Liste des abréviations

CCR	Carcinome à cellules rénales
NIRF	Near-Infrared Fluorescence imaging
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CPP	Comité de Protection des Personnes
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CBCT	Cone Beam Computed Tomography
F.	French : unité de mesure de diamètre=Charriere (CH)=1/3 mm
OMS	Organisme Mondiale de la Santé
WHO	World Health Association
IMC	Indice de masse corporelle
BMI	Body Mass Index
R.E.N.A.L.	Radius, Exophytic/Endophytic properties, Nearness of tumor to the collecting system or sinus in millimeters, Anterior/Posterior, Location relative to polar lines
ISUP	International Society of Urological Pathology
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
EI	Ecart interquartile (25e percentile - 75e percentile)
IQR	Inter Quartile Range (25th percentile - 75th percentile)



TABLE DES MATIERES

AUT	EURS 1
RÉS	UMÉ 2
INT	RODUCTION 3
MÉT	'HODES 5
1.	Population 5
2.	Procédure 5
3.	Analyse anatomopathologique des tumeurs6
4.	Lecture des données de l'artériographie6
5.	Recueil des données et analyse statistique7
RÉS	ULTATS 8
1.	Population 8
2.	Caractéristiques tumorales 8
3.	Données artériographiques sur la vascularisation rénale et tumorale 9
4.	Anatomie et vascularisation tumorale 12
5 .	Lien entre difficulté chirurgicale et vascularisation tumorale 14
6.	Lien entre difficulté d'embolisation tumorale et vascularisation tumorale 15
7.	Lien entre le type histologique et la vascularisation tumorale 16
DIS	CUSSION ET CONCLUSION17
BIB	LIOGRAPHIE20
LIST	ΓΕ DES FIGURES 22
LIST	TE DES TABLEAUX 23
ANN	IEXE I : SALLE HYBRIDE
ANN	IEXE II : CLASSIFICATION OMS DES TUMEURS DU REIN II
ΔΝΝ	IFXF III : R.F.N.A.I. SCORFIII

AUTEURS

S. Borojeni¹, A. Borojeni², P. Panayotopoulos¹, A. Bouvier², C. Aubé², AR. Azzouzi¹, P. Bigot¹

- ¹ Service d'Urologie, CHU Angers, *Hôtel Dieu, 4 rue Larrey, 49100 Angers Cedex 9, France*
- Shahed BOROJENI
- Docteur Paul PANAYOTOPOULOS
- Professeur Abdel-Rahmène AZZOUZI
- Professeur Pierre BIGOT
- ² Service de Radiologie, CHU Angers, *Hôtel Dieu, 4 rue Larrey, 49100 Angers Cedex 9, France*
- Antoinette BOROJENI
- Docteur Antoine BOUVIER
- Professeur Christophe AUBÉ

RÉSUMÉ

Introduction : Récemment, il a été identifié sur un modèle cadavérique de reins sains, qu'un segment rénal pouvait être vascularisé par une ou plusieurs branches provenant d'une artère destinée à un autre segment, remettant en cause la description anatomique de la segmentation artérielle rénale de Graves. L'objectif de cette étude était de confirmer l'existence fréquente de variantes anatomiques et d'analyser la vascularisation des tumeurs rénales.

Matériel & méthodes : Nous avons réalisé une étude prospective monocentrique et inclus tous les patients opérés pour une tumeur du rein par chirurgie partielle après embolisation hyper sélective en salle hybride entre mai 2015 et juin 2017. Dans le cadre de cette procédure, était réalisée une artériographie rénale et tumorale tridimensionnelle, couplée à l'imagerie en coupe pré opératoire, permettant de réaliser une cartographie anatomique vasculaire précise du rein, mais également d'analyser la vascularisation tumorale.

Nous avons évalué le lien entre les variations de la distribution vasculaire tumorale et les données peropératoires telles que la durée opératoire, la durée d'embolisation et les pertes sanguines.

Résultats: Nous avons inclus 60 patients dont seuls 25 (42%) présentaient une subdivision vasculaire classique. La variante la plus fréquente concernait la division segmentaire antérieure (43%).

Dans 26 cas (43%), les tumeurs étaient vascularisées par plus d'une branche artérielle et dans 20 cas (33%) les tumeurs étaient vascularisées par des branches issues d'artères segmentaires différentes. Dans ces cas de vascularisation tumorale multiple ou multi-segmentaire, la taille tumorale, la durée opératoire et la durée d'embolisation étaient significativement plus élevées. Ces tumeurs complexes étaient plus souvent localisées au pôle supérieur du rein ou à la jonction des territoires antérieur et postérieur du rein.

Conclusion : Cette étude confirme que la vascularisation rénale diffère fréquemment de la description de référence de Graves, et que la vascularisation tumorale peut dépendre de plusieurs branches segmentaires. Cette complexité vasculaire est un facteur de difficulté chirurgicale et doit être prise en compte lorsqu'un clampage sélectif est envisagé au cours d'une néphrectomie partielle.

INTRODUCTION

En 1744, EJ. Bertin a émis l'hypothèse du caractère segmentaire de la vascularisation rénale, confirmée par J. Hyrtl en 1882, qui a décrit la vascularisation rénale comme terminale, rendant le rein particulièrement sensible à l'ischémie. L'artère rénale principale se divise en deux branches, l'une antérieure prépyélique plus développée, et l'autre postérieure rétropyélique, définissant deux territoires vasculaires inégaux, séparés par un plan frontal « avasculaire », sans anastomose entre les différents secteurs (1). En 1901, M. Brödel a décrit ce plan comme passant par la rangée des calices mineurs postérieurs, et comme étant particulièrement utile pour aborder par néphrotomie le bassinet sans sectionner les branches artérielles importantes (2).

En 1954, FT. Graves a décrit la première classification segmentaire rénale (Figure 1), considérée comme la description anatomique de référence. Il divise le parenchyme rénal en cinq segments : quatre antérieurs (apical, supérieur, moyen et basal) et un postérieur, chaque segment étant irrigué par sa propre branche artérielle segmentaire (3).

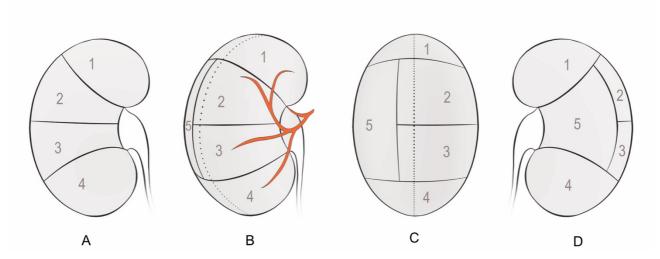


Figure 1 : Schéma de la segmentation rénale d'après Graves (rein droit) :

Distribution artérielle : A. vue antérieure ; B. vue de trois-quarts antérieure ; C. vue latérale, D. vue postérieure.

Segmentation : 1. segment apical ; 2. segment supérieur ; 3. segment moyen ; 4. segment inférieur ; 5. segment postérieur.

La bonne connaissance de la vascularisation rénale conditionne la réussite de la néphrectomie partielle, comme le soulignait déjà A. Dufour en 1951 dans son rapport au Congrès de l'Association Française d'Urologie (4).

