

Optimisation des doses de produits de contraste en tomomodensitométrie vasculaire

I. Généralités

La justification et l'optimisation sont, comme pour les radiations ionisantes, à la base de l'utilisation des produits de contraste iodés. Ils ne doivent être injectés que s'ils peuvent apporter des informations utiles au diagnostic, avec la quantité d'iode nécessaire et suffisante. L'évolution technologique des scanners permet une acquisition rapide, une zone d'exploration large, une modulation des kV et des mAS, et une optimisation de la qualité d'image et des doses de RX grâce aux nouveaux algorithmes (reconstruction itérative et bientôt intelligence artificielle).

Pour les protocoles vasculaires, c'est le débit d'administration d'iode qui est le facteur clé à optimiser. L'abaissement du kilovoltage permet de diminuer la dose d'exposition aux rayons X et la dose de produit de contraste nécessaire.

Une optimisation des protocoles d'injection adaptée à chaque machine doit être réalisée.

Cette fiche se propose une démarche à suivre méthodique pour optimiser les examens selon les protocoles classiques à 120 kV, en détaillant le protocole embolie pulmonaire qui est un des plus difficile à mettre en place puis pour optimiser la réduction d'exposition aux rayons X et de dose de contraste utile en réduisant les kV à 100.

II. Définitions et formules

✓ Débit d'administration d'iode (DAI) :

• **DAI g/sec = Concentration du PdC (g/L) x Débit injection (L/sec)**

Avec PdC = produit de contraste ; g = gramme ; L = litre ; sec = seconde.

Le critère de qualité est d'obtenir un rehaussement vasculaire ≥ 300 UH.

Selon la littérature, le débit d'iode à 120 kV doit se situer entre 1,2 et 1,6 g l/sec en vasculaire général et de 2 g l/sec pour les coronaroscanners. Le tableau 1 donne ainsi les débits d'injection correspondants en fonction de la concentration du produit :

		Débit d'iode (gl/sec)		
		1,2	1,6	2
		Vitesse	Vitesse	Vitesse
Concentration	300	4	5,3	6,7
	320	3,8	5	6,3
	350	3,4	4,6	5,7
	370	3,2	4,3	5,4
	400	3	4	5

Tableau 1 : Débit de l'injecteur en mL/sec en fonction du débit d'administration d'iode et de la concentration du produit.

✓ Les temps physiologiques d’opacification par voie veineuse (valeurs moyennes indicatives dépendant du débit cardiaque et de l’état physiologique du patient).

- départ de l’injection à t = 0 sec
- tronc de l’artère pulmonaire : 10-12 sec
- ventricule gauche : 17 sec
- aorte crosse : 20 sec
- aorte abdominale : 30 – 35 sec
- membres inférieurs : 40 – 45 sec

pour mémoire : temps portal : 70 sec, temps tardif : 3 à 5 min.

Ces temps conditionnent la **durée maximale d’injection** en fonction du site anatomique désiré. Il est en effet inutile de continuer à injecter après que le vaisseau d’intérêt a été opacifié, sauf dans les protocoles combinés (temps vasculaire et portal, phléboscaner...).

III. L’injection de sérum physiologique après ce temps maximum est indispensable pour « pousser » le bolus restant dans la tubulure ou stagnant dans le réseau veineux proximal.

IV. Temps d’injection

Le temps d’acquisition dépendant fortement du type de scanner, on peut proposer la formule suivante :

• **Temps d’injection = Temps arrivée du PDC – (temps acquisition / 2)**

Pour les scanners ultra rapides, où il faut avoir un volume d’injection légèrement plus important, le départ d’acquisition devra avoir un retard de 2 sec. En fonction de la formule précédente, le tableau 2 donne les principaux paramètres du protocole d’injection qu’il faudra savoir optimiser par la suite.

Tableau 2 : Protocoles exemples pour différentes localisations anatomiques

Produit de contraste iodé					
	Temps d'injection sec.	Débit d'iode g l/sec.	Concentration mg/mL	Vitesse d'injection mL/sec.	Volume mL
Embolie pulmonaire	10	1,4	300	4,7	47
t arrivée (sec.) : 12			350	4	40
t acqu. (sec.) : 4			370	3,8	38
			400	3,5	35
Coroscaner	14,5	1,4	300	4,7	68
t arrivée (sec.) : 17			350	4	58
t acqu. (sec.) : 5			370	3,8	55
			400	3,5	51
Coroscaner FLASH	16,5	1,4	300	4,7	77
t arrivée (sec.) : 17			350	4	66
t acqu. (sec.) : 1			370	3,8	62
			400	3,5	58
Aorte abdo	26,5	1,1	300	3,7	97
t arrivée (sec.) : 30			350	3,1	83
t acqu. (sec.) : 7			370	3	79
			400	2,8	73
Aorte abdo FLASH	29	1,1	300	3,7	106
t arrivée (sec.) : 30			350	3,1	91
t acqu. (sec.) : 2			370	3	86
			400	2,8	80
Membres inférieurs	36,5	1,1	300	3,7	134
t arrivée (sec.) : 40			350	3,1	115
t acqu. (sec.) : 7			370	3	109
			400	2,8	100

V. Protocole Embolie Pulmonaire

Il s’agit d’un des protocoles les plus difficiles à réaliser chez tous les patients, car très sensible au débit cardiaque et à la corpulence. La figure 1 explique la chronologie du passage du produit de contraste au niveau thoracique.

