

Le ratio des densités endofuite-aorte (EA) pour distinguer les endofuites directes et indirectes post-EVAR à l'angioTDM

Bo Yi Dou, Bao The Bui, Gérald Gahide

Conflits d'intérêts

- Aucun

Plan

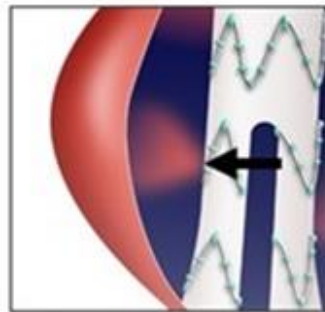
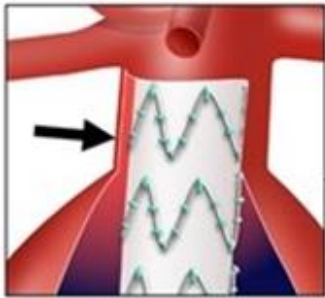
- AAA, EVAR, endofuites
- Le ratio des densités endofuite-aorte (EA) pour distinguer les endofuites directes et indirectes post-EVAR à l'angioTDM

Présentation, pronostic, traitement

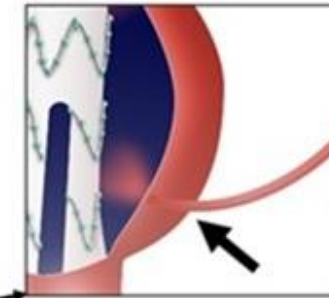
- Les AAA ont un risque de rupture proportionnel à leur taille.
 - 5-5.9 cm: 11%/année
 - >6 cm: 25%/année
 - Mortalité intra-hospitalière en cas de rupture 53-65%
- Traitement: réparation endovasculaire d'anévrisme de l'aorte (**EVAR**) vs ouverte à partir de 5.5cm si asymptomatique
- Avantage
 - EVAR: moins de morbi-mortalité périopératoire mais nécessite un suivi à vie compte tenu du risque de fuite (jusqu'à 19.8%, Marrewijk 2002), réalisé par angioTDM à notre institution

Types d'endofuites

Direct Endoleaks (Type 1 and 3)



Indirect Endoleak (Type 2)



Type 1 et 3: DIRECT

Risque de **rupture** plus important
Flux aortique **DIRECT** donc soumis à la pression systémique = prise en charge **urgente**

Type 2: INDIRECT

Plus bénin, moins de risque rupture
Flux aortique **INDIRECT**; prise en charge si augmentation de taille