La néphrectomie partielle est le traitement de référence des tumeurs rénales de moins de 7 cm (5). En effet, cette procédure permet un contrôle carcinologique identique à la néphrectomie totale, mais avec une meilleure conservation de la fonction rénale (6), tout en diminuant la morbidité cardiovasculaire. Néanmoins, cette procédure nécessite le clampage de l'artère rénale principale pour minimiser les pertes sanguines, induisant une ischémie du rein qui, si elle est prolongée, peut entraîner une altération de la fonction rénale (7–9).

Pour minimiser l'étendue de l'ischémie rénale, certains auteurs ont proposé un clampage sélectif de l'artère segmentaire qui irriguait la tumeur (10,11), mais une étude utilisant l'imagerie de fluorescence proche infrarouge (Near-Infrared Fluorescence (NIRF) imaging) pendant des néphrectomies partielles robot-assistées a montré que le clampage sélectif ne permettait pas d'obtenir une ischémie complète de l'aire tumorale (12).

Plus récemment, il a été identifié par Macchi et *al.* (13) sur un modèle cadavérique de reins sains, qu'un segment rénal pouvait être vascularisé par une ou plusieurs branches provenant d'une artère destinée à un autre segment, remettant en cause la description artérielle rénale décrite par Graves, et expliquant l'échec fréquent du clampage sélectif d'une artère segmentaire pour obtenir l'ischémie complète de l'aire tumorale.

Les salles opératoires hybrides, couplant une salle de radiologie interventionnelle et un bloc opératoire, ont permis de développer l'embolisation tumorale hypersélective préopératoire, permettant d'éviter le clampage artériel au cours des néphrectomies partielles (14). Cette technique permet de limiter les comorbidités péri-opératoires et est considérée comme sûre et carcinologiquement efficace (15).

Pour réaliser l'embolisation tumorale, une artériographie tridimensionnelle préopératoire est réalisée permettant une analyse fine de la vascularisation rénale mais également de la vascularisation tumorale.

L'objectif principal de cette étude était de confirmer l'existence fréquente de variantes anatomiques et d'analyser la vascularisation des tumeurs rénales.

L'objectif secondaire était de déterminer si la complexité vasculaire tumorale était susceptible de prédire la difficulté d'embolisation ou du geste chirurgical.

MÉTHODES

Cette étude a été approuvée par la CNIL et validée par le CPP d'Angers. L'ensemble des patients ont donné leur consentement pour la procédure et pour leur inclusion dans la base de données prospective Uro-CCR.

1. Population

Notre étude a été conduite entre mai 2015 et juin 2017, et a inclus tous les patients consécutifs opérés pour une tumeur du rein par chirurgie partielle après embolisation sélective en salle hybride dans le département d'Urologie du CHU d'Angers (France).

La tumeur rénale devait être unique et localisée, et l'indication de la néphrectomie partielle devait avoir été validée en réunion de concertation pluridisciplinaire d'Onco-Urologie.

2. Procédure

La procédure se déroulait dans la salle hybride (Discovery IGS 730, GE Healthcare, Waukesha, WI) de notre établissement (14,15) (Annexe I).

L'intervention était réalisée sous anesthésie générale et le patient était installé en décubitus dorsal. Dans un premier temps, le radiologue interventionnel réalisait une ponction de l'artère fémorale avec mise en place d'un introducteur 4F permettant le cathétérisme de l'artère rénale. Par la suite, une artériographie rénale tridimensionnelle (Figure 2) avec reconstruction scanner Cone Beam (CBCT) était effectuée afin d'étudier la vascularisation rénale globale et la vascularisation tumorale. Afin d'identifier les vaisseaux irriguant la tumeur, le logiciel Vessel Assist (GE Healthcare, Waukesha, WI) pouvait être utilisé.

Les artères segmentaires vascularisant la tumeur étaient cathétérisées avec un micro-cathéter coaxial (Progreat hydrophilic coated microcatheter 2.7F, Terumo Europe, Leuven, Belgique), permettant l'embolisation hypersélective des vaisseaux tumoraux, en utilisant soit des microsphères d'Embozene (CeloNova Bioscience Inc., San Antonio, Texas, U.S.A), soit des micro-coils (Vortex, 2 and 3 mm diameter, Boston Scientifics, U.S.A), ou bien de la colle N-butyl-2-cyanoacrylate Glubran 2 (GEM Srl, Viareggio, Italie) diluée avec du Lipiodol (Guerbet, Paris, France). Pour contrôler la dévascularisation de la tumeur et la préservation du parenchyme rénal sain, une artériographie 3D finale était réalisée. L'introducteur fémoral était laissé en place durant toute la procédure par sécurité permettant un éventuel clampage endovasculaire.

Une fois l'embolisation hypersélective de la tumeur réalisée, le patient était positionné en décubitus latéral et la néphrectomie partielle était réalisée par laparoscopie, toujours par le même chirurgien.

3. Analyse anatomopathologique des tumeurs

Toutes les tumeurs prélevées ont été analysées dans le service d'anatomopathologie du CHU d'Angers, et le sous-type histologique de la tumeur était déterminée selon la classification OMS 2015 des tumeurs rénales (16) (Annexe II). Le grade de Fuhrman ou ISUP des carcinomes rénaux était systématiquement déterminé (17). En cas de tumeur rare ou de diagnostic difficile, les tumeurs étaient envoyées pour relecture au département français CARARE, spécialisé dans les tumeurs rénales rares.

4. Lecture des données de l'artériographie

Une double lecture indépendante des données de l'artériographie rénale et tumorale tridimensionnelle (Figure 2) a été réalisée par un urologue puis un radiologue, confrontées si besoin à l'imagerie en coupe préopératoire.

Afin d'établir une cartographie anatomique vasculaire précise du rein, les données suivantes étaient collectées par les deux lecteurs : nombre d'artères rénales principales, existence ou non d'une artère polaire et son origine, nombre d'artères rénales antérieures et postérieures, nombre d'artères segmentaires issues de l'artère antérieure.

Afin d'analyser la vascularisation tumorale, les données suivantes étaient collectées par les deux lecteurs : localisation tumorale, nombre d'artères tumorales et provenance segmentaire de chacune d'elle. L'aspect de la vascularisation de la tumeur (hypovascularisation, vascularisation modérée ou hypervascularisation) était apprécié par comparaison du rehaussement vasculaire tumoral au rehaussement parenchymateux, selon l'expertise du radiologue interventionnel au moment de l'artériographie.

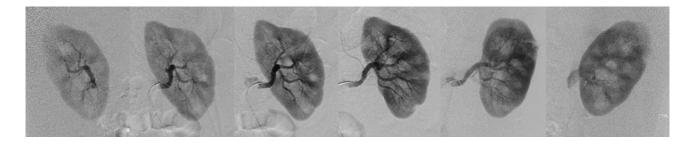


Figure 2 : Artériographie tridimensionnelle d'un rein gauche :

Distribution artérielle classique : vue interne, antéro-interne, antérieure, de trois quart antérieure, latérale et postérieure. Tumeur polaire supérieure hypervascularisée.

