

Optimisation des doses de produits de contraste en tomодensitometrie Oncologie

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). L'injection d'une dose fixe de produit de contraste (PdC) pour tous les examens n'a plus lieu d'être. L'injection de produit de contraste iodée **doit toujours être calculée en fonction du poids du patient**. Enfin, 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 puis en réduisant les kV à 100 kV et envisage le cas particulier des patients obèses.

II. Définitions et formules

- Charge en iode = Dose d'iode par Kg de poids corporel **g I/kg**.

Classiquement entre 0,4 et 0,6 gI/kg, c'est cette dose qui sera à optimiser pour les protocoles d'opacification des parenchymes.

- Volume à injecter = [charge en iode (g/kg) x Poids (kg) / Concentration du PdC (g/L)], résultat en **litres**. Multiplier par 1000 pour l'avoir en **millilitres**.

- Débit d'administration d'iode : DAI **g/sec** = Concentration du PdC (g/L) x Débit (L/sec), cette variable est à optimiser en vasculaire (cf. fiche vasculaire).

- ✓ Temps physiologiques d'opacification pour une injection par voie veineuse :

- départ de l'injection à t = 0 sec
- tronc de l'artère pulmonaire : 10-12 sec
- cœur gauche : 22-25 sec
- aorte abdominale : 30 – 35 sec
- temps portal : 70 sec
- temps néphrographique : 90-100 sec
- temps tardif : 3 à 5 min

III. Prococoles d'opacification des parenchymes (Oncologie)

La charge en iode gouverne le rehaussement désiré des organes contrôlé par des critères de qualité (CQ).

1- La dose standard à 120 kV est 0,5 gI/kg

L'objectif est d'obtenir un rehaussement d'environ 50 UH du foie au temps portal (par rapport au foie non injecté). Si le scanner est injecté d'emblée, on cherchera une densité hépatique supérieure ou égale à 110 UH. Si le foie est stéatosique, on cherchera une densité splénique supérieure ou égale à 120 UH.

On calcule donc la dose en fonction du **poids du patient**, puis le volume à injecter en fonction de la concentration du produit.

Ex. patient de 70 kg injecté avec un PdC à 350 mgI/mL :

0,5 gI/kg x 70 kg = 35 g d'iode donc 100 ml d'un produit concentré à 350 mgI/mL

On construit facilement un tableau (Tableau 1).

POIDS du Patient	Charge en Iode	Dose à injecter	Volume à injecter (ml)			
			400 mgI/ml	370 mgI/ml	350 mgI/ml	300 mgI/ml
x kg	y = 0,5 gI/kg	x * y en g d'iode				
45	0,5	22,5	56	61	64	75
50	0,5	25	63	68	71	83
55	0,5	27,5	69	74	79	92
60	0,5	30	75	81	86	100
65	0,5	32,5	81	88	93	108
70	0,5	35	88	95	100	117
75	0,5	37,5	94	101	107	125
80	0,5	40	100	108	114	133
85	0,5	42,5	106	115	121	142
90	0,5	45	113	122	129	150
95	0,5	47,5	119	128	136	158
100	0,5	50	125	135	143	167
105	0,5	52,5	131	142	150	175
110	0,5	55	138	149	157	183

Tableau 1 : Calcul du volume à injecter en fonction de la dose, du poids du patient et de la concentration du produit. Exemples pour une dose de 0,5 g I/kg. Un calculateur est à télécharger sur le site de la SFR / Cirtaci

Il est possible d'utiliser la **surface corporelle (SC)** plutôt que le poids mais cela est surtout utile en cas de surcharge pondérale ou d'obésité (cf. chapitre IV) :

A 120 kV : Dose d'Iode g = SC * 18,6 g I (Kondo 2013).

2- Débit d'injection

Si un temps **vasculaire** est nécessaire avant le temps portal, un débit maximal en fonction de l'état veineux est souhaitable.

