

Radiologie interventionnelle des métastases osseuses

Interventional radiology for bone metastases

Frédéric Clarençon^{1,2}
Eimad Shotar²
Evelyne Cormier²
Kévin Premat^{1,2}
Mehdi Drir³
Jacques Chiras^{1,2}

¹ Sorbonne université
Faculté de médecine Paris VI
15, rue de l'École de médecine
75006 Paris
France

<frederic.clarencon@aphp.fr>
<kevin.premat@aphp.fr>
<jacques.chiras@aphp.fr>

² AP-HP
Hôpital de la Pitié-Salpêtrière
Service de neuroradiologie
47-83, boulevard de l'Hôpital
75013 Paris
France

<eimad.shotar@aphp.fr>
<evelyne.cormier@aphp.fr>

³ AP-HP
Hôpital de la Pitié-Salpêtrière
Service d'anesthésie-réanimation
47-83, boulevard de l'Hôpital
75013 Paris
France

<mehdi.drir@aphp.fr>

Remerciements et autres mentions :

Financement : aucun.

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Tirés à part : F. Clarençon

RÉSUMÉ

Le traitement local percutané des métastases osseuses a considérablement progressé durant les dernières années. Ces nouvelles techniques mini-invasives permettent d'obtenir un effet antalgique, souvent rapide et durable, un effet de stabilisation osseuse, et un effet de destruction tumorale assurant, la plupart du temps, en combinaison avec les thérapeutiques générales, la prévention des récurrences ou progressions locales.

● **Mots clés** : métastase osseuse ; traitement percutané ; vertébroplastie ; cimentoplastie ; radiofréquence ; chimio-embolisation.

ABSTRACT

Local percutaneous treatment for bone metastases has considerably progressed in recent years. These new mini-invasive techniques carry an analgesic effect which is often rapid and long-lasting. They may also help in stabilising the bone and destroying the tumour, leading, most of the time, in combination with general treatments, to the prevention of recurrence or local progression.

● **Key words**: bone metastasis; percutaneous treatment; vertebroplasty; cementoplasty; radiofrequency; chemoembolization.

Le traitement percutané des métastases osseuses (MO) a pris depuis quelques années une place importante dans la prise en charge de la pathologie métastatique. Ces techniques mini-invasives s'inscrivent naturellement dans le cadre d'une prise en charge multidisciplinaire et viennent en complément des traitements généraux (chimiothérapie, hormonothérapie, immunothérapie), et locaux (radiothérapie, chirurgie).

Dans cet article, nous présenterons les principales techniques mini-invasives : vertébroplastie/cimentoplastie, cimentoplasties renforcées, radiofréquence percutanée et chimio-embolisation, qui constituent l'arsenal thérapeutique en radiologie interventionnelle pour la prise en charge des MO. Nous détaillerons leurs indications, avantages et limites respectives.

Cimentoplastie/ vertébroplastie percutanées

La cimentoplastie percutanée est une technique qui a été décrite pour la première fois en 1987 par Galibert et Deramond [1] pour le traitement des angiomes agressifs. Progressivement, les indications de cette technique se sont élargies pour le traitement de lésions osseuses d'autres natures, notamment pour les MO [2, 3]. Cette technique consiste en l'injection, par un (des) trocart(s) positionné(s) dans la pièce osseuse à traiter, sous contrôle radiologique, d'un ciment acrylique (la plupart du temps du polyméthyl méthacrylate [PMMA]). Ces procédures peuvent être réalisées sous anesthésie locale, ou au mieux sous sédation consciente ou anesthésie générale. Selon les habitudes des équipes, les

Pour citer cet article : Clarençon F, Shotar E, Cormier E, Premat K, Drir M, Chiras J. Radiologie interventionnelle des métastases osseuses. *Innov Ther Oncol* 2019 ; 5 : 165-172. doi : 10.1684/ito.2019.0167

procédures peuvent être réalisées sous contrôle scopique et/ou scanographique.

La vertébroplastie percutanée désigne un geste de cimentoplastie réalisé sur une pièce osseuse rachidienne. Initialement cantonnées aux lésions thoraciques et lombaires, les localisations rachidiennes accessibles au traitement par vertébroplastie se sont progressivement étendues ; tous les segments rachidiens sont maintenant accessibles à la vertébroplastie (figure 1), y compris les vertèbres C1 [4] (et même les condyles occipitaux), ainsi que le sacrum (et même le coccyx) [5].

« La vertébroplastie permet d'obtenir un effet antalgique rapide et durable »

La vertébroplastie permet d'obtenir un effet antalgique rapide et durable [6]. Dans la pathologie métastatique, un effet antalgique significatif est obtenu dans 50 à 97 %

des cas [2, 3, 7], ce qui permet une baisse de la consommation des antalgiques, notamment des opiacés [8]. Les mécanismes qui concourent à l'obtention de l'effet antalgique sont multiples : effet de consolidation, destruction des fibres nerveuses responsables des stimuli nociceptifs, diminution de l'hyperpression exercée sur le périoste.

Cet effet antalgique s'accompagne le plus souvent d'une amélioration fonctionnelle, notamment à la marche, observée dans 50 à 77 % des cas [9].