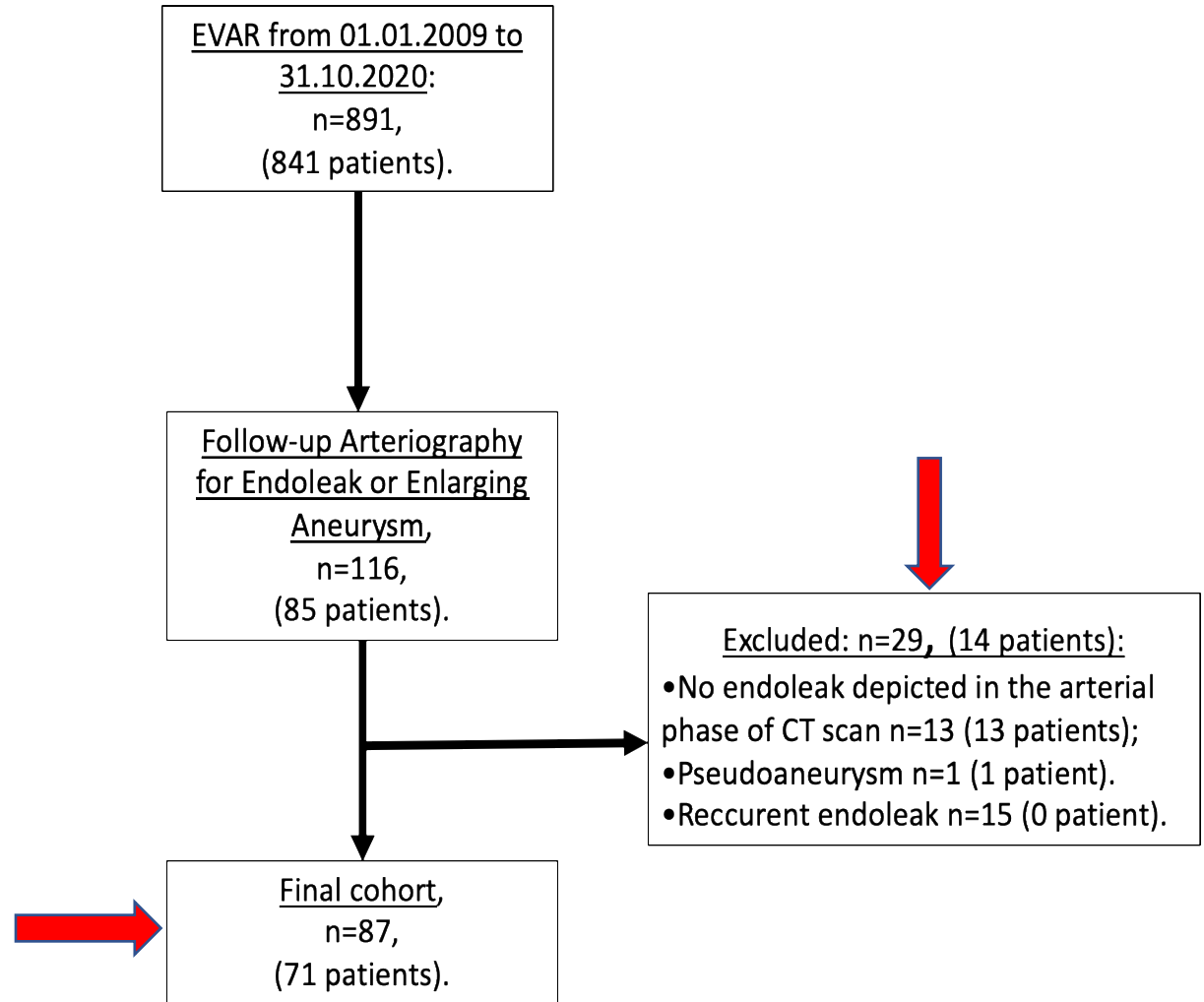
G Gahide, MD PhD

Problématique

- Différencier les fuites directes et indirectes (prises en charges et risques différents)
- Absence de critère diagnostique fiable sur TDM statique couramment employé au CHUS (sera abordé dans la discussion)

Matériel et méthode

- Étude rétrospective monocentrique au CHUS Fleurimont
- Population:
 - Tous les patients de plus de 18 ans
 - Traités par EVAR
 - Ayant eu une endofuite diagnostiquée et traitée par angiographie



Paramètres de l'angioTDM

- 2 machines au CHUS Fleurimont
 - Toshiba Aquilion One (320 barrettes)
 - Toshiba Aquilion Prime (80 barrettes)
 - **Coupes fines 0.5 ou 1mm**
- Protocole:
 - **Injection 90mL iopamidol, voie 18 G à 4.5 mL/s**
 - **Démarrage de l'acquisition à l'arrivée du contraste (>180 HU à l'aorte mi-hépatique)**
 - Triphasique (C-, artériel, veineux)