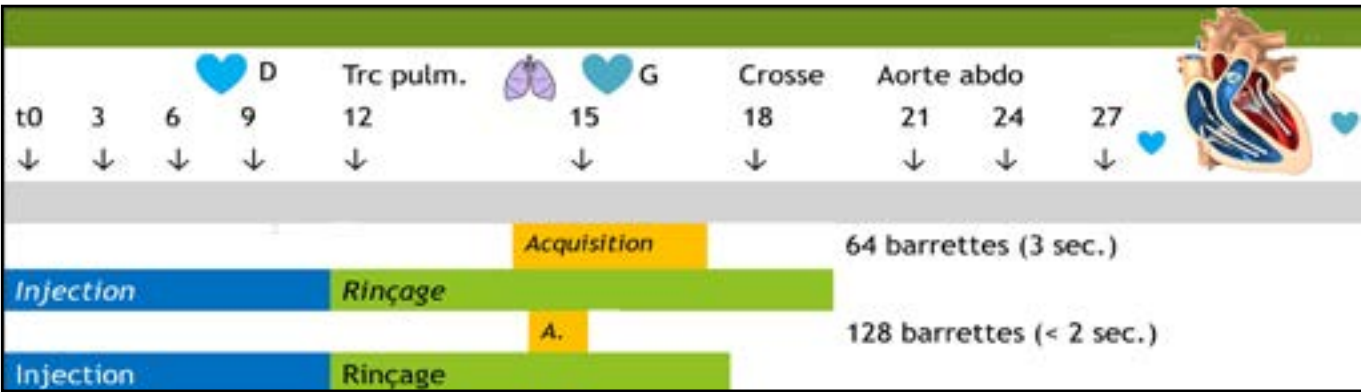


Figure 1 : Parcours du bolus de produit de contraste et temps d’acquisitions. Avec t = temps, ici en seconde après le début d’injection, t0 ; trc = tronc, G = gauche, abdo = abdominal. Le temps de balayage de la machine varie d’environ 3 secondes pour un 64 barrettes à moins de 2 secondes pour les machines disposant de plus de 64 barrettes.

Le produit de contraste met 10 secondes pour arriver jusqu’au tronc de l’artère pulmonaire. L’injection se fera donc **AU MAXIMUM sur 10 secondes**. Une fois la détection faite, automatique ou visuelle, la machine prend plusieurs secondes avant de démarrer l’acquisition (entre 4 et 7 secondes selon les constructeurs). Cela lui permet de monter en puissance, en vitesse de rotation et de se déplacer sur la première coupe. Dans le même temps, cela permet le rinçage avec du liquide physiologique et donc la récupération du volume résiduel dans la tubulure et dans les veines et rinçage du produit de contraste dans la sous-clavière et la veine cave supérieure limitant les artéfacts de blooming.

L’optimisation du protocole se fera localement pour choisir un débit d’iode (entre 1,2 et 1,6 g l/sec. le plus souvent). Le tableau 3 donne un schéma d’injection selon la concentration en iode du produit utilisé et le débit d’injection.

		Débit d'iode (gl/sec) et temps d'injection 10 sec.					
		1,2		1,6		2	
		Vitesse	Volume	Vitesse	Volume	Vitesse	Volume
Concentration	300	4	40	5,3	53	6,7	67
	320	3,8	38	5	50	6,3	63
	350	3,4	34	4,6	46	5,7	57
	370	3,2	32	4,3	43	5,4	54
	400	3	30	4	40	5	50

Tableau 3 : Protocoles embolie pulmonaire pour différents débits d’iode et un temps d’injection fixe de 10 sec.

Règles à respecter :

- Abord veineux le plus proximal possible,
 - Utiliser un cathlon le plus gros possible (vert),
 - En cas de mauvais état veineux, on sera souvent obligé de limiter le débit à 2 mL/sec et de compenser en augmentant la concentration.
- Apnée simple, PAS DE VALSALVA

Situations cliniques particulières :

- Patients **jeunes, sportifs** et la **femme enceinte** : le débit cardiaque est plus élevé, il faut augmenter le débit d'iode.
 - Patient **obèse** : un kilovoltage élevé (120 kV voire 140 kV) peut être nécessaire, ce qui diminue le pouvoir d'opacification de l'iode nécessitant une augmentation du débit d'administration d'iode (DAI) par augmentation du débit ou de la concentration ou des deux.
 - **Patient âgé** : le débit cardiaque est diminué, il faut diminuer le débit d'iode.
- Le tableau 4 donne des indications des valeurs du protocole d'injection selon la situation clinique.