De plus, le ciment injecté dans le corps vertébral va permettre de consolider la vertèbre traitée et d'éviter une éventuelle fracture secondaire, ainsi que les complications neurologiques potentiellement associées à une fracture pathologique. Ainsi, les fractures vertébrales métastatiques sur un étage déjà traité au préalable par vertébroplastie sont très rares.

Enfin, la chaleur dégagée lors de la polymérisation du ciment PMMA (de l'ordre de 70-80 °C) va avoir un effet de

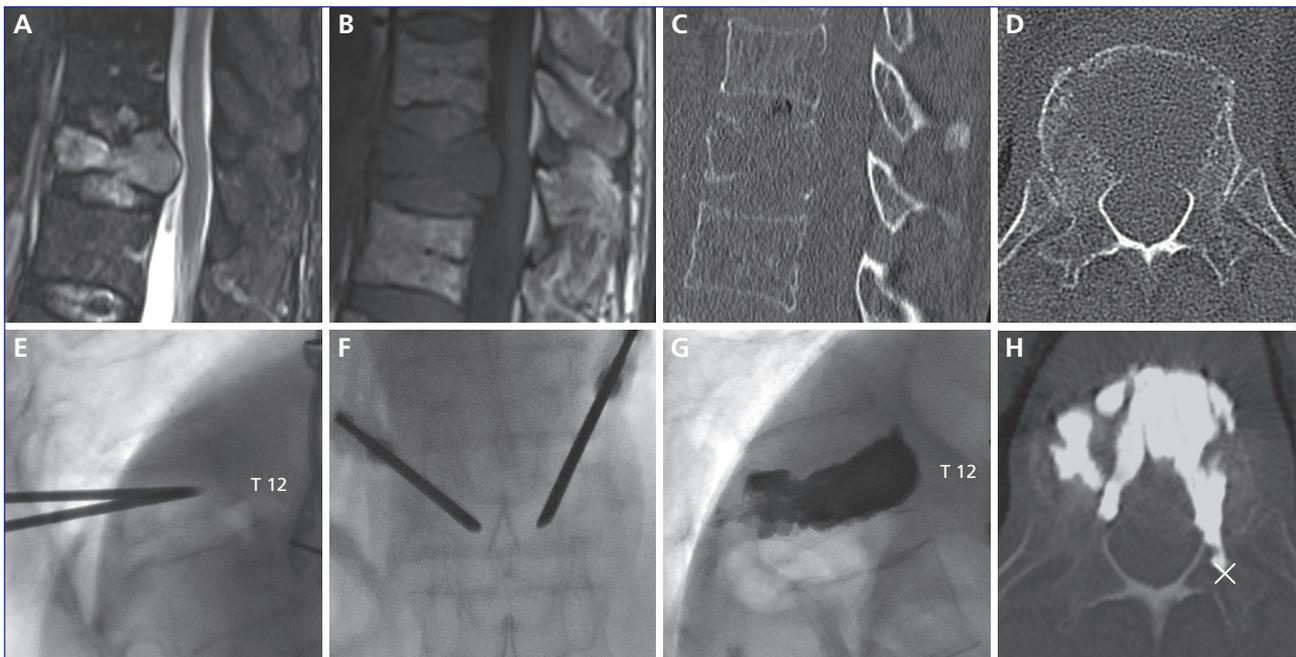


Figure 1. Vertébroplastie percutanée par voie transpédiculaire bilatérale. Homme de 70 ans suivi pour un cancer du poumon métastatique présentant une douleur de la charnière dorsolombaire, invalidante, réfractaire au traitement antalgique de palier III. Imagerie par résonance magnétique (IRM) en coupes sagittales, en pondération T2 STIR (*Short Tau inversion recovery*) (A) et T1 (B) mettant en évidence une fracture pathologique de la vertèbre T12 avec recul du mur postérieur, sans compression neurologique. Scanner du rachis en fenêtre osseuse, reconstructions sagittales (C) et axiales (D) mettant en évidence une lésion lytique de T12 avec rupture du mur postérieur. Vue scopique en incidence antéropostérieure (E) et latérale (F) montrant l'abord percutané transpédiculaire bilatéral de T12 avec des trocarts de 11G. Remplissage satisfaisant de la vertèbre en vue scopique latérale (G) et sur le contrôle scanographique en coupe axiale (H).

Figure 1. Percutaneous vertebroplasty via a bilateral transpedicular approach. 70-year-old man, monitored for metastatic lung cancer, presented with disabling pain in the thoracolumbar junction which was resistant to Step III analgesic treatment. T2 STIR (*Short Tau Inversion Recovery*) (A) and T1 (B)-weighted MRI sagittal images reveal a pathological fracture of T12 vertebra with posterior wall bulging (no compressive neurological symptom). Spine CT-scan with bone window setting, in sagittal (C) and axial (D) reconstructions, reveals a lytic lesion of T12 with a rupture of the posterior wall. Anteroposterior (E) and lateral (F) projections show the bilateral trans-pedicular percutaneous approach to T12 with 11G bone needles. Satisfactory filling of the vertebra is observed on lateral (G) and axial (H) view.

destruction tumorale par destruction thermique des structures avoisinantes dans un rayon de quelques millimètres autour de la zone traitée [10]. Cet effet, dit « carcinolytique » est corroboré par le faible taux de récurrence/progression locale après vertébroplastie [11].