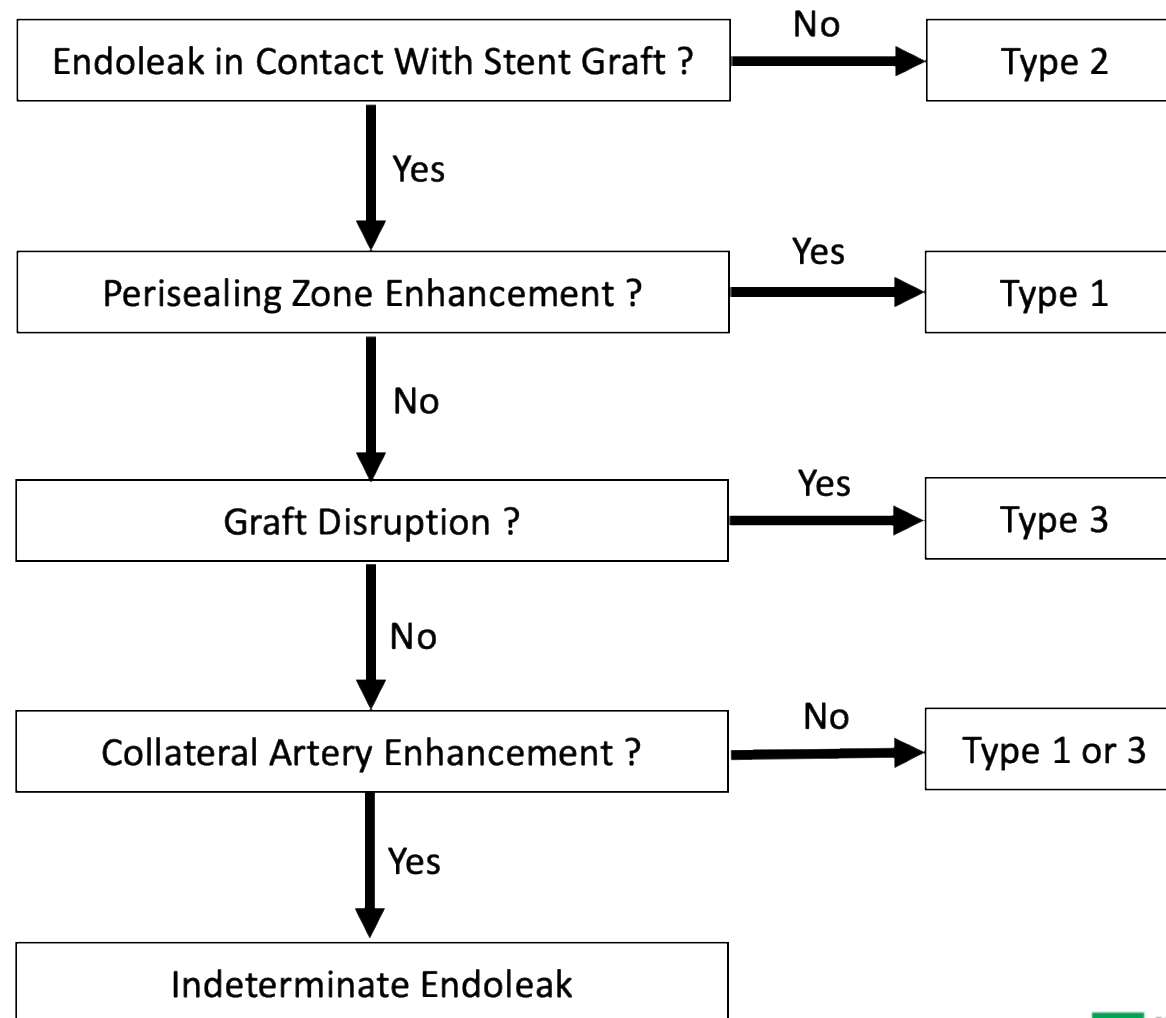
Étude analytique des fuites

- Densité maximale de la fuite mesurée en craniocaudal avec l'outil ROI
- Densité aortique mesurée à la même hauteur

- ***Ratio EA*** =
$$\frac{\text{densité endofuite (HU)}}{\text{densité aortique (HU)}}$$

- Autres caractéristiques documentées:
 - Taille du sac anévrismal
 - Dimensions de la fuite
 - Localisation de la fuite par rapport à l'endoprothèse
 - Contact avec l'endoprothèse
 - Opacification des collatérales
 - Présence d'une composante périphérique tubulaire*

Caractérisation visuelle des fuites



Analyse statistique

- Analyses univariée et **multivariée**: déterminer l'utilité des différentes caractéristiques pour la caractérisation comme fuite directe ou indirecte
- **ROC** pour les ratio Endofuite/Aorte et pour les densités maximales
 - Analyse visuelle et test de DeLong
- **AUC** pour le ratio Endofuite/Aorte déterminé par la courbe ROC
 - Index de Youden, sensibilité et spécificité maximale
- Significativité statistique: $p \leq 0.05$