En oncologie, un **temps d'injection de 30 sec** permet un débit d'iode satisfaisant pour une imprégnation portale correcte.

Dans tous les cas, l'injection doit être terminée avant la fin de l'acquisition.

On calcule donc le débit en fonction du volume pour avoir un temps d'injection à 30 sec. (Tableau 2).

POIDS du Patient	Charge en Iode	Dose à injecter	Débit en fonction du volume à injecter pour un temps d'injection à 30 sec.							
			400 mgI/ml	débit (cc/sec)	370 mgI/ml	débit (cc/sec)	350 mgI/ml	débit (cc/sec)	300 mgI/ml	débit (cc/sec)
x kg	y = 0,5 gI/kg	x * y en g d'iode								
45	0,5	22,5	56	1,9	61	2,0	64	2,1	75	2,5
50	0,5	25	63	2,1	68	2,3	71	2,4	83	2,8
55	0,5	27,5	69	2,3	74	2,5	79	2,6	92	3,1
60	0,5	30	75	2,5	81	2,7	86	2,9	100	3,3
65	0,5	32,5	81	2,7	88	2,9	93	3,1	108	3,6
70	0,5	35	88	2,9	95	3,2	100	3,3	117	3,9
75	0,5	37,5	94	3,1	101	3,4	107	3,6	125	4,2
80	0,5	40	100	3,3	108	3,6	114	3,8	133	4,4
85	0,5	42,5	106	3,5	115	3,8	121	4,0	142	4,7
90	0,5	45	113	3,8	122	4,1	129	4,3	150	5,0
95	0,5	47,5	119	4,0	128	4,3	136	4,5	158	5,3
100	0,5	50	125	4,2	135	4,5	143	4,8	167	5,6
105	0,5	52,5	131	4,4	142	4,7	150	5,0	175	5,8
110	0,5	55	138	4,6	149	5,0	157	5,2	183	6,1

Tableau 2 : Pour garder une durée d'injection constante à 30 secondes, le débit augmente avec le volume à injecter. Un calculateur est à télécharger sur le site de la SFR / Cirtaci.

Ces débits théoriques ne sont pas toujours applicables, en particulier en cas de mauvais état veineux. On sera souvent obligé de limiter le débit à 2 mL/sec et compenser en augmentant la concentration et en rallongeant le temps portal à 80 sec.

3- Autres facteurs d'optimisation

- ✓ Rinçage avec du sérum physiologique.
 - ✓ 30 à 40 ml de sérum sont suffisants pour pousser le PdC résiduel de la tubulure et du réseau veineux proximal.
 - ✓ Chauffage du produit de contraste à 37°C.
- Ceci permet de diminuer la viscosité et donc la pression d'injection.

4- Procédure de diminution de dose de produit de contraste

La réduction du kilovoltage permet une réduction de la dose de RX et de la quantité utile de produit de contraste.

- ✓ On vérifiera dans un premier temps la qualité des protocoles de routine (évaluation des pratiques).

1) La dose DOIT être calculée par rapport au poids (cf paragraphes I et II) et les Critères de qualité validés :

- Vasculaire ou temps artériel :
 - ≥ 300 UH dans vaisseau
- Parenchyme au temps portal :
 1. rehaussement de 50 à 60 UH/ foie non injecté
 2. si injection d'emblée : Foie ≥ 110 UH
 3. Si stéatose hépatique : Rate ≥ 120UH

2) Prendre des mesures correctives si :

- Pas d'adaptation au poids du patient
- Densité UH trop faible : timing ? sérum physiologique ? dose pour parenchyme ? Taux d'iode délivré/sec si vasc : Correction
- Densité UH trop élevée : timing ? dose pour parenchyme ? Taux d'iode délivré/sec si vasc : Correction

✓ **Optimisation : baisser 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 est identique pour une quantité moindre d'iode, et une plus faible dose d'exposition aux rayons X.

Le but est 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).

Schématiquement une baisse de 20 kV diminue la dose de RX et d'iode de 20 %.