Les principales contre-indications à la vertébroplastie sont d'ordre général : patient moribond, troubles de la crase sanguine, infection générale, pancytopenie ou d'ordre local : infection locale, compression radiculaire ou médullaire (risque de majoration de la compression locale par le ciment injecté).

Les gestes de cimentoplastie peuvent également être pratiqués au niveau du bassin (pelvis, cotyle), principalement sur les zones portantes, avec un effet antalgique et de consolidation osseuse démontré [12]. Plus rarement, des MO touchant des pièces osseuses non portantes, telles que les côtes ou le sternum, mais sources de douleurs intenses, peuvent également être traitées par cimentoplastie, avec de bons résultats antalgiques.

« Les lésions instables du bassin sont une bonne indication à une cimentoplastie renforcée »

La cimentoplastie a été utilisée plus récemment sur le squelette appendiculaire (os longs), avec une efficacité moindre et notamment un taux de fractures secondaires significatif, pouvant aller jusqu'à 9,1 % [13]. Ceci s'explique par l'étude des propriétés biomécaniques du ciment acrylique PMMA qui possède une excellente résistance aux contraintes en compression mais une faible résistance lors des contraintes en traction et en torsion. Ainsi, pour les os longs, comme le fémur et l'humérus, principalement soumis à ces derniers types de contraintes, la cimentoplastie seule ne permet souvent pas d'obtenir une stabilité suffisante et peut conduire à des fractures secondaires. À cet égard, les techniques de cimentoplastie renforcée, de développement plus récent, peuvent apporter une solution pour contourner cette limite pour les MO des os longs (cf. *infra*).

Cimentoplastie renforcée

Pour pallier la faible résistance du ciment PMMA en traction et en torsion, a germé l'idée d'y ajouter une armature métallique afin, à l'instar du béton armé, de le renforcer et de s'approcher au mieux des caractéristiques de l'os natif pour éviter ainsi les fractures secondaires. Ces techniques associant ciment et armature métallique sont regroupées sous le terme générique de « cimentoplasties renforcées ».

Plusieurs techniques de cimentoplastie renforcée existent. L'utilisation de vissages percutanés a été permise avec l'apparition des vis canulés qui peuvent être montées de façon coaxiale sur des aiguilles-guides, sous contrôle radioscopique et scanographique [14]. Cette technique permet d'obtenir une grande stabilité osseuse

mais nécessite l'utilisation de vis de gros calibre et la réalisation d'une incision cutanée, ce qui peut exposer à d'autres complications périopératoires, telles que les hématomes sur l'abord chirurgical. Ces vis peuvent être perforées afin de permettre une injection de ciment complémentaire [15]. Une autre technique consiste à mettre en place sous contrôle radioscopique des trocars de cimentoplastie, puis d'y insérer plusieurs broches au sein de la lésion lytique de manière à ce qu'elles soient ancrées dans l'os sain et finalement de compléter par une injection de ciment par ces mêmes trocars (figure 2). Cette technique permet de placer un plus grand nombre de broches de plus petit calibre et dans des directions différentes, tout en limitant le nombre d'abords transcorticaux [16].

En pathologie osseuse métastatique, de même que pour la cimentoplastie seule, la cimentoplastie renforcée est réalisée à visée palliative pour le traitement des douleurs réfractaires mais aussi en prévention du risque fracturaire pour les lésions considérées comme instables ; principalement les lésions lytiques des os longs, en particulier les lésions cervico-trochantériennes, tibiales et humérales.

Les lésions instables du bassin peuvent aussi être de bonnes indications à une cimentoplastie renforcée lorsqu'elles sont volumineuses et qu'elles touchent les zones portantes telles que les cotyles ou les régions de transmission de forces, comme les ailerons sacrés (figure 3). Il est aussi possible de traiter des fractures pathologiques par cette technique, à condition que celles-ci ne présentent pas de déplacement majeur. Néanmoins, le traitement de référence des fractures pathologiques reste la chirurgie stabilisatrice « à ciel ouvert », mais dont la limite principale concerne l'état général du patient.

Ainsi, il a été démontré que la cimentoplastie renforcée pour les lésions instables du fémur est significativement plus efficace que la cimentoplastie seule sur la douleur (89 % des patients avaient une amélioration satisfaisante de leurs douleurs contre 57 % [$p = 0,034$] dans le groupe cimentoplastie seule). De même, le taux de fractures secondaires est significativement moindre avec la cimentoplastie renforcée [17].

Même si la cimentoplastie renforcée est un traitement considéré comme mini-invasif, elle reste une intervention chirurgicale à part entière qui expose à un certain nombre de complications. La complication la plus redoutée est la fracture secondaire, qui semble plus fréquente dans les cas de cimentoplasties renforcées du bassin, où elle peut s'observer jusque dans 5,7 % des cas [14]. Ces fractures secondaires peuvent avoir des conséquences graves car elles vont évidemment générer des douleurs et un handicap supplémentaire, mais aussi par le fait que le ciment et les broches peuvent rendre plus difficile le traitement chirurgical ultérieur de la fracture. Les autres complications par ordre de fréquence sont : la persistance de douleurs locales, les hématomes du site opératoire, le déplacement du matériel, l'infection et l'essaimage tumoral sur le trajet de ponction [18]. Enfin, des

