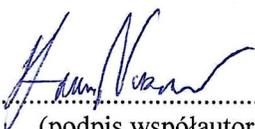
Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Nasser A, Ostrowski P, Bonczar M, Ochwat K, Walocha J, Koziej M. The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review. Folia Morphol (Warsz). 2024 Aug 13. doi: 10.5603/fm.101167. Epub ahead of print. PMID: 39136369* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu literatury
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Zgromadzeniu i analizie niezbędnej literatury
- Opracowaniu figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Patryk Ostrowski

OŚWIADCZENIE

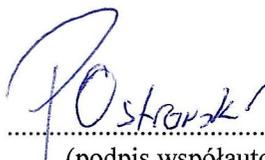
Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Nasser A, Ostrowski P, Bonczar M, Ochwat K, Walocha J, Koziej M. The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review. Folia Morphol (Warsz). 2024 Aug 13. doi: 10.5603/fm.101167. Epub ahead of print. PMID: 39136369* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu literatury
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Zgromadzeniu i analizie niezbędnej literatury
- Opracowaniu figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Michał Bonczar

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Nasser A, Ostrowski P, Bonczar M, Ochwat K, Walocha J, Koziej M. The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review. Folia Morphol (Warsz). 2024 Aug 13. doi: 10.5603/fm.101167. Epub ahead of print. PMID: 39136369* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Opracowaniu figur
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Zgromadzeniu i analizie niezbędnej literatury
- Opracowaniu figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

Kajetan Ochwat

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Nasser A, Ostrowski P, Bonczar M, Ochwat K, Walocha J, Koziej M. The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review. Folia Morphol (Warsz). 2024 Aug 13. doi: 10.5603/fm.101167. Epub ahead of print. PMID: 39136369* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Zgromadzeniu literatury
- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Zgromadzeniu i analizie niezbędnej literatury
- Opracowaniu figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma

Kajetan Ochwat
.....
(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

prof. dr hab. Jerzy Walocha

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Nasser A, Ostrowski P, Bonczar M, Ochwat K, Walocha J, Koziej M. The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review. Folia Morphol (Warsz). 2024 Aug 13. doi: 10.5603/fm.101167. Epub ahead of print. PMID: 39136369* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Zgromadzeniu i analizie niezbędnej literatury
- Opracowaniu figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


(podpis współautora)

Kraków, dnia 15.12.2024

dr hab. prof. UJ Mateusz Koziej

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy: *Konarska-Włosińska M, Nasser A, Ostrowski P, Bonczar M, Ochwat K, Walocha J, Koziej M. The arterial blood supply of the ovaries: a comprehensive review. Folia Morphol (Warsz). 2024 Aug 13. doi: 10.5603/fm.101167. Epub ahead of print. PMID: 39136369* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji polegał na:

- Pisaniu manuskryptu

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie ww. pracy przez Monikę Konarską-Włosińską jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych.

Oświadczam, iż samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część ww. pracy wykazuje indywidualny wkład Moniki Konarskiej-Włosińskiej polegający na:

- Zgromadzeniu i analizie niezbędnej literatury
- Opracowaniu figur
- Pisaniu manuskryptu
- Przygotowania artykułu do submisji do czasopisma


(podpis współautora)