5. Recueil des données et analyse statistique

Les données suivantes ont été collectées et anonymisées via la base de données prospective nationale du cancer rénal (Uro-CCR) : l'âge, le sexe, l'IMC, la taille tumorale, et les données de complexité tumorale selon le R.E.N.A.L score (18) (Annexe III).

Pendant la procédure, la durée d'embolisation, la durée opératoire et les pertes sanguines étaient systématiquement rapportées.

Après double lecture indépendante des artériographies et concertation entre les deux lecteurs, les données de la cartographie anatomique vasculaire rénale et de la vascularisation tumorale telles que le nombre d'artères vascularisant la tumeur, le nombre d'artères embolisées, et l'aspect de la vascularisation tumorale globale ont été recueillies pour chaque patient.

Pour chaque tumeur, le type histologique et le grade de Fuhrman ou ISUP ont été recueillis.

Les variables qualitatives ont été décrites avec des pourcentages et ont été comparées avec le test de χ^2 ou le test de Fisher en cas de petits effectifs.

Les variables quantitatives ont été décrites avec des médianes (écart interquartile : 25^e percentile – 75^e percentile) et ont été comparées avec le test t de Student.

Les tests ont été effectués avec un seuil de significativité p < 0.05.

Les analyses ont été effectuées avec le logiciel SPSS 15.0 (IBM Analytics, U.S.A).



RÉSULTATS

1. Population

Cette étude a inclus 60 patients (Tableau I), dont 26 (43%) étaient des femmes et 34 (57%) étaient des hommes. L'âge médian des patients au moment du diagnostic était de 62 ans (52.00-68.75). Douze (20%) avaient moins de 50 ans, 36 (60%) avaient entre 50 et 70 ans, et 12 (20%) avaient plus de 70 ans. L'IMC médian des patients était de 27.6 kg/m2 (24.28-30.76).

Tableau I : âge, sexe et IMC de la population de l'étude

Population n=60				
Age en années médiane (EI)	62 (52.00-68.75)			
• < 50 ans : n (%)	12 (20%)			
• 50-70 ans : n (%)	36 (60%)			
• >70 ans : n (%)	12 (20%)			
Sexe : n (%)				
• féminin	26 (43%)			
 masculin 	34 (57%)			
IMC en kg/m2 médiane (EI)	27.6 (24.28-30.76)			

2. Caractéristiques tumorales

La taille médiane des tumeurs était de 2,85 cm (2.23-3.78 cm). Vingt-neuf (48%) étaient latéralisées à droite, et 31 (52%) à gauche.

Le R.E.N.A.L. score médian était de 7 (6-8) : 9 (15%) étaient de complexité élevée, 31 (52%) de complexité moyenne et 20 (33%) de complexité basse.

Parmi les 60 tumeurs (Tableau II), 47 (78%) étaient des carcinomes à cellules rénales dont 37 (62%) à cellules claires, 5 (8%) à cellules papillaires, 4 (6%) à cellules chromophobes, et 1 (2%) des tubes collecteurs (de Bellini). Treize (22%) des tumeurs étaient bénignes : 6 (10%) étaient des oncocytomes, 5 (8%) des angiomyolipomes, une était un kyste bénin et une était un adénome métanéphrique.

Tableau II : caractéristiques tumorales

Côté : n (%)	
Droit	29 (48%)
Gauche	31 (52%)
Taille : diamètre max en cm médiane (EI)	2,85 (2.23-3.75)
Localisation: n (%)	
> 50% exophytique	24 (40%)
< 50% exophytique	25 (42%)
entièrement endophytique	11 (18%)
RENAL SCORE médiane (EI)	7 (6-8)
élevé : n (%)	9 (15%)
moyen : n (%)	31 (52%)
bas : n (%)	20 (33%)
Type histologique : n (%)	
Carcinome à cellules rénales :	47 (78%)
Carcinome rénal à cellules claires	37 (62%)
Carcinome rénal des tubes collecteurs	1 (2%)
Carcinome rénal à cellules papillaires	5 (8%)
Carcinome rénal à cellules chromophobes	4 (6%)
Oncocytome	6 (10%)
Angiomyolipome	5 (8%)
Autres tumeurs bénignes	2 (3%)
Grade des carcinomes à cellules rénales : (n=47)	
Fuhrman 1 n (%)	6 (12,8%)
Fuhrman 2 n (%)	28 (59,6%)
Fuhrman 3 n (%)	13 (27.7%)

3. Données artériographiques sur la vascularisation rénale et tumorale

La durée médiane d'embolisation artérielle tumorale était de 44,5 minutes (32-55.75). L'irradiation médiane était de 71 Gy.cm2.

L'analyse de la vascularisation rénale (Tableau III) a montré l'existence d'une variante anatomique pour 35 (58%) des reins étudiés.

Dans 15 cas (25%), l'artère rénale principale n'était pas unique. Il existait deux artères rénales principales (naissant de l'aorte et cheminant vers le hile) dans 2 cas (3%). Il y avait une artère rénale polaire (se dirigeant directement vers un pôle rénal, sans cheminer par le hile) dans 13 cas (22%): 6 étaient polaires supérieures, dont 4 naissaient de l'artère rénale principale et 2 de l'aorte; 7 étaient polaires inférieures, naissant toutes de l'aorte.

Dans 9 cas (15%), il existait une variante de premier ordre, c'est-à-dire que l'artère rénale principale se divisait en plus d'une artère antérieure et postérieure.

Concernant la distribution vasculaire segmentaire de second ordre, 26 cas (43 %) présentaient une distribution différente de celle décrite par Graves.

Tableau III : vascularisation rénale à l'artériographie

Variantes anatomiques: n (%) 35 (35 (58%)
•	vari	iante de l'artère rénale principale :	15 (25%)
	0	existence de 2 artères rénales principales	2 (3%)
	0	existence d'une artère polaire	13 (22%)
•	vari	iante dans la division de premier ordre :	9 (15%)
	0	plus d'une artère antérieure	7 (12 %)
	0	plus d'une artère postérieure	2 (3%)
•	vari	iante dans la division de second ordre :	26 (43%)
	0	moins de 4 artères issues de l'artère antérieure	14 (23%)
	0	plus de 4 artères issues de l'artère antérieure	12(20%)

Trente-quatre (57%) tumeurs étaient vascularisées par une seule artère, 16 (27%) par deux artères, 9 (15%) par trois artères, et une (2%) était vascularisée par quatre artères (Tableau IV).

Tableau IV : vascularisation tumorale à l'artériographie

Vascularisation tumorale: n (%)					
hypervascularistation	37 (62%)				
vascularisation modérée	5 (8%)				
• hypovascularisation	18 (3%)				
Nombre d'artère à destinée tumorale en médiane (EI) et moyenne (min-max) :	1 (1-2) ; 1.6 (1-4)				
• 1 n(%)	34 (56.7%)				
• 2 n (%)	16 (26.7%)				
• 3 n(%)	9 (15%)				
• 4 n (%)	1 (1.7%)				
Tumeurs vascularisées par des branches issues d'a. segmentaires différentes : n (%)	20 (33%)				
Nombre d'artère embolisée(s) en médiane (EI) et moyenne (min-max) 1 (1-2) ; 1,5 (1-4)					
Durée d'embolisation en minutes en médiane (EI) et moyenne (min-max) 44,5 (32-55.75) ; 44,5 (16-120)					



Vingt tumeurs (33%) étaient vascularisées par des branches artérielles issues d'artères segmentaires différentes (Tableau IV et Figure 3).