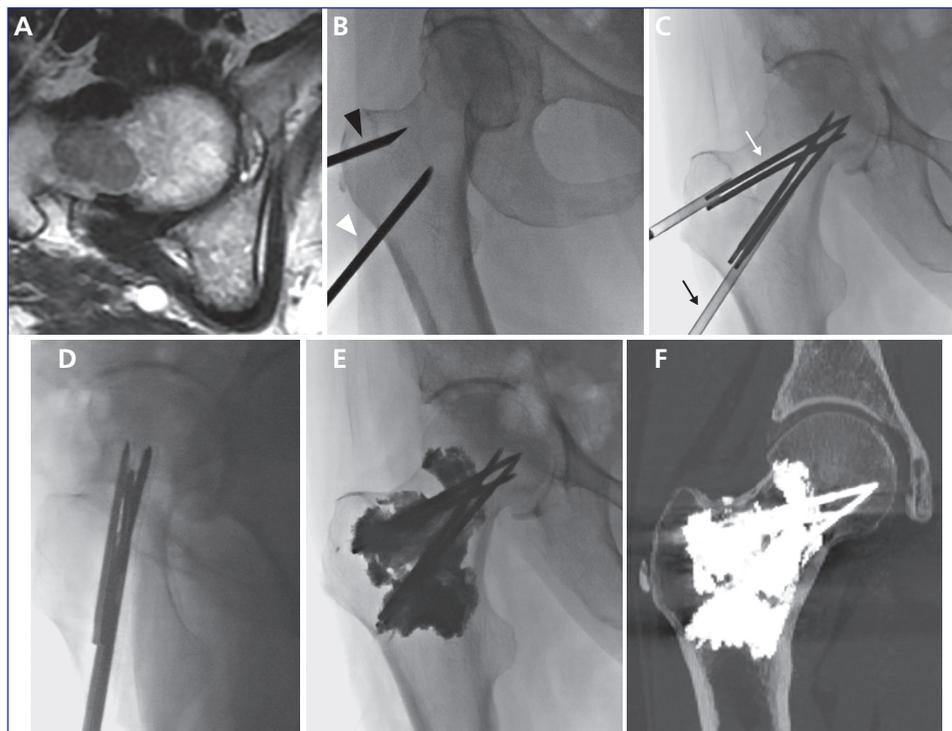


Figure 2. Cimentoplastie renforcée du col fémoral. Patiente de 85 ans présentant en imagerie par résonance magnétique (IRM) axiale pondérée T2 (A) une lésion ostéolytique du col fémoral droit, d'origine myélomateuse. (B) Cliché fluoroscopique de face : deux trocars sont insérés juste en regard de la lésion, l'un obliquement dans l'axe du col du fémur (pointe de flèche blanche) et le second horizontalement à travers le grand trochanter (pointe de flèche noire). (C) et (D) Clichés fluoroscopiques de face et de profil : quatre broches (flèche blanche) sont insérées au travers des aiguilles à l'aide d'un mandrin (flèche noire) jusqu'à ce que l'extrémité de chaque broche atteigne la tête fémorale. (E) et (F) Cliché de contrôle radioscopique et contrôle tomodynamométrique après injection complémentaire de ciment, montrant une répartition homogène du ciment PMMA (polyméthyl méthacrylate) au sein de la lésion et dans l'os adjacent. La patiente a été soulagée de manière satisfaisante avec une EVA à 1/10 à un mois du traitement.

Figure 2. Reinforced cementoplasty of the femoral neck. (A) 85-year-old female patient presenting with an osteolytic lesion of the right femoral neck, from a multiple myeloma; T2-weighted axial MRI. (B) Fluoroscopic anteroposterior projection showing two bone needles inserted in the lesion, one obliquely at the axis of the femoral neck (white arrow) and the second horizontally through the greater trochanter (black arrow). (C) and (D) Fluoroscopic anteroposterior and lateral projections showing four spindles (white arrow) inserted through the bone needles using a mandrel (black arrow) until the tip of each spindle reached the femoral head. (E) and (F) Plain X-Ray and CT scan following the additional injection of cement, revealing the satisfactory filling with PMMA cement of both the lesion and the adjacent bone. The patient experienced a satisfactory pain relief with a VAS score of 1/10 at one month follow-up.

complications liées à l'injection de ciment, telles que les fuites veineuses, peuvent survenir, ainsi que la décompensation de comorbidités, dans cette population souvent fragile.

Radiofréquence percutanée

L'ablation par radiofréquence (ARF) est une technique utilisée depuis de nombreuses années pour le traitement percutané de lésions tumorales viscérales [19]. Plus récemment, son utilisation s'est répandue pour le traitement des lésions tumorales osseuses, notamment des MO [20]. Cette technique permet de détruire par échauffement local, par l'application *in situ* via une sonde, d'ondes de radiofréquences (rayonnements

électromagnétiques non ionisants, de moyennes fréquences ; entre 400 à 500 kHz) (figure 4). L'échauffement local cible varie entre 55 et 100 °C. Au-delà de 55 °C, surviennent des dommages cellulaires immédiats et irréversibles par dénaturation protéique (nécrose de coagulation ; effet de destruction tumorale recherché par l'ARF). Les températures supérieures à 100 °C provoquent la carbonisation des tissus qui dégrade la conduction électrique et thermique par son effet isolant (effet non recherché par l'ARF, car limitant son efficacité).