Résultats

- 71 patients: 77±12 ans, H 87% (n=62)
- Endofuites: 44 indirectes et 43 directes
- Pas de différence significative par rapport aux données démographiques entre les deux groupes sauf l'âge
 - Âge de la prothèse: pas de différence significative

Tableau 1. Caractéristiques de base des patients

	Patients (n=71)	Direct endoleaks (n=43)	Indirect endoleaks (n=44)	P value
Age (years)	77 [12]	81 [10]	74 [12]	<0.001
Sex*				
Male	87 (62)	88 (36)	89 (39)	1.000
Female	13 (9)	12 (5)	11 (5)	
Weight (kg)	84±16	81±14	84±17	0.432
Height (cm)	171±8	171±9	170±9	0.396
Pre-EVAR aneurysmal sac size (mm)	64±11	64±12	63±11	0.485
Coronary heart disease*	37 (26)	40 (17)	32 (14)	0.403
Diabetes mellitus*	24 (17)	19 (8)	27 (12)	0.367
Dyslipidemia*	79 (56)	70 (30)	84 (37)	0.157
Hypertension*	80 (57)	77 (33)	84 (37)	0.511

Tableau 2. Caractéristiques des endofuites directes et indirectes en phase artérielle de l'angioTDM

	Direct (n=43)	Indirect (n=44)	P value
Endoleak dimensions (mm)			
Height	58±41	31±31	<0.001
Length	29±14	20±14	<0.001
Maximal endoleak density (HU)	360±120	193±75	<0.001
EA ratio	0.89±0.08	0.51±0.16	<0.001
Endoleak contact with stent-graft*	100 (43)	75 (33)	0.001
Peripheral tubular component*	49 (21)	16 (7)	0.001
Endoleak location in the AAA			
Proximal third*	49 (21)	5 (2)	<0.001
Middle third*	19 (8)	66 (29)	
Distal third*	30 (13)	30 (13)	
Perisealing zone enhancement			
Superior*	35 (15)	0 (0)	<0.001
Inferior*	21 (9)	0 (0)	
No enhancement*	44 (19)	100 (44)	
Collateral opacification			
Lumbar and/or inferior mesenteric arteries*	84 (36)	98 (43)	0.055

Tableau 4. Analyse univariée des caractéristiques des endofuites directes et indirectes en phase artérielle

Finding	Odds Ratio	P value
Age of the patient	1.10 (1.04, 1.17)	0.003
Age of the stent-graft	0.99 (0.85, 1.14)	0.858
EA ratio	1.46 (1.24, 1.99)	0.001
Maximal endoleak density	1.03 (1.02, 1.04)	<0.001
Endoleak contact with stent-graft	40.33 (2.26, 1497.32)	0.019
Peripheral tubular component	5.29 (2.00, 15.38)	0.001
Endoleak dimensions (mm)		
Height	1.02 (1.01, 1.04)	0.003
Length	1.05 (1.02, 1.10)	0.004
Width	1.04 (0.99, 1.08)	0.11
Comparison to a proximal third location of the endoleak		
Middle third	0.03 (0.00, 0.11)	<0.001
Distal third	0.10 (0.01, 0.42)	0.005
Anterior to stent-graft	0.44 (0.18, 1.05)	0.110
No enhancement	0.01 (0.00, 0.19)	0.004
Collateral artery opacification	0.14 (0.01, 0.87)	0.074

Tableau 5. Analyse multivariée des caractéristiques des endofuites directes et indirectes en phase artérielle

