

## OSTÉONÉCROSE DYSBARIQUE. INTÉRÊT DE L'EXAMEN PAR RADIO-ISOTOPES

G. SUSBIELLE<sup>1</sup>, J. FONROGET<sup>2</sup> et M. PHILBERT<sup>3</sup>

*Association Paritaire d'Action Sociale Médecine du Travail du Bâtiment et des Travaux Publics de la Région Parisienne<sup>1</sup>, Département radio-isotopes, Hôpital Cochin, Paris<sup>2</sup>, Consultation de Pathologie Professionnelle, Service d'Electrologie, Hôpital Cochin, Paris, France*

### RÉSUMÉ

L'ostéonécrose dysbarique est une variété de nécrose osseuse aseptique frappant des sujets, par ailleurs bien portants, qui ont respiré en hyperbarie (ouvriers des caissons, scaphandriers-plongeurs).

La classification des lésions, adoptée en France et dans le Royaume Uni, est celle qui a été définie par Walder et son Ecole de Newcastle, à savoir les lésions juxta articulaires, et les lésions de la tête du col et de la diaphyse.

Le diagnostic précoce est essentiel et pour cela il faut obligatoirement pratiquer des radiographies selon les incidences standardisées à l'embauche et à l'occasion de chaque visite annuelle.

La radiographie, même d'excellente qualité, restant un moyen d'investigation imparfait, nous devons avoir recours à l'exploration isotopique afin de préciser la valeur pathologique de certaines lésions comme les opacités centromédullaires ou bien d'apprécier les géodes bordées du col, qui sont susceptibles de se modifier après des plongées profondes d'intervention ou après des plongées à saturation.

L'évolution constatée à la scintigraphie de certaines de ces lésions jusqu'ici considérées comme bénignes doit amener le médecin spécialiste à remettre en question l'aptitude au travail des plongeurs qui en sont porteurs.

L'ostéonécrose dysbarique est une variété de nécrose osseuse aseptique liée à des variations de la pression ambiante. Ces variations étant particulièrement rapides et importantes dans l'eau (de l'ordre de 1 kg/cm<sup>2</sup> par 10 m de profondeur), cette affection frappe essentiellement des sujets, par ailleurs bien portant qui ont respiré en hyperbarie (ouvriers de caissons, scaphandriers, plongeurs).

Le terme dysbarique est adopté partout dans le monde depuis le symposium de Galveston (U.S.A.) en 1972.

### RAPPEL PATHOGENIQUE

L'organisme peut être considéré comme un milieu hétérogène formé pour une grande part d'une mosaïque de tissus à composants aqueux ou gras dans lesquels se dissolvent les gaz respirés, en fonction de leur pression partielle, jusqu'à obtention d'un état d'équilibre physique, la saturation.

Ainsi, pendant la phase de compression et le séjour en hyperbarie, les tissus emmagasinent d'importantes quantités de gaz mais cette dissolution n'est ni homogène, ni instantanée : elle est fonction de plusieurs facteurs, en particulier la teneur des tissus en eau ou en graisse et l'irrigation locale.

Les tissus riches en eau (sang, muscle) seaturent et se désaturent rapidement (environ 1/4 heure) mais à un taux relativement bas. Les tissus riches en graisse (comme la moelle osseuse) seaturent beaucoup plus lentement (au-delà de 6 heures) mais à un taux beaucoup plus élevé (cinq fois plus, dans le cas de l'azote).

Lors du retour à la pression atmosphérique, la pression hydrostatique diminuant, l'organisme se libère, par l'émonctoire pulmonaire, de la surcharge gazeuse emmagasinée en surpression. Comme la phase de dissolution, la phase de libération gazeuse n'est ni un phénomène instantané, ni homogène.

Pendant la décompression, le risque est lié à l'apparition de bulles lorsque le rapport de sursaturation critique est dépassé, c'est-à-dire lorsqu'il y a une trop grande différence entre la pression partielle des gaz dissous dans les divers tissus de l'organisme, et celle qui existe à la pression ambiante. Au delà de certaines valeurs de ce rapport les gaz dissous changent de phase.

Les bulles sont essentiellement constituées par les diluants inertes de l'oxygène : azote, hélium, le gaz carbonique résultant des combustions organiques ayant un rôle favorisant. Les bulles peuvent être intra-vasculaires (bulles circulantes) ou intratissulaires (bulles immobiles) localisées ou généralisées. Les conditions d'apparition de ce phénomène complexe étant elles-mêmes fonction des paramètres de la plongée (durée, profondeur, travail effectué, vitesse de décompression). La formation des bulles est le phénomène initial qui, lorsqu'il est important entraîne dans une seconde phase, l'apparition d'une série de perturbations biologiques [effets mécaniques de stase sur la circulation de retour, embolies artérielles lorsque l'émonctoire pulmonaire est dépassé, hypovolémie, agrégation des hématies (sludge), agrégation plaquettaire au niveau de l'interface bulleplasma, activation de la coagulation sanguine (facteur Hageman), libération d'acides gras saturés et embolies graisseuses].