Les principales indications de l'ARF sont la destruction tumorale d'une MO unique ou prévalente, ou le traitement d'une MO présentant une extension importante aux parties molles adjacentes.

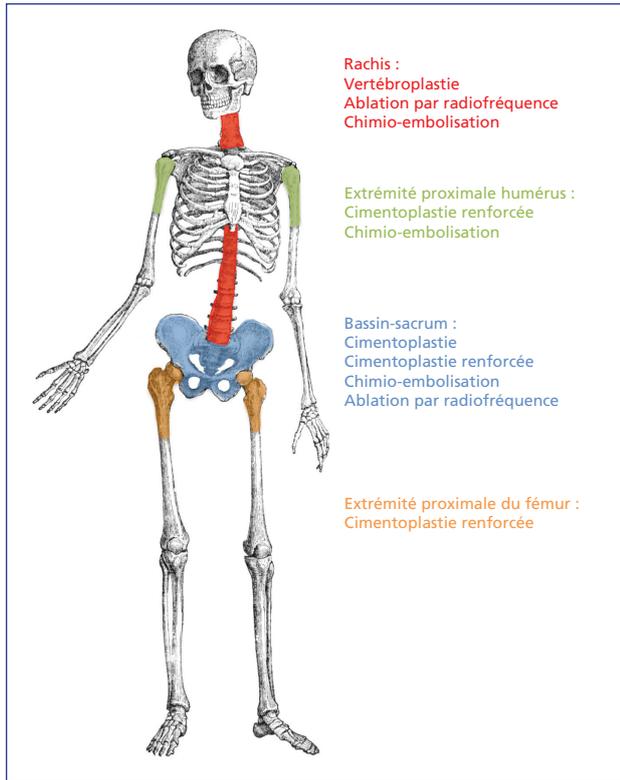


Figure 3. Techniques interventionnelles percutanées en fonction des localisations osseuses secondaires.

Figure 3. *Interventional percutaneous techniques according to bone metastases' locations.*

Les contre-indications de l'ARF sont une trop grande proximité (< 1 cm) avec des structures nerveuses (moëlle épinière, racine nerveuse) ou cutanées. Néanmoins, l'utilisation de thermocouples permet maintenant de

monitorer l'élévation locale de la température à proximité de structures nobles/sensibles aux élévations de température et de contourner cette limite. La présence de matériel chirurgical métallique à proximité de la zone à traiter ou la présence d'un pacemaker chez le patient représentent également des contre-indications à l'ARF.

« L'ablation par radiofréquence permet une destruction tumorale »

Il est à noter que cette technique, si elle permet une destruction tumorale, n'apporte pas de consolidation osseuse. Aussi, une cimentoplastie/vertébroplastie additionnelle pourra être réalisée dans le même temps pour palier cette limite [21].

L'ARF peut être réalisée sous anesthésie locale, sédation consciente ou anesthésie générale. L'avantage d'un geste réalisé sous anesthésie locale ou sédation consciente est un meilleur contrôle des complications neurologiques pendant le geste (possibilité de *testing* neurologique durant l'intervention). L'inconvénient de ces deux modalités anesthésiques est le caractère souvent douloureux de l'ARF, qui sera mieux contrôlé sous anesthésie générale.

L'efficacité de l'ARF pour les MO en termes antalgique varie dans la littérature de 50 et 100 % des cas [22, 23]. Cette efficacité antalgique est source d'une amélioration fonctionnelle, avec jusque 74 % d'amélioration à la marche (et 40 % de patients reprenant une marche normale) [21]. Une récurrence douloureuse locale peut s'observer entre 0 à 42 % des cas et est généralement associée à une récurrence/progression tumorale locale.

Les principales complications pouvant s'observer au décours d'une procédure d'ARF sont une atteinte thermique d'une structure nerveuse (myélopathie, radiculopathie) [21], parfois source de séquelles définitives, ou des brûlures cutanées, pouvant aller jusqu'à des lésions au troisième degré.

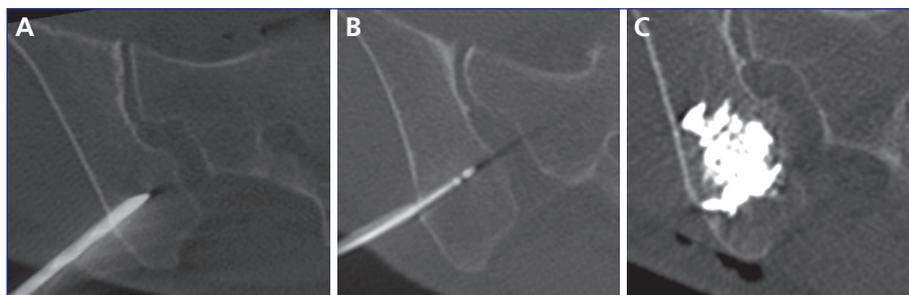


Figure 4. Thermo-ablation par radiofréquence, puis cimentoplastie. Femme de 40 ans suivie pour un cancer du sein, présentant une lésion métastatique osseuse unique douloureuse de la partie postérieure de l'aile iliaque droite. (A) Abord percutané de la lésion avec un trocart 11G sous contrôle scanographique. (B) Échange du trocart sur broche de Kirschner pour un introducteur vasculaire et mise en place de la sonde de RF dans la lésion. (C) Scanner de contrôle post-RF et cimentoplastie antalgique.