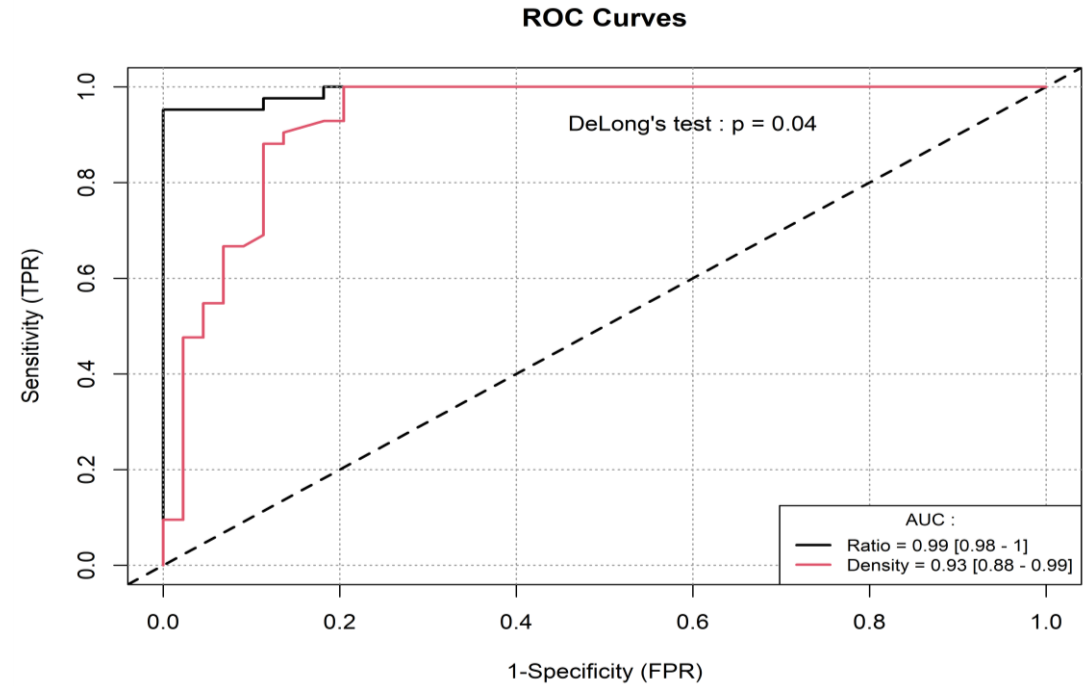
	Odds Ratio	P value
Age of the patient	1.12 (0.97, 1.28)	0.158
EA ratio	1.39 (1.12, 1.76)	0.001
Peripheral tubular component	0.44 (0.06, 4.77)	0.491
Endoleak length (mm)	1.07 (0.97, 1.20)	0.220
Endoleak location anterior to stent-graft	0.18 (0.03, 1.63)	0.123

Interprétation: l'**augmentation** du ratio EA augmente les chances qu'une fuite soit **directe**

Tableau 6. Divers ratios EA et leurs valeurs diagnostiques

Method	EA ratio cut-off	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	Accuracy
Youden's index/ Maximal specificity	0.77	0.95	1.00	1.00	0.96	0.98
Maximal sensitivity	0.67	1.00	0.82	0.84	1.00	0.91
Ease of use	0.75	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95

Graphique 1. Comparaison des courbes ROC du ratio EA et de la densité maximale de l'endofuite pour distinguer les fuites directes et indirectes



Reproductibilité du ratio EA:

Intra: ICC=0.96, excellent

Inter: ICC=0.93, excellent

Pertinence

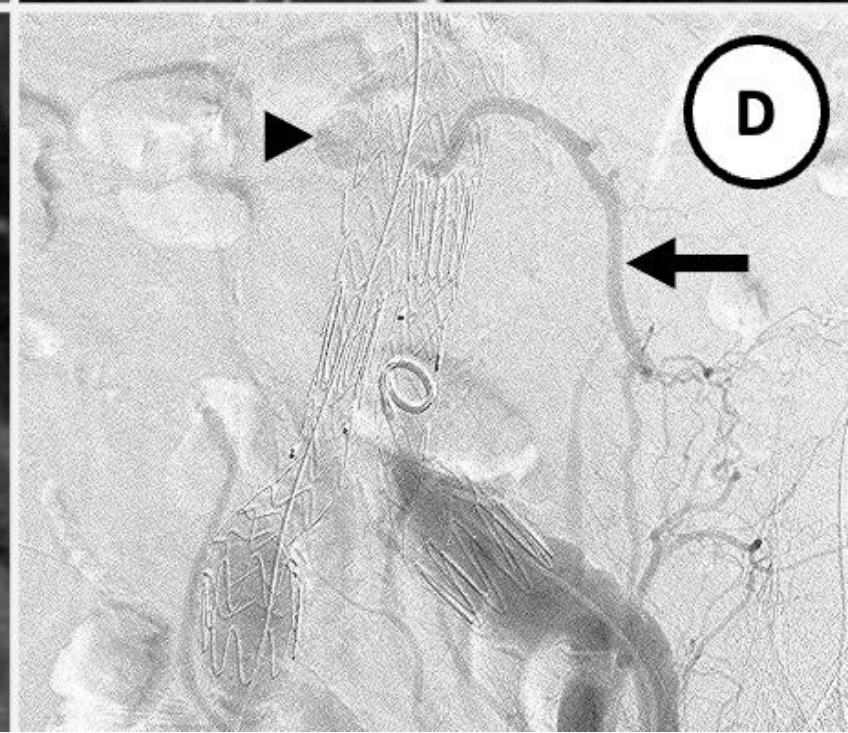
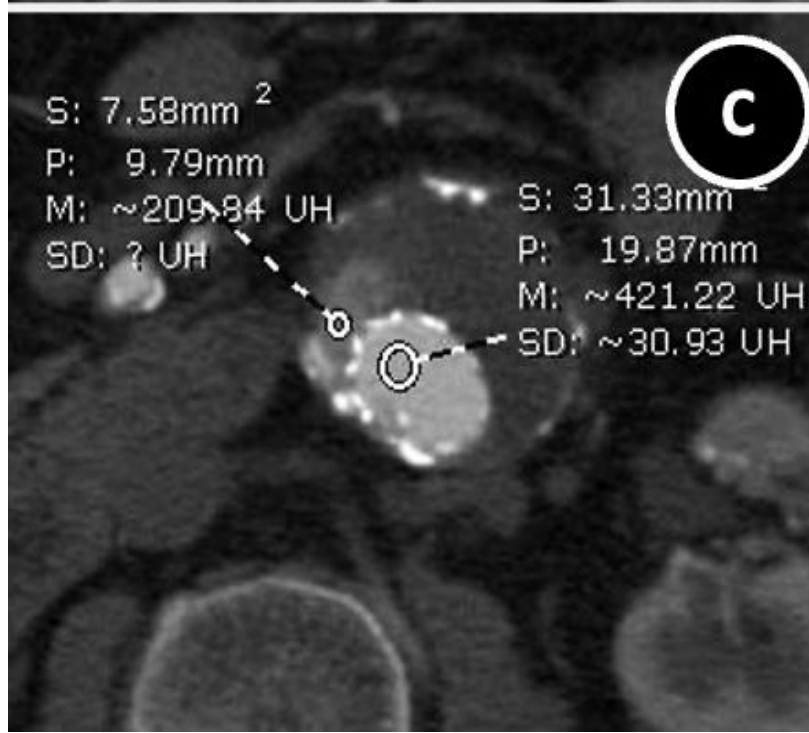
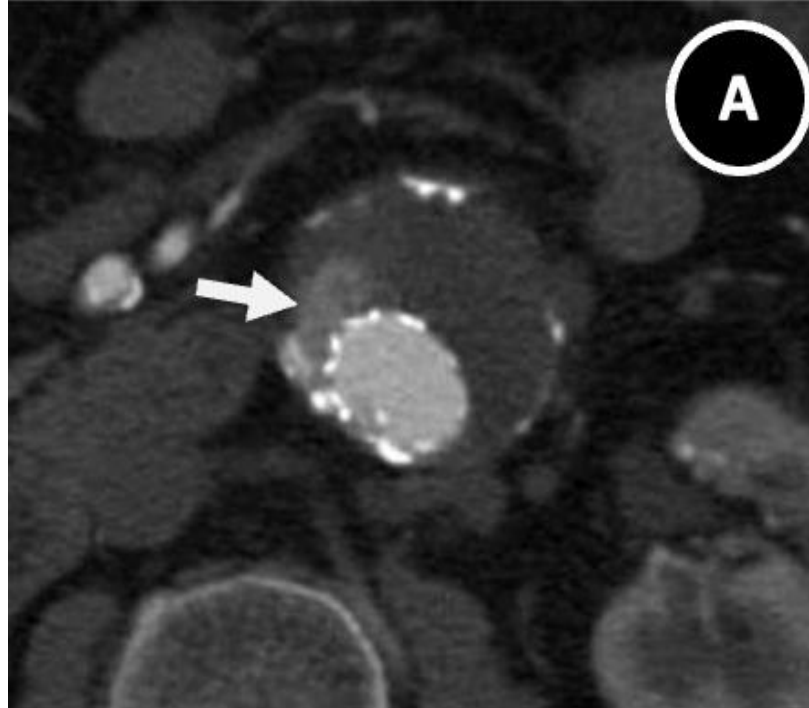
- **56% des endofuites ne sont pas classifiables** avec les critères visuels
 - 0% erreur
- Toutes les endofuites sont classifiables avec le ratio EA
 - 2% d'erreur
 - Permet donc de sélectionner **objectivement et avec fiabilité** les patients qui ont besoin d'une intervention urgente