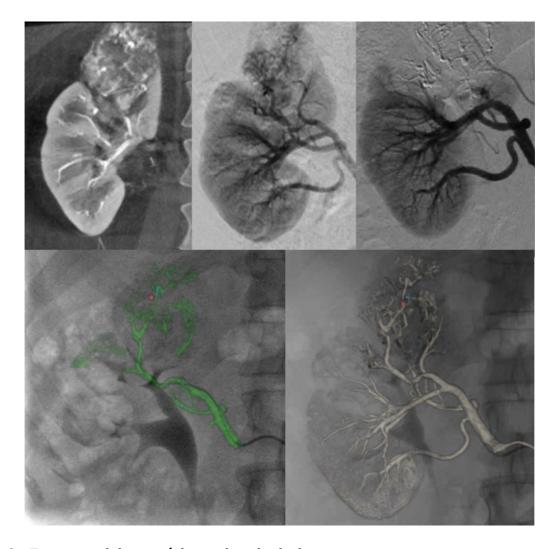


Figure 3 : Tumeur polaire supérieure du rein droit.

Tumeur hypervascularisée nécessitant le cathétérisme de 3 branches artérielles issues d'artères segmentaires différentes.

4. Anatomie et vascularisation tumorale

La taille des tumeurs était supérieure pour les tumeurs vascularisées par de multiples artères (3.6 vs 2.4 cm; p=0.015) et pour les tumeurs vascularisées par des branches artérielles issues d'artères segmentaires différentes (3.7 vs 2.5 cm; p=0.014) (Tableau V et Figure 4).

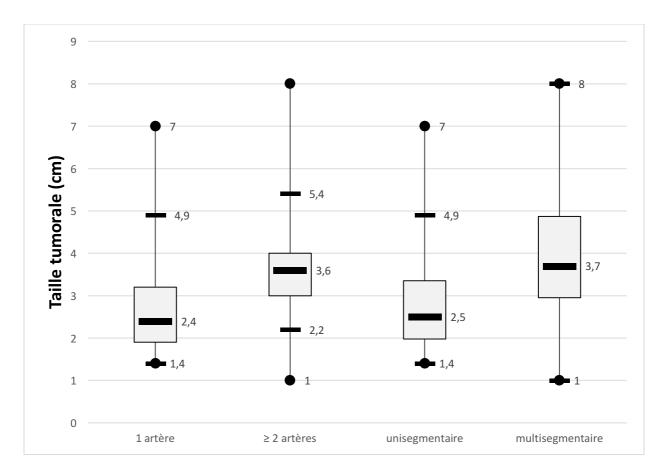


Figure 4 : Box plot de la taille tumorale en fonction du nombre d'artères tumorales et de leur origine.

Les tumeurs vascularisées par de multiples artères ou par des branches issues d'artères segmentaires différentes étaient préférentiellement localisées au pôle supérieur du rein (p=0.015 et 0.031) et/ou à la jonction entre les territoires antérieur et postérieur du rein (p=0.014 et 0.012) (Tableau V).

Tableau V : taille, localisation, perte sanguine, durée opératoire et d'embolisation en fonction du nombre d'artères tumorales et de leur origine

	Artère tumorale unique (n= 34)	Artères tumorales multiples (n=26)	р	Artère(s) tumorale(s) issue(s) d'une a. segmentaire unique (n=40)	Artères tumorales issues d'a. segmentaires différentes (n=20)	p
Taille tumorale	2.4 (1.9-3.35)	3.6 (2.95-4.18)	0.015	2.5 (1.93-3.45)	3.7 (2.85-5.25)	0.014
médiane (EI) en cm						
Endophytique	5 (14.7%)	6 (23.0%)	0.507	7 (17.5%)	4 (20%)	1
Mésophytique	15 (44.1%)	10 (38.5%)	0.660	17 (42.5%)	8 (40%)	1
Exophytique	14 (41.2%)	10 (38.5%)	0.831	16 (40%)	8 (40%)	1
Pôle supérieur	8 (23.5%)	15 (57.7%)	0.015	11 (27.5%)	12 (60%)	0.031
Pôle moyen	14 (41.2%)	4 (15.4%)	0.046	17 (42.5%)	1 (5%)	0.003
Pôle inférieur	12 (35.3%)	7 (26.9%)	0.681	12 (30%)	7 (35%)	0.922
Jonction ant/post	9 (26.4%)	15 (57.7%)	0.014	11 (27.5%)	13 (65%)	0.012
Perte sanguine médiane (EI) en ml	50 (17.5-300)	145 (87.5-225)	0.509	100 (50-287.5)	120 (50-275)	0,460
Durée opératoire médiane (EI) en min	75 (50-100)	90 (67.5-112.5)	0.049	72.5 (51.25-100)	97,5 (76.25-117.5)	0,014
Durée	38.5 (28.25-50)	49 (39.75-67.75)	0.003	40 (29.5-53)	49 (40-74.5)	0,003
d'embolisation <i>médiane (EI) en min</i>						

5. Lien entre difficulté chirurgicale et vascularisation tumorale

Les pertes sanguines médianes étaient de 100 ml (50-287.5). Les pertes sanguines n'étaient pas significativement supérieures en cas de tumeur vascularisée par de multiples artères (145 vs 50 ml; p=0.509) ou par des branches issues d'artères segmentaires différentes (120 vs 100 ml; p=0.46) (Tableau V). Il n'y avait pas de différence significative de pertes sanguines selon l'aspect hypovascularisé ou hypervascularisé des tumeurs à l'artériographie (p=0.60).

La durée opératoire médiane était de 83.5 minutes (60-105). La durée opératoire était supérieure en cas de tumeur vascularisée par de multiples artères (90 vs 75 minutes ; p= 0.049) ou par des branches issues d'artères segmentaires différentes (97.5 vs 72.5 minutes ; p= 0.014) (Figure 5).

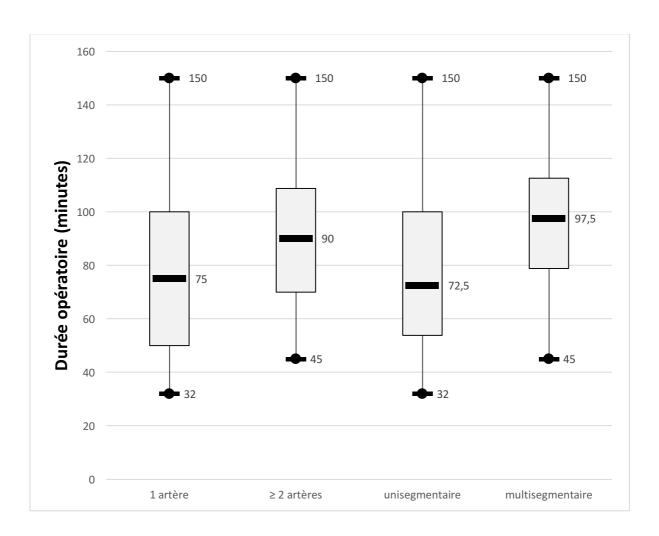


Figure 5 : Box plot de la durée opératoire en fonction du nombre d'artère tumorale et de leur origine.