Figure 4. *Radiofrequency ablation and cementoplasty. 40-year-old woman, monitored for breast cancer, presenting with a single, painful metastatic bone lesion of the posterior aspect of the right iliac wing. (A) Percutaneous approach to the lesion using an 11G bone needle under CT (computed tomography) guidance. (B) Bone needle was exchanged for a vascular introducer over a Kirschner pin, with subsequent positioning of the RF probe in the lesion. (C) CT scan post-RF and cementoplasty.*

Chimio-embolisation

La chimio-embolisation est une technique endovasculaire qui consiste en une instillation lente locale, au plus près de la tumeur, *via* un microcathéter navigué par voie intra-artérielle, d'une ou plusieurs chimiothérapies. Cette instillation *in situ* permet d'augmenter la concentration locale de la chimiothérapie (20 à 40 fois) et donc l'efficacité de l'agent anticancéreux, tout en réduisant les effets secondaires généraux de la chimiothérapie [24].

Pour augmenter l'imprégnation de la MO par l'agent cytotoxique, une embolisation du (des) pédicule(s) nourricier(s) par microparticules est réalisée après l'instillation de la chimiothérapie [25] (*figure 5*). Les doses de chimiothérapies injectées sont faibles (de 300 à 400 mg de carboplatine et 10 mg d'adriamycine au total, répartis sur les différents pédicules embolisés), mais suffisantes pour obtenir une activité antitumorale locale, sans toxicité générale. Généralement, trois séances de chimio-embolisation espacées d'un mois sont réalisées pour

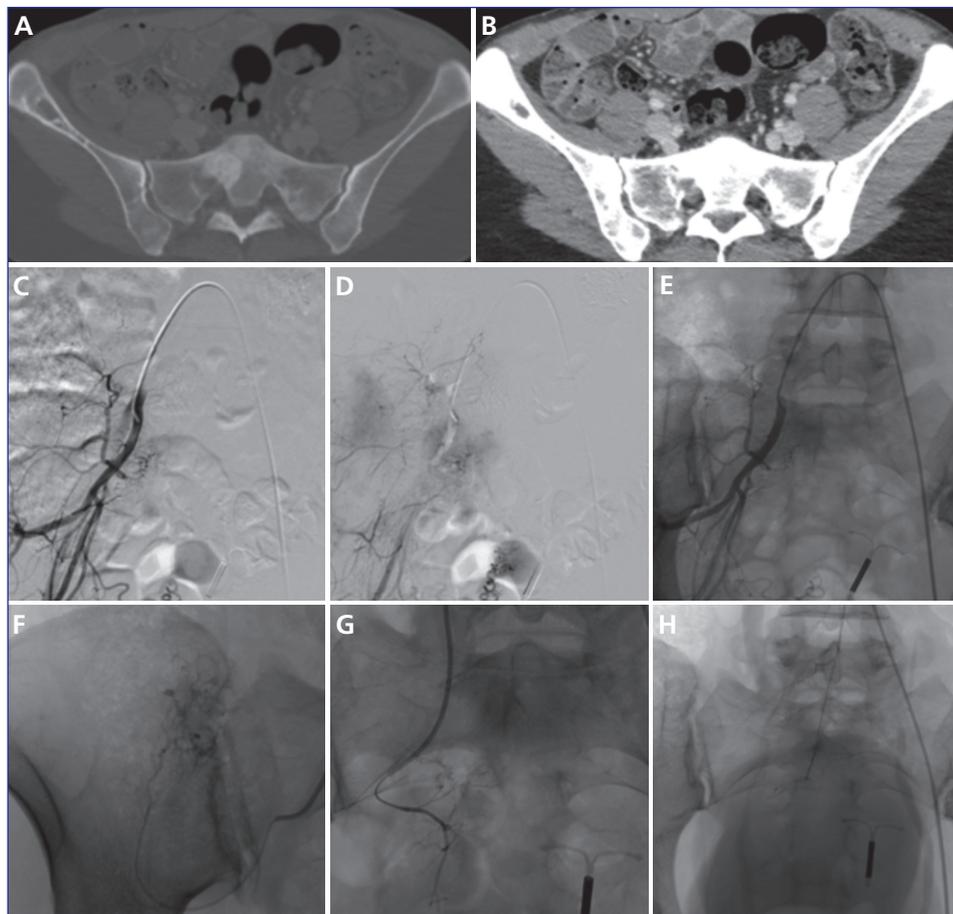


Figure 5. Chimio-embolisation de métastases osseuses. Femme de 36 ans suivie pour un cancer du sein multimétastatique, présentant des douleurs invalidantes du bassin, en rapport avec des lésions de l'aile iliaque droite et du sacrum, avec extension au foramen sacré S1 droit. Persistance des douleurs après radiothérapie faisant poser l'indication d'une chimio-embolisation. Tomodensitométrie (TDM) du bassin en fenêtre osseuse (A) et tissu mou (B) mettant en évidence des lésions multiples, avec en particulier effraction foraminale S1 droite. Angiographie soustraite au temps artériel précoce (C) et tardif (D) et angiographie non soustraite (E) de l'artère iliaque interne droite démontrant l'hypervascularisation des métastases iliaque et sacrée. Angiographie sélective des afférences artérielles iliaque (F), sacrée latérale (G) et sacrée médiane (H) des métastases osseuses en vue de la chimio-embolisation. Recrudescence transitoire des douleurs au décours du geste avant leur résolution complète.