Les tables de décompression appelées tables de plongée ont pour but d'éviter la formation des bulles ou du moins de la limiter à un maximum tolérable par l'organisme en respectant les courbes exponentielles de la désaturation des tissus qui permettent l'élimination physiologique par les poumons, de la quasitotalité de la surcharge gazeuse dissoute.

L'utilisation de détecteurs ultrasoniques à effet Doppler a, depuis quelques années, apporté une très importante contribution à la connaissance de la formation des bulles, du moins pour les bulles circulantes.

Ainsi a-t-on pu schématiser trois types de décompression: une décompression sans bulle (elle réalise un optimum théorique vers lequel il faut tendre), une décompression avec bulles intravéineuses, éliminées par la voie pulmonaire, pas d'accident clinique (bulles non pathogènes) et une décompression avec accidents cliniques et bulles pathogènes, soit par surproduction locale intratissulaire de bulles non circulantes (notamment au niveau de l'os), soit par encombrement et insuffisance de l'émonctoire pulmonaire (syndrome général, embolies gazeuses artérielles).

L'ostéonécrose dysbarique apparaît comme la conséquence plus ou moins éloignée d'un dégagement de bulles gazeuses, au niveau de l'os, dans les vaisseaux et la moelle, au cours d'une décompression. Les os, dont on a pu dire qu'ils constituent avec leurs parois rigides de véritables pièges à bulles, sont, du fait de leur moelle grasseuse, électivement concernés par les plongées prolongées. Cependant, la dissolution d'un gaz étant proportionnelle à la pression qu'il exerce (loi de Henry), l'apparition de bulles intraosseuses peut aussi se produire dans un contexte de formation de bulles généralisées, après des plongées brèves mais profondes, suivies de remontées rapides.

La traduction clinique de l'accident aigu de décompression au niveau de l'os est une douleur ostéomyoarticulaire communément appelée "bend" d'intensité souvent très grande, s'accompagnant d'impotence fonctionnelle et cédant généralement à la recompression thérapeutique. Elle est assez fréquemment retrouvée à l'interrogatoire, mais la corrélation n'est pas absolue.

#### DELAIS ET MODALITES D'APPARITION DE L'OSTEOARTHROSE

Tantôt l'ostéoarthrose apparaît précocement, en quelques mois, après un accident aigu et s'aggrave rapidement. Tantôt le tableau clinique est fragmenté avec des intervalles de latence clinique plus ou moins prolongés (des mois ou des années). Le délai de prise en charge de cette maladie professionnelle est fixé en France à 20 ans. Tantôt enfin, on ne peut retrouver la notion d'accident aigu, peut être oublié, et c'est l'examen radiographique qui révèle une ostéonécrose restée cliniquement latente et stabilisée même au niveau d'une épiphyse.

De telles constatations peuvent se faire chez d'anciens plongeurs ou ouvriers des caissons, qui n'ont pas été soumis à des radiographies systématiques. Il est impossible, au vu d'une première radiographie, d'apprécier le potentiel évolutif d'une lésion épiphysaire au début.

Il est souvent difficile de rattacher à une ostéonécrose dysbarique, une ostéoarthrose à un stade avancé de remaniement, à moins qu'existent d'autres localisations. D'où l'intérêt d'un interrogatoire orienté sur le passé professionnel et la recherche d'un accident aigu de décompression, même si la corrélation n'est pas stricte.

#### L'EXAMEN RADIOLOGIQUE

L'intérêt d'un dépistage précoce et systématique de cette affection longuement évolutive, à début insidieux, est évident, aussi bien dans un but thérapeutique que pour préserver de nouvelles agressions dysbariques, le sujet

qui en est atteint, même si la nécrose évolue pour son propre compte dès lors qu'elle est constituée. C'est une attitude prudente en l'état actuel des connaissances.

En France, ce dépistage systématique est rendu possible depuis la promulgation les 9 et 11 juillet 1974, des décrets 74-657 et 74-725 et de leurs arrêtés d'application qui imposent pour les ouvriers des caissons et pour les plongeurs professionnels, l'examen radiographique annuel des épaules, des hanches et des genoux.