Ainsi à 100 Kv la dose d'iode pourrait être environ de 0,4 g I/kilo et à 80 kV de 0,32 g I/kilo. Des valeurs identiques sont retrouvées pour l'adénocarcinome du pancréas (Noda 2016).

En cas d'utilisation de la surface corporelle, la dose à 100 kV serait :

Iode g = SC * 15 g l

et à 80 kV Iode g = SC x 11 g/m² (Goshima 2014, 2016).

Méthode générale :

- Après avoir validé les pratiques habituelles,
- Baisser de 120 à 100 kV le kilovoltage utilisé en abdominopelvien et optimiser les algorithmes (reconstruction itérative, intelligence artificielle) pour compenser l'augmentation du bruit et éviter d'augmenter les mAs (réglages avec le constructeur),
- Reprendre les protocoles validés mais en baissant la charge en iode **par palier** de 10% (dose d'iode délivrée ou le débit d'iode délivré/sec),
- Contrôle du respect des contrôles de qualité (cf. supra) sur une ou deux journées **sur toute une série de patients de toutes morphologies**,
- Seconde étape en baissant encore de 10% la dose d'iode délivrée ou le taux d'iode délivré/sec,
- Contrôle du respect des contrôles de qualité (cf. supra) sur une ou deux journées,
- Si la qualité est jugée insuffisante, on revient au palier antérieur.**

Remarques : Les examens de contrôle abdomino-pelviens tous les 3 mois de patients ayant un suivi carcinologique permettent une comparaison aisée des densités parenchymateuses et vasculaires chez le même patient après avoir modifié les protocoles.

IV. Obésité et dose d'iode en oncologie

L'obtention d'un rehaussement hépatique optimal (50 UH) après injection d'un contraste iodé est particulièrement difficile chez les patients obèses, principalement en raison du bruit plus élevé qui réduit la visibilité des lésions hépatiques. L'amélioration technique des scanners (capteur, reconstruction itérative, intelligence artificielle) a permis une réduction considérable de l'incidence du bruit tout en réduisant l'exposition aux rayons X mais un protocole d'injection de contraste adéquat reste très important.

Un patient obèse présente une proportion élevée de graisse corporelle et un volume sanguin proportionnellement petit par rapport à son poids total, ainsi qu'un petit compartiment extracellulaire bien perfusé.

Le **timing du rehaussement et donc de l'injection n'est pas modifié** en cas d'obésité car le volume sanguin et le débit cardiaque augmentent proportionnellement.

La graisse corporelle est moins vascularisée que les organes et les muscles viscéraux et le **volume sanguin n'est pas linéaire au poids et à la taille**.

La dose proportionnelle au poids total surestime la quantité à injecter.

Ainsi, la posologie linéaire proportionnelle au poids peut entraîner une surestimation de la quantité de produit de contraste nécessaire chez les patients en surcharge pondérale ou obèses.

Doses proportionnelles à la surface corporelle ou au poids maigre

D'autres paramètres plus pertinents ont été proposés pour tenir compte de l'obésité et d'éviter le surdosage :

- la surface corporelle (formule),
- le poids maigre (formule ou beaucoup mieux par balance impédancemètre),
- l'indice de masse corporelle n'est pas adapté car ce n'est pas un indice de taille du corps.

Nous retiendrons la **surface corporelle** qui est la plus utilisée car plus simple :