Endoleak Type	Algorithm	EA ratio
Direct	62.8% (n=27/43)	95.3% (n=41/43)
Type 1	77.4% (n=24/31)	N/A
Type 3	25 % (n=3/12)	N/A
Type 1 or 3	0% (n=0)	95.3% (n=41/43)
Indirect (Type 2)	25 % (n= 11/44)	100% (n= 44/44)
Erroneous	0% (n=0/87)	2.3% (n=2/87)
Total	43.7% (n=38/87)	97.7% (n=85/87)

Autres critères décrits de la littérature

- **Composante tubulaire périphérique** (CTP): prédit type 2 (Chernyak 2006)
 - Pas compatible avec nos résultats: significativement plus de CTP dans les fuites directes (49% vs 16%, $p=0.001$)
- Endofuite **sans contact avec l'endoprothèse** (Gorich 1999): type 2
 - Permettent de classer seulement **25%** des endofuites (**type 2**)
- Opacification des collatérales? Presque toutes les endofuites directes et indirectes ont une opacification des collatérales (Stravopoulos 2007)
- Scénario non-classifiable: endofuites **au contact de l'endoprothèse avec opacification de collatérales** (75% des endofuites)

- Présence de collatérales opacifiées
- Contact avec l'endoprothèse
- Ratio EA=0.5
- Type 2



- Présence de collatérale opacifiée
- Contact avec l'endoprothèse
- Composante tubulaire périphérique
- Ratio EA=0.85
- Type 3



Autres caractéristiques des fuites

- Bref, le ratio EA seul est le meilleur prédicteur du type de fuite tel que démontré par l'analyse multivariée

	Odds Ratio	P value
EA ratio	1.39 (1.12, 1.76)	0.001

Pourquoi le ratio?

- **Dynamique du flux**

- Fuites type 1 ont un **pic de contraste** plus précoce vs type 2 (Sommer 2012)
- Nos résultats: densités maximales plus élevées pour les fuites directes versus indirecte en phase artérielle
- Différence de densité maximale *serait relié* à la **distance plus courte** que doit parcourir le sang pour entrer dans une fuite directe plutôt qu'indirecte

- **Densité de référence (dénominateur) aortique** à la même hauteur *permettrait* une meilleure classification que la densité maximale:

- ↓ variabilité: fonction cardiaque, volume circulant, agent de contraste, etc.
- **AUC ratio EA > AUC densité endofuites**

- Selon la courbe ROC (AUC 0.99) et index de Youden: **EA=0.77**

Limites

- Difficultés potentielles d'utilisation:
 - Qualité de la phase artérielle
 - Injection, *timing*
 - Trouver le ROI de densité maximale
 - Cependant, reproductibilité interobservateur excellente
- Limites de l'étude:
 - Étude monocentrique rétrospective: nécessite validation future
 - Étude sur TDM multidétecteur avec high pitch et protocole d'acquisition rapide

Conclusion

- $ratio\ EA = \frac{densité\ endofuite\ (HU)}{densité\ aortique\ (HU)}, 0.77$
 - Supérieur: endofuite directe (type 1 et 3)
 - Inférieur: endofuite indirecte (type 2)
 - Sensibilité 0.95, spécificité 1.00, VPP 1.00, VPN 0.96
- Méthode fiable pour distinguer les endofuites directes et indirectes
- Permet de distinguer les patients ayant besoin d'un traitement urgent de leur endofuite