Le diagnostic se fonde sur l'existence d'altérations de la trame osseuse. Ces altérations sont généralement constituées par des zones de densité accrues qui traduisent la réhabilitation de la zone nécrotique par du tissu osseux vivant de granulation. Elles peuvent aussi être constituées par des zones de densité diminuée, à la limite indistincte, en rapport direct avec l'ostéolyse mais ces aspects sont difficilement appréciables à l'oeil. Lorsqu'ils se juxtaposent aux précédents, ils donnent à la trame un aspect hétérogène.

Ces modifications peuvent être minimales au stade de début de l'ostéonécrose mais il est essentiel d'en faire le diagnostic et de les différencier des multiples microanomalies et dysplasies de la trame sans signification pathologique (îlots denses, aspects pseudo-géodiques) qui constituent les pièges principaux de diagnostic différentiel.

Les difficultés de diagnostic précoce impliquent des radiographies d'excellentes qualités, faites sous des incidences standardisées pour être comparables et interprétées par des médecins ayant la pratique de cette affection. Dans certains cas, le diagnostic reste douteux et ne peut être affirmé qu'après de nouvelles radiographies, prises en cours d'évolution. Pour résoudre ces problèmes le Medical Research Council on Decompression Sickness Panel, créé en Grande Bretagne en 1964, a établi une classification des aspects radiologiques de l'O.N.D. Cette classification distingue des lésions à potentiel invalidant de celles qui ne le sont pas.

Lésions juxtaarticulaires sont: plages densifiées avec intégrité de la corticale articulaire, opacités segmentaires arrondies, opacités linéaires, altération de la structure osseuse (bande claire sous corticale, effondrement de la corticale articulaire, séquestration de la corticale) et ostéoarthrose.

Lésions de la tête, du col et de la diaphyse sont: zones densifiées, zones calcifiées irrégulières (à topographie médullaire), zones radiotransparentes et épaissement cortical.

Cette classification écarte les îlots denses isolés (bone islands) qui sont sans signification pathologique. Elle exclut aussi actuellement, après les avoir d'abord admis, les géodes bordées (cysts), de signification souvent douteuse et que plusieurs auteurs ont estimé pouvoir, dans certains cas, rattacher à l'ostéonécrose.

Les médecins français spécialistes des problèmes médicaux du travail en hyperbarie siégeant à Sometrasub ont adopté cette classification à l'occasion de la réunion des Tables Rondes de la Société Européenne de Biomédecine Sous Marine qui s'est tenue à Paris le 30 septembre 1977. A l'heure actuelle, dans la

population des plongeurs que nous avons en charge, nous pouvons dire que les lésions du type A ont pratiquement disparu. C'est un exemple des résultats que l'on peut attendre d'une prévention médicale et technique bien conduite.

En effet, grâce à l'emploi de tables de décompression sûres, longuement expérimentées, grâce à la surveillance technique de leur application, à la rigueur avec laquelle sont composés et analysés les mélanges gazeux respirés, à la surveillance médicale effectuée régulièrement par des médecins spécialistes, nous pensons que les lésions de type A seront à ranger au musée de la pathologie dysbarique.

Il n'en est pas de même pour les lésions de type B. Certes, elles ne sont pas invalidantes et n'engagent pas le pronostic fonctionnel des plongeurs, mais elles sont pour nous un signe d'alarme qui prouve que nous ne maîtrisons pas totalement la procédure de la décompression à l'occasion de plongées d'intervention très profondes ou de plongées à saturation.

De même, ne savons nous pas, car le recul nous manque, ce que deviendront ces zones calcifiées irrégulières (B2) à topographie médullaire qui sont souvent accompagnées d'une dyslipémie. C'est un thème de recherche qui a été retenu par Fructus, Comet, Conti, l'Hospitalier et Sciarli à Marseille, afin d'essayer de mieux cerner le problème pathogénique et de préciser l'évolution.

Il est certain qu'un examen radiographique standard, aussi rigoureux soit-il ne peut que nous livrer des images, sur lesquelles il est difficile d'apprécier le degré d'évolution d'une lésion, c'est pourquoi nous faisons appel à la scintigraphie osseuse par le technetium 99.

L'observation que nous rapportons illustre l'intérêt de la méthode. En effet, il s'agit d'un plongeur de 30 ans, ayant un long passé professionnel exempt d'accidents ou d'incidents de décompression, et porteur depuis plusieurs années d'une géode bordée du col fémoral. Nous avons vu que cette localisation ne figurait pas dans la nomenclature des lésions énumérées plus haut car elle est habituellement considérée comme une lésion bénigne que l'on retrouve avec, à peu près la même fréquence chez les plongeurs que chez les sujets non exposés à la pression.