6. Lien entre difficulté d'embolisation tumorale et vascularisation tumorale

La durée d'embolisation était supérieure en cas de tumeur vascularisée par de multiples artères (49 vs 38.5 minutes ; p=0.003) ou par des branches issues d'artères segmentaires différentes (49 vs 40 minutes ; p=0.003) (Figure 6).

Dans quatre cas, il existait une difficulté d'embolisation particulière attribuée à : un patient déjà opéré, un patient déjà embolisé, une sténose ostiale, ou à un spasme artériel.

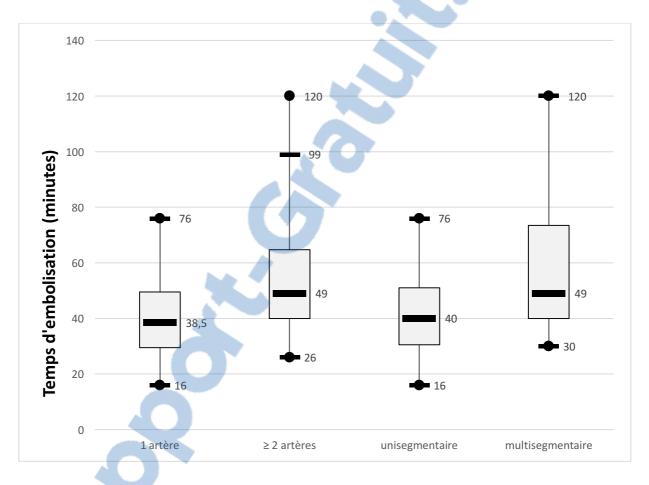


Figure 6 : Box plot de la durée d'embolisation en fonction du nombre d'artères tumorales et de leur origine.

7. Lien entre le type histologique et la vascularisation tumorale

Nous n'avons pas constaté de différence de vascularisation à l'artériographie en fonction du type de cancer, hormis pour les carcinomes à cellules claires qui sont plus souvent d'aspect hypervascularisé (p = 0.0326) (Tableau VI).

Parmi les 37 carcinomes à cellules claires, 25 (67,6%) étaient hypervascularisés, 2 (5,4%) étaient modérément vascularisés, et 10 (27%) étaient hypovascularisés.

Parmi les 5 carcinomes papillaires, 2 étaient hypovascularisés, 1 était modérément vascularisé, et 2 étaient hypervascularisés.

Parmi les 4 carcinomes chromophobes, 1 était hypovascularisé, 1 était modérément vascularisé et 2 étaient hypervascularisés.

Parmi les 6 oncocytomes, 2 étaient hypovascularisés et 4 étaient hypervascularisés.

Parmi les 5 angiomyolipomes, 2 étaient hypovascularisés, 1 était modérément vascularisé, et 2 étaient hypervascularisés.

Tableau VI : caractéristiques de la vascularisation tumorale selon le type histologique

Type histologique	Vascularisation tumorale à l'artériographie			
	Hypovascularisée	Modérée	Hypervascularisée	
Carcinome rénal à cellules claires n=37	10 (27,0%)	2 (5,4%)	25 (67,6%)	
Carcinome rénal des tubes collecteurs n=1	1 (100%)			
Carcinome rénal à cellules papillaires n=5	2 (40%)	1 (20%)	2 (40%)	
Carcinome rénal à cellules chromophobes n=4	1 (25%)	1 (25%)	2 (50%)	
Oncocytome n=6	2 (33,3%)		4 (66,7%)	
Angiomyolipome n=5	2 (40%)	1 (20%)	2 (40%)	

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'essor de la chirurgie conservatrice du rein a mené au développement de nouvelles techniques pour lutter contre l'ischémie rénale provoquée par le clampage de l'artère rénale nécessaire au contrôle des pertes sanguines lors de cette procédure. Ces techniques, telles que le clampage artériel sélectif (10,11) ou l'embolisation artérielle tumorale hypersélective (14,19,20), nécessitent une bonne connaissance de la vascularisation rénale mais également de la vascularisation tumorale, comme souligné par Shao et *al.* (21) qui recommandent l'analyse précise de la cartographie vasculaire rénale et tumorale avant ce type de procédure.

Notre étude confirme la grande variabilité de la vascularisation rénale, comme soulignée par Macchi et *al.* (13), puisque seuls 42% des reins étudiés ont une vascularisation conforme à celle décrite par Graves. Tout comme dans leur étude, la variante anatomique la plus fréquente concernait la division segmentaire de l'artère rénale antérieure : dans 43% des cas elle se divisait en plus ou moins de 4 artères segmentaires.

Dans notre étude, l'artère rénale principale était unique dans 75% des cas : il existait une artère polaire dans 22% des cas et deux artères rénales principales dans 3% des cas, ce qui est en accord avec les données de la littérature qui rapportent une artère rénale principale unique dans 72 à 76 % des cas, et double dans 17 à 23 % des cas (22–26).

Macchi et *al.* (13), dans leur étude anatomique sur la vascularisation artérielle rénale sur des reins cadavériques, ont montré qu'un même segment rénal peut être vascularisé par une ou plusieurs branches provenant d'une artère destinée à un autre segment, soulevant la possibilité qu'il pouvait en être de même pour les tumeurs, expliquant l'échec fréquent du clampage sélectif d'une artère segmentaire pour obtenir l'ischémie complète de l'aire tumorale. Cette possibilité est confirmée par notre étude puisque 33% des tumeurs étaient vascularisées par des branches provenant d'artères destinées à des segments différents, ce qui est concordant avec l'étude de Shao et *al.* de 2012 (21) qui rapporte la nécessité du clampage sélectif de plus d'une artère segmentaire dans 52% des cas pour obtenir une ischémie tumorale satisfaisante.

Par ailleurs, dans l'étude de Bjurlin et *al.* (12) utilisant la NIRF pendant des néphrectomies partielles robot-assistées, 35 % des cas ont nécessité le clampage de l'artère rénale principale. Ceci peut être expliqué par la persistance d'une perfusion tumorale malgré le clampage sélectif, pouvant être liée à une vascularisation tumorale « multi-segmentaire ».

Il existait dans notre étude plus d'une artère à destinée tumorale dans 43% des cas (2 à 4 artères). Cette complexité de vascularisation tumorale semble corrélée à la taille tumorale. En effet, celle-ci

était plus élevée en cas de tumeur vascularisée par des artères multiples (p=0.015) ou issues d'artères segmentaires différentes (p=0.014).

La durée d'embolisation augmentait significativement en cas de vascularisation tumorale multiple (p=0.003), et de même en cas de vascularisation tumorale « multi-segmentaire » (p=0.003), puisque cela nécessitait le cathétérisme de plusieurs artères.