Références

- Kapila V, Jetty P, Wooster D, Vucemilo V, Dubois L. Screening for abdominal aortic aneurysms in Canada: 2020 review and position statement of the Canadian Society for Vascular Surgery. *Canadian Journal of Surgery*. 2021;64(5):E461-E466. doi:10.1503/cjs.009120
- Abdominal Aortic Aneurysm | STATdx. app.statdx.com. Accessed October 14, 2022. <https://app.statdx.com/document/abdominal-aortic-aneurysm/40fd2b20-930b-4637-b982-840117030a03?term=Abdominal%20Aortic%20Aneurysm&searchType=documents&category=All>
- Karthikesalingam A, Holt PJ, Vidal-Diez A, et al. Mortality from ruptured abdominal aortic aneurysms: clinical lessons from a comparison of outcomes in England and the USA. *The Lancet*. 2014;383(9921):963-969. doi:10.1016/s0140-6736(14)60109-4
- Schermerhorn ML, Buck DB, O'Malley AJ, et al. Long-Term Outcomes of Abdominal Aortic Aneurysm in the Medicare Population. *New England Journal of Medicine*. 2015;373(4):328-338. doi:10.1056/nejmoa1405778
- Lederle FA, Kyriakides TC, Stroupe KT, et al. Open versus Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysm. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(22):2126-2135. doi:10.1056/nejmoa1715955
- Daye D, Walker TG. Complications of endovascular aneurysm repair of the thoracic and abdominal aorta: evaluation and management. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. 2018;8(S1):S138-S156. doi:10.21037/cdt.2017.09.17
- Marrewijk C van, Buth J, Harris PL, Norgren L, Nevelsteen A, Wyatt MG. Significance of endoleaks after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: The EUROSTAR experience. *Journal of Vascular Surgery*. 2002;35(3):461-473. doi:10.1067/mva.2002.118823
- Hallgren KA. Computing Inter-Rater Reliability for Observational Data: An Overview and Tutorial. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*. 2012;8(1):23-34. doi:10.20982/tqmp.08.1.p023

Références

- Görich J, Rilinger N, Sokiranski R, et al. Leakages after Endovascular Repair of Aortic Aneurysms: Classification Based on Findings at CT, Angiography, and Radiography. *Radiology*. 1999;213(3):767-772. doi:10.1148/radiology.213.3.r99dc04767
- Chernyak V, Rozenblit AM, Patlas M, et al. Type II Endoleak after Endoaortic Graft Implantation: Diagnosis with Helical CT Arteriography. *Radiology*. 2006;240(3):885-893. doi:10.1148/radiol.2403051013
- Sommer WH, Becker CR, Haack M, et al. Time-resolved CT Angiography for the Detection and Classification of Endoleaks. *Radiology*. 2012;263(3):917-926. doi:10.1148/radiol.12111217
- Dillavou ED, Muluk SC, Makaroun MS. Improving aneurysm-related outcomes: Nationwide benefits of endovascular repair. *Journal of Vascular Surgery*. 2006;43(3):446-452. doi:10.1016/j.jvs.2005.11.017
- Smith T, Quencer KB. Best Practice Guidelines: Imaging Surveillance After Endovascular Aneurysm Repair. *American Journal of Roentgenology*. 2020;214(5):1165-1174. doi:10.2214/ajr.19.22197
- Buth J, Harris PL, van Marrewijk C, Fransen G. The significance and management of different types of endoleaks. *Seminars in Vascular Surgery*. 2003;16(2):95-102. doi:10.1016/s0895-7967(03)00007-3
- Lal BK, Zhou W, Li Z, et al. Predictors and outcomes of endoleaks in the Veterans Affairs Open Versus Endovascular Repair (OVER) Trial of Abdominal Aortic Aneurysms. *Journal of Vascular Surgery*. 2015;62(6):1394-1404. doi:10.1016/j.jvs.2015.02.003
- Macari M, Chandarana H, Schmidt B, Lee J, Lamparello P, Babb J. Abdominal Aortic Aneurysm: Can the Arterial Phase at CT Evaluation after Endovascular Repair Be Eliminated to Reduce Radiation Dose? *Radiology*. 2006;241(3):908-914. doi:10.1148/radiol.2413051571