Cette lésion bénigne, et qui ne nous inquiétait pas, s'est transformée en quelques mois, à la suite de circonstances particulières. En effet, ce plongeur a effectué, 3 mois avant que nous ne procédions à l'examen radiologique, deux plongées à saturation de 20 jours à 120 mètres, espacées de 3 jours.

Sur la radio standard, nous voyons en effet que cette géode bordée d'allure inoffensive, n'évoluant pas depuis des années, s'entoure d'un halo dense, ce qui est le signe d'un processus évolutif. Le caractère évolutif de la lésion est confirmé par la scintigraphie qui montre un foyer modérément hyperfixant situé au même endroit que la géode. La scintigraphie osseuse connaît depuis quelques années un développement important lié aux progrès de l'instrumentation nucléaire et surtout à la découverte de nouveaux traceurs ostéotropes. Ces nouveaux traceurs sont des composés phosphatés (diphosphonate, M.D.P) qui peuvent être marqués par un isotope que l'on peut se procurer facilement, le  $^{99}\text{Tc}$  Technetium, et dont les propriétés physiques (période: 6 heures, énergie des photons  $\gamma$ : 140 keV) sont

particulièrement bien adaptées aux conditions de détection et à la nécessité d'une faible irradiation du patient. L'examen osseux isotopique consiste à injecter une certaine activité (de 5 à 20  $\mu$ Ci) du produit par voie intraveineuse et à former l'image de sa répartition osseuse après un délai de 2 à 6 heures, nécessaire pour que la fraction activité osseuse/activité plasmatique atteigne une valeur suffisamment élevée. Si cet examen a été dès le début surtout utilisé pour la détection précoce des métastases osseuses, son utilisation en pathologie osseuse bénigne devient de plus en plus courante. Une lésion quelle qu'elle soit, si elle a une traduction scintigraphique, se manifeste dans la grande majorité des cas par une zone hyperfixante.

Dans le cas d'une ostéonécrose, ce n'est pas la zone nécrosée qui capte le traceur mais le tissu en périphérie où se produit une ostéoblastose réactionnelle. Malgré la non-spécificité de l'image lésionnelle, l'intérêt de la scintigraphie est triple: les signes scintigraphiques d'une lésion osseuse précèdent très souvent la radiologie, de quelques mois, parfois un an, d'où la possibilité d'un diagnostic précoce; le degré d'hyperfixation au niveau d'une lésion peut être chiffré et reflète en partie l'évolutivité de celle-ci. L'évolution de la lésion pourra donc être suivie d'un examen à l'autre sur des images digitalisées. Au cours d'un même examen, on peut explorer la totalité du squelette en faisant subir au patient une irradiation plus faible que celle qui résulte d'un examen radiologique (0,05 à 0,24 rads au niveau des gonades selon l'activité injectée), on peut ainsi explorer plus particulièrement les hanches, les épaules, les tibias et les fémurs.

Pour ces raisons, la scintigraphie osseuse peut être envisagée comme examen de dépistage précoce de l'ostéonécrose dysbarique chez les plongeurs professionnels ainsi que comme examen de surveillance de l'évolution des lésions. La formation de l'image du squelette est obtenue à l'aide d'une caméra à scintillation reliée à un système d'enregistrement et de traitement des données.

#### CONCLUSIONS

Les lésions d'ostéonécrose du type A ayant pratiquement disparu en raison d'une prévention efficace, il semble désormais moins utile de pratiquer des radiographies osseuses annuelles, le risque provoqué par l'irradiation paraissant disproportionné par rapport au nombre de lésions découvertes.

Si on supprime le caractère obligatoire de cette surveillance annuelle c'est le médecin qui doit décider de la fréquence ou de la qualité de l'examen à pratiquer. C'est pourquoi nous demandons que les examens des plongeurs professionnels soient effectués par des médecins spécialistes comme cela existe dans le Royaume Uni.

Il nous paraît intéressant d'avoir recours à la scintigraphie puisque tout le monde est d'accord pour dire que l'image scintigraphique précède de plusieurs mois l'image radiologique, et cet examen paraît intéressant pour le diagnostic précoce des lésions du type B.

Des anomalies osseuses du type des géodes bordées rencontrées très fréquemment même chez des non plongeurs peuvent évoluer.

Il est certes difficile d'affirmer sur un cas que les 2 plongées à saturation de 20 jours à 120 mètres, espacées seulement de 3 jours, sont à l'origine de cette évolution. Cependant, nous disons qu'il y a présomption et de toute manière il faut interdire, dans l'état actuel de nos connaissances, la répétition trop fréquente de plongées à saturation. Il faudra au niveau européen établir une législation qui fixe la durée des saturations, leur espacement, et le nombre total des jours à ne pas dépasser dans une année.