Figure 5. Chemoembolization of bone metastasis. 36-year-old woman, with a multimetastatic breast cancer, presenting with disabling pain in the pelvis, secondary to lesions in the right iliac wing and sacrum, with extension to the right S1 sacral foramina. Persistent pain following radiotherapy led to indication of chemoembolization. CT (computed tomography)-scan of the pelvis; bone windowing (A) and soft tissue windowing (B) reveals multiple metastatic lesions, with a S1 right foraminal fracture. Digital subtraction angiography at the early (C) and late (D) arterial phase and non-subtracted angiography (E) of the right internal iliac artery show hypervascularisation of iliac and sacral metastases. Selective angiography of the supplies from the iliac artery (F), lateral sacral artery (G), and median sacral artery (H) to the bone metastases before chemoembolization. There was a transient pain worsening at the end of the procedure, then followed by complete relief.

augmenter l'efficacité du geste. Ce type de procédure est principalement employé pour traiter les MO uniques ou prévalentes, précédemment irradiées, inopérables et échappant au traitement médical. La chimio-embolisation permet de traiter la plupart des MO. Néanmoins, certains MO sont plus sensibles à cette technique, comme celles des cancers du sein, et d'autres beaucoup moins sensibles, comme celles des néoplasies pulmonaires ou digestives.

L'effet antalgique est obtenu jusque dans plus de 80 % des cas pour les lésions du bassin ou du rachis grâce à cette technique [26]. La réponse en termes d'analgésie semble, par ailleurs, meilleure et plus durable avec la chimio-embolisation qu'avec la dévascularisation artérielle (embolisation) seule [24]. Une réponse tumorale (stabilité ou régression de la MO) est obtenue dans 30 à 84 % des cas [25]. La bonne réponse tumorale à la chimio-embolisation peut même parfois s'accompagner, pour les lésions ostéolytiques, d'une reconstruction osseuse.

Des effets indésirables à type de recrudescence des douleurs, parfois associée à une hyperthermie, peuvent s'observer au décours de la procédure de chimio-embolisation.

Les principales complications de la chimio-embolisation sont : des atteintes radiculaires transitoires (par chimio-toxicité sur la racine nerveuse), des nécroses cutanées (pour les chimio-embolisations des lésions volumineuses proches du plan cutané) ou des réactions allergiques (qui sont exceptionnelles).

Conclusion

L'arsenal thérapeutique du traitement mini-invasif des MO s'est considérablement étoffé durant ces dernières années, et permet maintenant d'obtenir un contrôle local et un effet antalgique sur les MO dans la majorité des cas. Ces techniques doivent être choisies, et éventuellement combinées, en fonction de la localisation de la lésion et du statut tumoral du patient. Ces traitements mini-invasifs s'intègrent dans une stratégie globale

de prise en charge de la pathologie métastatique et doivent donc faire l'objet d'une discussion multidisciplinaire au préalable.