Formule de surface corporelle (Mosteller)

$$BSA (m^2) = \sqrt{\frac{\text{poids (kg)} \times \text{taille (cm)}}{3600}}$$

Taille cm/ Poids kg	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
150	1,44	1,51	1,58	1,65	1,71	1,77	1,83	1,88	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24
155	1,47	1,54	1,61	1,67	1,74	1,80	1,86	1,91	1,97	2,02	2,07	2,13	2,18	2,23	2,27
160	1,49	1,56	1,63	1,70	1,76	1,83	1,89	1,94	2,00	2,05	2,11	2,16	2,21	2,26	2,31
165	1,51	1,59	1,66	1,73	1,79	1,85	1,91	1,97	2,03	2,09	2,14	2,19	2,25	2,30	2,35
170	1,54	1,61	1,68	1,75	1,82	1,88	1,94	2,00	2,06	2,12	2,17	2,23	2,28	2,33	2,38
175	1,56	1,64	1,71	1,78	1,84	1,91	1,97	2,03	2,09	2,15	2,20	2,26	2,31	2,36	2,42
180	1,58	1,66	1,73	1,80	1,87	1,94	2,00	2,06	2,12	2,18	2,24	2,29	2,35	2,40	2,45
185	1,60	1,68	1,76	1,83	1,90	1,96	2,03	2,09	2,15	2,21	2,27	2,32	2,38	2,43	2,48
190	1,62	1,70	1,78	1,85	1,92	1,99	2,05	2,12	2,18	2,24	2,30	2,35	2,41	2,46	2,52
195	1,65	1,73	1,80	1,88	1,95	2,02	2,08	2,15	2,21	2,27	2,33	2,38	2,44	2,50	2,55
200	1,67	1,75	1,83	1,90	1,97	2,04	2,11	2,17	2,24	2,30	2,36	2,42	2,47	2,53	2,58
205	1,69	1,77	1,85	1,92	2,00	2,07	2,13	2,20	2,26	2,33	2,39	2,45	2,50	2,56	2,61
210	1,71	1,79	1,87	1,95	2,02	2,09	2,16	2,23	2,29	2,35	2,42	2,47	2,53	2,59	2,65
215	1,73	1,81	1,89	1,97	2,04	2,12	2,19	2,25	2,32	2,38	2,44	2,50	2,56	2,62	2,68
220	1,75	1,83	1,91	1,99	2,07	2,14	2,21	2,28	2,35	2,41	2,47	2,53	2,59	2,65	2,71

Tableau 3 : Estimation de la surface corporelle en m² en fonction du poids et de la taille. Un calculateur est à télécharger sur le site de la SFR / Cirtaci.

Classiquement à 120 kV, la dose de contraste nécessaire pour les lésions hépatiques est de 0,5 g I/kg (Heiken 1995, Bae 2010) A 100 KV la dose d'iode est de l'ordre de 0,4 g I/kg (cf. supra).

En cas d'utilisation de la surface corporelle, la dose d'iode est à 120 kV de Iode g = SC * 18,6 g I (Kondo 2013) et à 100 kV : Iode g = SC * 15 g I.

Les protocoles à 80 kV ne sont pas actuellement adaptés aux patients obèses.

Le tableau 4 montre la quantité d'iode nécessaire selon que l'on calcule en fonction du poids du patient ou de sa surface corporelle. Dans ce cas la diminution de la quantité d'iode est significative (environ 18%).

Taille du patient	160 cm	180 cm
Poids du patient	90 kg	110 kg
120 kV		
Calcul de dose selon poids	45	55
Calcul de dose selon surface	37	45
100 kV		
Calcul de dose selon poids	36	44
Calcul de dose selon surface	30	36

Tableau 4 : Quantité d'iode nécessaire selon que l'on calcule en fonction du poids du patient ou de sa surface corporelle. Dans ce cas la diminution de la quantité d'iode est significative (environ 18%). Dose en g Iode.

V. Synthèse

La dose de contraste doit toujours être adaptée au poids du patient

En cas de surcharge pondérale ou d'obésité, il est préférable de calculer la dose en fonction de la surface corporelle pour éviter un surdosage.

Dose iode/kV	120 kV	100 kV	80 kV
en g/kg	0,5	0,4	0,3
en g/m ²	18,6	15	11

Tableau 5 : Résumé les doses d'iode recommandées en fonction du kilovoltage utilisé, le 80 kV étant réservé aux patients de poids normal.