Embolie pulmonaire	Produit de contraste iodé				
	Temps d'injection sec.	Débit d'iode g l/sec.	Concentration mg/mL	Vitesse d'injection mL/sec.	Volume mL
Patients âgés	10	1,4	300	4,7	47
t arrivée (sec.) : 12			350	4	40
t acqu. (sec.) : 4			370	3,8	38
			400	3,5	35
Sportifs, femmes enceintes	10	1,8	300	6	60
t arrivée (sec.) : 12			350	5,1	51
t acqu. (sec.) : 4			370	4,9	49
			400	4,5	45
Patients obèses (120-140 kV)	10	2	300	6,7	67
t arrivée (sec.) : 12			350	5,7	57
t acqu. (sec.) : 4			370	5,4	54
			400	5	50

Tableau 4 : Protocole embolie pulmonaire pour des situations particulières. Ces volumes sont des volumes minimum. On peut ajuster le volume à la dizaine supérieure.

VI. Procédure de diminution des doses de produit de contraste

Voir également la fiche « Optimisation des doses de produits de contraste en scanner - Oncologie »

La réduction du kilovoltage permet une réduction de la dose de rayonnement et de la quantité de produit de contraste. L'adaptation doit se faire en 2 grandes étapes :

- ✓ On vérifiera préalablement à toute modification la qualité des protocoles utilisés (évaluation des pratiques).
- 1) La dose doit être calculée par rapport au Débit d'administration d'iode (DAI) (cf paragraphes 1 et 2) avec pour objectif (critères de qualité), une opacification vasculaire ≥ 300 UH dans la lumière du vaisseau
- 2) Si cet objectif n'est pas atteint, il faut modifier le protocole :
 - a. Pas d'adaptation du DAI à l'examen et au patient.
 - b. Densité UH trop faible : regarder le délai d'acquisition, le bolus de sérum physiologique et le débit d'iode et adapter selon le problème détecté.
 - c. Densité UH trop élevée : timing ? regarder le délai d'acquisition et le débit d'iode et adapter selon le problème détecté.

- ✓ La deuxième étape consiste ensuite à optimisation son protocole en baissant les kV puis baisser la dose d'iode

La baisse des kV permet de rapprocher le spectre d'énergie du faisceau de RX du K edge de l'iode, et donc d'augmenter le pouvoir d'atténuation du produit de contraste. L'efficacité en termes de contraste est donc identique pour une quantité moindre d'iode, et une plus faible dose d'exposition aux rayons X. Travailler (ce qui est possible avec la grande majorité du parc installé) avec un kilovoltage bas est un devoir de qualité et d'optimisation du rapport bénéfice /risque. Le but est toujours d'obtenir un rehaussement suffisant des structures opacifiées, contrôlé par la mesure des densités en UH (cf. supra) en utilisant le moins de dose de RX et de contraste possible (as low as diagnostically acceptable ou ADARA). Classiquement à 120kV, le débit d'iode (DAI) par seconde est de 1,2 à 1,6 g/ sec. à 100 kV le DAI pourrait être de 0,96 à 1,28 g l/sec et à 80 kV entre 0,76 et 1 g l/sec.

- a. Après avoir validé les pratiques habituelles.
- b. Baisser de 120 à 100kv le kilovoltage utilisé en vasculaire et optimiser les algorithmes (reconstruction itérative, intelligence artificielle) pour compenser l'augmentation du bruit tout en évitant d'augmenter les mAs (réglages avec le constructeur).
- c. Reprendre ensuite les protocoles validés mais en baissant le débit d'iode délivré/sec par palier de 10%.
- d. Contrôle à chaque palier du respect des critères de qualité (cf supra) sur une ou deux journées sur toute une série de patients de toutes morphologies.
- e. Après validation d'une étape, il est possible de continuer en baissant encore de 10% le taux d'iode délivré/sec.
- f. Si la qualité est jugée insuffisante, on revient au palier antérieur.

VII. Synthèse

Le débit d'administration d'iode / seconde est l'élément clef en scanner vasculaire. L'obtention d'une densité du vaisseau étudié de 300 UH nécessite un DAI selon le kilovoltage utilisé de :

- 120 kV : 1,2 à 1,6 g l/sec
- 100 kV : 1,0 à 1,3 g l/sec
- 80 kV : 0,8 à 1 g l/sec