RÉFÉRENCES

1. Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie* 1987 ; 33 (2) : 166-8.
2. Weill A, Chiras J, Simon JM, et al. Spinal metastases: indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology* 1996 ; 199 (1) : 241-7. doi: 10.1148/radiology.199.1.86833152
3. Cotten A, Dewatre F, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methyl methacrylate at clinical follow-up. *Radiology* 1996 ; 200 (2) : 525-30. doi: 10.1148/radiology.200.2.8685351
4. Clarencon F, Cormier E, Pascal-Moussellard H, et al. Transoral approach for percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteolytic tumor lesions of the lateral mass of the atlas: feasibility and initial experience in 2 patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013 ; 38 (3) : E193-7. doi: 10.1097/BRS.0b013e31827d41c7
5. Pereira LP, Clarencon F, Cormier E, et al. Safety and effectiveness of percutaneous sacroplasty: a single-centre experience in 58 consecutive patients with tumours or osteoporotic insufficient fractures treated under fluoroscopic guidance. *Eur Radiol* 2013 ; 23 (10) : 2764-72. doi: 10.1007/s00330-013-2881-3
6. Clarencon F, Fahed R, Gabrieli J, et al. Safety and clinical effectiveness of percutaneous vertebroplasty in the elderly (≥ 80 years). *Eur Radiol* 2016 ; 26 (7) : 2352-8. doi: 10.1007/s00330-015-4035-2
7. Wu AS, Fournay DR. Supportive care aspects of vertebroplasty in patients with cancer. *Support Cancer Ther* 2005 ; 2 (2) : 98-104. doi: 10.3816/SCT.2005.n.003
8. Cohen JE, Lylyk P, Ceratto R, et al. Percutaneous vertebroplasty: technique and results in 192 procedures. *Neural Res* 2004 ; 26 (1) : 41-9. doi: 10.1179/016164104773026516
9. Alvarez L, Perez-Higueras A, Quinones D, et al. Vertebroplasty in the treatment of vertebral tumors: postprocedural outcome and quality of life. *Eur Spine J* 2003 ; 12 (4) : 356-60. doi: 10.1007/s00586-003-0525-z
10. Kim YI, Kang HG, Kim SK, et al. Clinical outcome prediction of percutaneous cementoplasty for metastatic bone tumor using (18)F-FDG PET-CT. *Ann Nucl Med* 2013 ; 27 (10) : 916-23. doi: 10.1007/s12149-013-0771-z
11. Roedel B, Clarencon F, Touraine S, et al. Has the percutaneous vertebroplasty a role to prevent progression or local recurrence in spinal metastases of breast cancer? *J Neuroradiol* 2015 ; 42 (4) : 222-8. doi: 10.1016/j.neurad.2014.02.004
12. Moser TP, Onate M, Achour K, et al. Cementoplasty of pelvic bone metastases: systematic assessment of lesion filling and other factors that could affect the clinical outcomes [Epub ahead of print]. *Skeletal Radiol* 2019. doi: 10.1007/s00256-019-3156-0
13. Cazzato RL, Buy X, Eker O, et al. Percutaneous long bone cementoplasty of the limbs: experience with 51 non-surgical patients. *Eur Radiol* 2014 ; 24 (12) : 3059-68. doi: 10.1007/s00330-014-3357-9
14. Deschamps F, de Baere T, Hakime A, et al. Percutaneous osteosynthesis in the pelvis in cancer patients. *Eur Radiol* 2016 ; 26 (6) : 1631-9. doi: 10.1007/s00330-015-3971-1
15. Lin PP, Kang HG, Kim YI, et al. Minimally-invasive surgery for femoral neck fractures using bone cement infusible hollow-perforated screw in high-risk patients with advanced cancer. *Surg Oncol* 2015 ; 24 (3) : 226-31. doi: 10.1016/j.suronc.2015.05.003
16. Premat K, Clarencon F, Bonaccorsi R, et al. Reinforced cementoplasty using dedicated spindles in the management of unstable malignant lesions of the cervicotrochanteric region. *Eur Radiol* 2017 ; 27 (9) : 3973-82. doi: 10.1007/s00330-017-4774-3
17. Tian QH, He CJ, Wu CG, et al. Comparison of percutaneous cementoplasty with and without interventional internal fixation for impending malignant pathological fracture of the proximal femur. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2016 ; 39 (1) : 81-9. doi: 10.1007/s00270-015-1133-0
18. Roux C, Tselikas L, Yevich S, et al. Fluoroscopy and cone-beam CT-guided fixation by internal cemented screw for pathologic pelvic fractures. *Radiology* 2019 ; 290 (2) : 418-25. doi: 10.1148/radiol.2018181105

Take home messages

- La vertébroplastie percutanée est une technique sûre et efficace pour le traitement des métastases osseuses hyperalgiques et/ou instables.
- La cimentoplastie renforcée permet de traiter efficacement les métastases des os longs sans effraction corticale.
- L'ablation par radiofréquence percutanée permet d'obtenir un effet de destruction tumorale.
- La chimio-embolisation apporte un effet antalgique significatif sur les métastases hyperalgiques non-éligibles aux autres modalités thérapeutiques.

- 19.** Dupuy DE. Radiofrequency ablation: an outpatient percutaneous treatment. *Med Health R* / 1999 ; 82 (6) : 213-6.
- 20.** Simon CJ, Dupuy DE. Percutaneous minimally invasive therapies in the treatment of bone tumors: thermal ablation. *Semin Musculoskelet Radiol* 2006 ; 10 (2) : 137-44. doi: 10.1055/s-2006-939031
- 21.** Clarençon F, Jean B, Pham HP, *et al.* Value of percutaneous radiofrequency ablation with or without percutaneous vertebroplasty for pain relief and functional recovery in painful bone metastases. *Skeletal Radiol* 2013 ; 42 (1) : 25-36. doi: 10.1007/s00256-011-1294-0
- 22.** Hoffmann RT, Jakobs TF, Trumm C, *et al.* Radiofrequency ablation in combination with osteoplasty in the treatment of painful metastatic bone disease. *J Vasc Interv Radiol* 2008 ; 19 (3) : 419-25. doi: 10.1016/j.jvir.2007.09.016
- 23.** van der Linden E, Kroft LJ, Dijkstra PD. Treatment of vertebral tumor with posterior wall defect using image-guided radiofrequency ablation combined with vertebroplasty: preliminary results in 12 patients. *J Vasc Interv Radiol* 2007 ; 18 (6) : 741-7. doi: 10.1016/j.jvir.2007.02.018
- 24.** Chiras J, Cormier E, Baragan H, *et al.* Interventional radiology in bone metastases. *Bull Cancer* 2007 ; 94 (2) : 161-9.
- 25.** Clarençon F, Cormier E, Di Maria F, *et al.* Chemoembolization of symptomatic bone metastases: technical considerations and therapeutic effectiveness. *J Radiol* 2011 ; 92 (9) : 814-20. doi: 10.1016/j.jradio.2011.07.011
- 26.** Chiras J, Adem C, Vallee JN, *et al.* Selective intra-arterial chemoembolization of pelvic and spine bone metastases. *Eur Radiol* 2004 ; 14 (10) : 1774-80. doi: 10.1007/s00330-004-2240-5