La durée opératoire était aussi significativement augmentée en cas de tumeur vascularisée par de multiples artères (p=0.049), ou par des branches issues d'artères segmentaires différentes (p=0.014), soulignant la difficulté opératoire de ces tumeurs.

Ces tumeurs complexes étaient majoritairement situées au pôle supérieur du rein (60%; p=0.031) ou à la jonction des territoires antérieur et postérieur du rein (65%, p=0.012). Ces résultats sont concordants avec l'étude de Shao et *al.* de 2012 (21), qui rapporte que les tumeurs nécessitant le clampage de plusieurs artères segmentaires étaient majoritairement situées à la jonction des territoires antérieur et postérieur du rein (80%; p=0.011). Par ailleurs, Kabora et *al.* (27), dans leur étude sur l'accessibilité des artères rénales segmentaires au clampage sélectif, ont montré que les artères segmentaires supérieures et moyennes étaient les moins accessibles. La localisation tumorale pourrait donc être prise en compte à l'avenir lorsque qu'un clampage sélectif est envisagé au cours d'une néphrectomie partielle.

Dans notre étude, nous ne retrouvions pas de différence significative de pertes sanguines en cas de vascularisation tumorale multiple (p=0.509), ou de vascularisation tumorale « multi-segmentaire » (p=0.46). Ceci pourrait être expliqué par le faible effectif de notre étude ou par le fait que les artères tumorales étaient embolisées, limitant ainsi le saignement artériel.

L'aspect vasculaire global des tumeurs rénales à l'artériographie (hypovascularisée, modérément vascularisée ou hypervascularisée) n'était corrélé ni aux pertes sanguines peropératoires, ni à l'histologie de la tumeur, en dehors des carcinomes à cellules claires qui étaient plus souvent d'aspect hypervascularisé (68%; p=0.033). Ces résultats sont en accord avec les études montrant les limites de l'artériographie qui ne représente pas un bon examen diagnostique pour l'orientation étiologique des masses rénales comparativement au scanner ou à l'IRM (28). En effet, l'angioscanner apporte davantage d'informations sur la tumeur : sa taille précise, sa composition (tissulaire ou kystique, composante graisseuse, calcifications, nécrose, cicatrice centrale...), la cinétique du rehaussement, l'analyse du système veineux, et l'envahissement locorégional. Néanmoins, l'angioscanner ne permet pas une caractérisation aussi précise de la vascularisation artérielle rénale et de la complexité vasculaire tumorale que l'artériographie, ne visualisant les artères que jusqu'au niveau segmentaire.

Les limites de notre étude étaient le faible effectif de patients et son caractère monocentrique. Notre étude a l'intérêt d'analyser finement la vascularisation de reins tumoraux grâce à des artériographies tridimensionnelles, et ouvre la perspective à d'autres études qui sont nécessaires pour confirmer nos résultats.

En conclusion, la bonne connaissance de la vascularisation rénale et tumorale est essentielle au succès des techniques visant à lutter contre l'ischémie rénale lors de la néphrectomie partielle, telles que le clampage artériel sélectif ou l'embolisation artérielle tumorale hypersélective. Dans la majorité des cas, la distribution vasculaire rénale est différente de celle décrite par Graves, confirmant la grande variabilité anatomique de la vascularisation artérielle rénale, que ce soit au niveau de l'artère rénale principale ou de ses artères segmentaires. Les tumeurs rénales sont souvent vascularisées par plusieurs artères et parfois même par des branches issues d'artères destinées à des segments différents, ce qui semble augmenter la difficulté opératoire et d'embolisation. Ces tumeurs complexes semblent majoritairement situées au pôle supérieur du rein ou à la jonction des territoires antérieur et postérieur du rein. Ces résultats devraient être pris en compte à l'avenir lorsqu'un clampage sélectif est envisagé au cours d'une néphrectomie partielle. La technique d'embolisation tumorale hypersélective, puisqu'elle implique la réalisation d'une artériographie tridimensionnelle, a l'avantage de donner une cartographie précise de la vascularisation tumorale, permettant de cibler le geste d'embolisation et ainsi d'obtenir une dévascularisation tumorale complète.



BIBLIOGRAPHIE

- 1. Hyrtl J. Topographische Anatomie. Wien; 1882.
- 2. Brodel M. The intrinsic blood-vessels of the kidney and their significance in nephrotomy. Johns Hopkins Hosp Bull. 1901;118:10–3.
- 3. Graves FT. The anatomy of the intrarenal arteries and its application to segmental resection of the kidney. Br J Surg. sept 1954;42(172):132–9.
- 4. Dufour A. La néphrectomie partielle. Rapport au 48e Congrès de l'Association Française d'Urologie.; 1951.
- 5. Ljungberg B, Bensalah K, Canfield S, Dabestani S, Hofmann F, Hora M, et al. EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. Eur Urol. mai 2015;67(5):913–24.
- 6. Huang WC, Levey AS, Serio AM, Snyder M, Vickers AJ, Raj GV, et al. Chronic kidney disease after nephrectomy in patients with renal cortical tumours: a retrospective cohort study. Lancet Oncol. sept 2006;7(9):735-40.
- 7. Volpe A, Blute ML, Ficarra V, Gill IS, Kutikov A, Porpiglia F, et al. Renal Ischemia and Function After Partial Nephrectomy: A Collaborative Review of the Literature. Eur Urol. juill 2015;68(1):61–74.
- 8. Kallingal GJS, Weinberg JM, Reis IM, Nehra A, Venkatachalam MA, Parekh DJ. Long-term response to renal ischaemia in the human kidney after partial nephrectomy: results from a prospective clinical trial. BJU Int. mai 2016;117(5):766–74.
- 9. Shah PH, George AK, Moreira DM, Alom M, Okhunov Z, Salami S, et al. To clamp or not to clamp? Long-term functional outcomes for elective off-clamp laparoscopic partial nephrectomy. BJU Int. févr 2016;117(2):293-9.
- 10. Shao P, Qin C, Yin C, Meng X, Ju X, Li J, et al. Laparoscopic partial nephrectomy with segmental renal artery clamping: technique and clinical outcomes. Eur Urol. mai 2011;59(5):849–55.
- 11. Nohara T, Fujita H, Yamamoto K, Kitagawa Y, Gabata T, Namiki M. Modified anatrophic partial nephrectomy with selective renal segmental artery clamping to preserve renal function: a preliminary report. Int J Urol Off J Jpn Urol Assoc. oct 2008;15(11):961–6.
- 12. Bjurlin MA, Gan M, McClintock TR, Volpe A, Borofsky MS, Mottrie A, et al. Near-infrared fluorescence imaging: emerging applications in robotic upper urinary tract surgery. Eur Urol. avr 2014;65(4):793–801.
- 13. Macchi V, Crestani A, Porzionato A, Sfriso MM, Morra A, Rossanese M, et al. Anatomical study of renal arterial vasculature and its potential impact on partial nephrectomy. BJU Int. juill 2017;120(1):83–91.
- 14. Bigot P, Bouvier A, Panayotopoulos P, Aubé C, Azzouzi AR. Partial nephrectomy after selective embolization of tumor vessels in a hybrid operating room: A new approach of zero ischemia in renal surgery. J Surg Oncol. févr 2016;113(2):135–7.
- 15. Panayotopoulos P, Bouvier A, Aubé C, Azzouzi AR, Bigot P. Laparoscopic partial nephrectomy following tumor embolization in a hybrid room. Feasibility and clinical outcome. Surg Oncol. 2017;26:377–81.

- 16. Moch H, Cubilla AL, Humphrey PA, Reuter VE, Ulbright TM. The 2016 WHO Classification of Tumours of the Urinary System and Male Genital Organs-Part A: Renal, Penile, and Testicular Tumours. Eur Urol. juill 2016;70(1):93–105.
- 17. Fuhrman SA, Lasky LC, Limas C. Prognostic significance of morphologic parameters in renal cell carcinoma. Am J Surg Pathol. oct 1982;6(7):655-63.
- 18. Kutikov A, Uzzo RG. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. J Urol. sept 2009;182(3):844–53.
- 19. Gallucci M, Guaglianone S, Carpanese L, Papalia R, Simone G, Forestiere E, et al. Superselective embolization as first step of laparoscopic partial nephrectomy. Urology. avr 2007;69(4):642-645; discussion 645-646.
- 20. Simone G, Gill IS, Mottrie A, Kutikov A, Patard J-J, Alcaraz A, et al. Indications, techniques, outcomes, and limitations for minimally ischemic and off-clamp partial nephrectomy: a systematic review of the literature. Eur Urol. oct 2015;68(4):632–40.
- 21. Shao P, Tang L, Li P, Xu Y, Qin C, Cao Q, et al. Precise segmental renal artery clamping under the guidance of dual-source computed tomography angiography during laparoscopic partial nephrectomy. Eur Urol. déc 2012;62(6):1001-8.
- 22. 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. janv 1958;29(1 Pt 1):41–76.
- 23. Ozkan U, Oğuzkurt L, Tercan F, Kizilkiliç O, Koç Z, Koca N. Renal artery origins and variations: angiographic evaluation of 855 consecutive patients. Diagn Interv Radiol Ank Turk. déc 2006;12(4):183-6.
- 24. Bordei P, Sapte E, Iliescu D. Double renal arteries originating from the aorta. Surg Radiol Anat SRA. déc 2004;26(6):474-9.
- 25. Satyapal KS, Haffejee AA, Singh B, Ramsaroop L, Robbs JV, Kalideen JM. Additional renal arteries: incidence and morphometry. Surg Radiol Anat SRA. 2001;23(1):33-8.
- 26. Khamanarong K, Prachaney P, Utraravichien A, Tong-Un T, Sripaoraya K. Anatomy of renal arterial supply. Clin Anat N Y N. mai 2004;17(4):334–6.
- 27. Kabore FA, Fall PA, Diao B, Fall B, Sow Y, Slimani A, et al. [Extraparenchymental distribution and feasibility of selective clamping of segmental renal arteries during partial nephrectomy: a study of the dissection of 30 kidneys from recent nonformolised corpses]. Progres En Urol J Assoc Francaise Urol Soc Francaise Urol. févr 2009;19(2):101–6.
- 28. Roy C, Tuchmann C, Morel M, Saussine C, Jacqmin D, Tongio J. Is there still a place for angiography in the management of renal mass lesions? Eur Radiol. 1999;9(2):329–35.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de la segmentation rénale d'après Graves (rein droit)	: 3
Figure 2 : Artériographie tridimensionnelle d'un rein gauche :	6
Figure 3 : Tumeur polaire supérieure du rein droit	11
Figure 4 : Box plot de la taille tumorale en fonction du nombre d'artère	es tumorales
et de leur origine	12
Figure 5 : Box plot de la durée opératoire en fonction du nombre d'artè	ere tumorale
et de leur origine	14

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : âge, sexe et IMC de la population de l'étude	8
Tableau II : caractéristiques tumorales	9
Tableau III : vascularisation rénale à l'artériographie	10
Tableau IV : vascularisation tumorale à l'artériographie	10
Tableau V : taille, localisation, perte sanguine, durée opératoire et d'embol	isation
en fonction du nombre d'artères tumorales et de leur origine	13
Tableau VI : caractéristiques de la vascularisation tumorale selon le	e type
histologique	16

ANNEXE I : SALLE HYBRIDE





ANNEXE II: CLASSIFICATION OMS DES TUMEURS DU REIN

WHO classification of tumours of the kidney

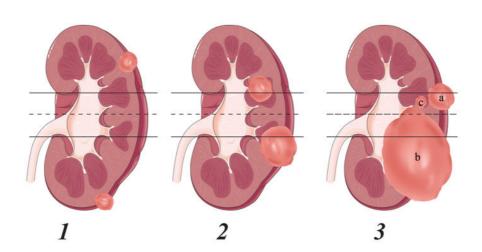
Renal cell tumours		Mesenchymal tumours occurring mainly in a	dults
Clear cell renal cell carcinoma	8310/3	Leiomyosarcoma	8890/3
Multilocular cystic renal neoplasm of low		Angiosarcoma	9120/3
malignant potential	8316/1*	Rhabdomyosarcoma	8900/3
Papillary renal cell carcinoma	8260/3	Osteosarcoma	9180/3
Hereditary leiomyomatosis and renal cell		Synovial sarcoma	9040/3
carcinoma-associated renal cell carcinoma	8311/3*	Ewing sarcoma	9364/3
Chromophobe renal cell carcinoma	8317/3	Angiomyolipoma	8860/0
Collecting duct carcinoma	8319/3	Epithelioid angiomyolipoma	8860/1*
Renal medullary carcinoma	8510/3*	Leiomyoma	8890/0
MiT family translocation renal cell carcinomas	8311/3*	Haemangioma	9120/0
Succinate dehydrogenase-deficient		Lymphangioma	9170/0
renal carcinoma	8311/3	Haemangioblastoma	9161/1
Mucinous tubular and spindle cell carcinoma	8480/3*	Juxtaglomerular cell tumour	8361/0
Tubulocystic renal cell carcinoma	8316/3*	Renomedullary interstitial cell tumour	8966/0
Acquired cystic disease-associated renal		Schwannoma	9560/0
cell carcinoma	8316/3	Solitary fibrous tumour	8815/1
Clear cell papillary renal cell carcinoma	8323/1		
Renal cell carcinoma, unclassified	8312/3	Mixed epithelial and stromal tumour family	
Papillary adenoma	8260/0	Cystic nephroma	8959/0
Oncocytoma	8290/0	Mixed epithelial and stromal tumour	8959/0
Metanephric tumours		Neuroendocrine tumours	
Metanephric adenoma	8325/0	Well-differentiated neuroendocrine tumour	8240/3
Metanephric adenofibroma	9013/0	Large cell neuroendocrine carcinoma	8013/3
Metanephric stromal tumour	8935/1	Small cell neuroendocrine carcinoma	8041/3
		Phaeochromocytoma	8700/0
Nephroblastic and cystic tumours occurring			0.000
mainly in children		Miscellaneous tumours	
Nephrogenic rests		Renal haematopoietic neoplasms	
Nephroblastoma	8960/3	Germ cell tumours	
Cystic partially differentiated nephroblastoma	8959/1		
Paediatric cystic nephroma	8959/0	Metastatic tumours	
Mesenchymal tumours			
		The morphology codes are from the International Classificati	ion of Diseases
Mesenchymal tumours occurring mainly in chil	ldren	for Oncology (ICD-O) (917A). Behaviour is coded /0 for beni	
Clear cell sarcoma	8964/3	/1 for unspecified, borderline, or uncertain behaviour; /2 for	carcinoma in
Rhabdoid tumour	8963/3	situ and grade III intraepithelial neoplasia; and /3 for maligna	
Congenital mesoblastic nephroma	8960/1	The classification is modified from the previous WHO classif	
Ossifying renal tumour of infancy	8967/0	taking into account changes in our understanding of these le	esions.
		*New code approved by the IARC/WHO Committee for ICD-	0.
			2

ANNEXE III: R.E.N.A.L. SCORE

R.E.N.A.L. Nephrometry Scoring System

FOX CHASE CANCER CENTER

	1pt	2pts	3 pts
(R)adius (maximal diameter in cm)	≤4	>4 but < 7	≥7
(E)xophytic/endophytic properties	≥ 50%	<50%	Entirely endophytic
(N)earness of the tumor to the collecting system or sinus (mm)	≥7	>4 but <7	≤4
(A)nterior/Posterior	No points given. N	Mass assigned a	descriptor of a, p, or x
(L)ocation relative to the polar lines*	Entirely above the upper or below the lower	Lesion crosses polar line	>50% of mass is across polar line (a) <u>or</u> mass crosses the axial renal
* suffix "h" assigned if the tumor touches the main renal artery or vein	polarline		midline (b) <u>or</u> mass is entirely between the polar lines (c)



RENAL Nephrometry Score	Degree of Case Complexity
10 to 12	HIGH
7 to 9	MEDIUM
4 to 6	LOW

TABLE DES MATIERES

AUTE	JRS	. 1
RÉSUI	мÉ	. 2
INTRO	DDUCTION	. 3
MÉTH(ODES	. 5
1.	Population	. 5
2.	Procédure	. 5
3.	Analyse anatomopathologique des tumeurs	. 6
4.	Lecture des données de l'artériographie	. 6
5.	Recueil des données et analyse statistique	. 7
RÉSUL	_TATS	. 8
1.	Population	. 8
2.	Caractéristiques tumorales	. 8
3.	Données artériographiques sur la vascularisation rénale et tumorale	. 9
4.	Anatomie et vascularisation tumorale	12
5.	Lien entre difficulté chirurgicale et vascularisation tumorale	14
6.	Lien entre difficulté d'embolisation tumorale et vascularisation tumorale.	15
7.	Lien entre le type histologique et la vascularisation tumorale	16
DISCU	JSSION ET CONCLUSION	17
BIBLI	OGRAPHIE	20
LISTE	DES FIGURES	22
LISTE	DES TABLEAUX	23
ANNE	XE I : SALLE HYBRIDE	I
ANNE	XE II : CLASSIFICATION OMS DES TUMEURS DU REIN	II
	XE III : R.E.N.A.L. SCORE	





BSTRACT

Étude de la vascularisation rénale et des tumeurs du rein à partir des données d'artériographies tridimensionnelles préopératoires de néphrectomies partielles

Introduction : Récemment, il a été identifié sur un modèle cadavérique de reins sains, qu'un segment rénal pouvait être vascularisé par une ou plusieurs branches provenant d'une artère destinée à un autre segment, remettant en cause la description anatomique de la segmentation artérielle rénale de Graves. L'objectif de cette étude était de confirmer l'existence fréquente de variantes anatomiques et d'analyser la vascularisation des tumeurs rénales.

Matériel & méthodes : Nous avons réalisé une étude prospective monocentrique et inclus tous les patients opérés pour une tumeur du rein par chirurgie partielle après embolisation hyper sélective en salle hybride entre mai 2015 et juin 2017. Dans le cadre de cette procédure, était réalisée une artériographie rénale et tumorale tridimensionnelle, couplée à l'imagerie en coupe pré opératoire, permettant de réaliser une cartographie anatomique vasculaire précise du rein, mais également d'analyser la vascularisation tumorale. Nous avons évalué le lien entre les variations de la distribution vasculaire tumorale et les données peropératoires telles que la durée opératoire, la durée d'embolisation et les pertes sanguines.

Résultats : Nous avons inclus 60 patients dont seuls 25 (42%) présentaient une subdivision vasculaire classique. La variante la plus fréquente concernait la division segmentaire antérieure (43%). Dans 26 cas (43%), les tumeurs étaient vascularisées par plus d'une branche artérielle et dans 20 cas (33%) les tumeurs étaient vascularisées par des branches issues d'artères segmentaires différentes. Dans ces cas de vascularisation tumorale multiple ou multi-segmentaire, la taille tumorale, la durée opératoire et la durée d'embolisation étaient significativement plus élevées. Ces tumeurs complexes étaient plus souvent localisées au pôle supérieur du rein ou à la jonction des territoires antérieur et postérieur du rein.

Conclusion : Cette étude confirme que la vascularisation rénale diffère fréquemment de la description de référence de Graves, et que la vascularisation tumorale peut dépendre de plusieurs branches segmentaires. Cette complexité vasculaire est un facteur de difficulté chirurgicale et doit être prise en compte lorsqu'un clampage sélectif est envisagé au cours d'une néphrectomie partielle.

Study of renal and kidney tumor vascularization using data from preoperative tridimensional arteriography before partial nephrectomy

Context & Purpose. It has recently been highlighted in a cadaveric model of healthy kidneys that a single renal segment could be fed by one or more arterial branches originating from an artery feeding another segment. This finding challenge Graves' segmental renal model.

The purpose of this study is to demonstrate occurrences of anatomical variations of renal vascularization and to analyze vascularization of renal tumors.

Materials & Methods. Our prospective monocentric study included all patients treated for a renal tumor between May 2015 and June 2017 by laparoscopic partial nephrectomy after super selective tumoral embolization in a hybrid operating room.

A three-dimensional renal and tumoral arteriography was performed, coupled with preoperative cross-sectional imaging. This procedure provided an accurate vascular anatomical mapping of the kidney and allowed further analysis of tumor vascularization.

We evaluated relation between anatomical variations of the vascularization and perioperative data such as operative duration, duration of embolization or blood loss was assessed.

Results. Our study shows that out of 60 patients, only 25 (42%) presented a standard vascular subdivision. The most frequent variant was the second level segmental vascular distribution.

In 26 cases (43%), tumors were fed by more than one branch and in 20 cases (33%), there was a branch feeding the tumor from another segment.

In these cases of multiple or multi-segmental tumor vascularization, tumor size, operative duration and duration of embolization were significantly higher than in the case of standard vascularization. These complex tumors were more often located at the upper pole of the kidney or at the junction of the anterior and posterior territories of the kidney.

Conclusions. This study confirms that renal vascularization frequently differs from Graves' reference model, and that tumor vascularization can depend on several segmental branches. This vascular complexity explains surgical difficulties and must be taken into consideration when segmental arterial clamping is considered during partial nephrectomy.

