

Pratique de la plongée et des sports subaquatiques par les patients ayant une hypertension artérielle systémique : Recommandations pour la FFESSM

V. LAFAY, B. BROUANT, M. COULANGE, G. PHAN, R. KRAFFT, G. FINET, F. ROCHE, B. GRANDJEAN.

Groupe de travail "HTA et plongée" de la Commission Médicale et de Prévention de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins.

Propositions validées par le Comité Directeur National le.....

Résumé : Comme toute activité physique, les activités subaquatiques font monter la tension artérielle avec des variations importantes liées au stress psychique, au froid et, de manière spécifique, à l'hyperoxie. Les sujets hypertendus sont plus sensibles à ces variations car l'HTA est une maladie générale de la vasomotricité, avec de possibles retentissements viscéraux. On peut donc craindre qu'ils soient plus exposés aux risques de mort subite ou d'œdème pulmonaire d'immersion.

Face à un plongeur hypertendu, le médecin devra donc être particulièrement vigilant surtout en cas de facteur de risque associé, de pathologie ou de retentissement viscéral (cardiaque, rénal, cérébral, rétinien).

La prise en charge doit être conforme aux recommandations en vigueur. Pour le traitement, on privilégiera les IEC ou les sartans, pour leur bonne tolérance, en restant méfiant vis-à-vis du risque de déshydratation avec les diurétiques. Les bêta-bloquants ne sont à utiliser qu'en cas de nécessité et font l'objet de conditions particulières.

Il n'y aura pas de restriction pour un sujet asymptomatique dont la TA est équilibrée (< 140/90 mmHg). On pourra par contre proposer des conditions particulières de pratique pour les sujets à risques, ou incomplètement contrôlés, (pas de plongée en eau froide, limitation à 30 m et pas de mélange suroxygéné) ou prolonger la contre-indication temporaire si la TA n'est pas équilibrée (> 160/100 mmHg). Tous les plongeurs hypertendus devront faire l'objet d'une information particulière et une fiche est dédiée à cette intention.

Subaquatic sports and diving in subject with hypertension : French underwater federation guidelines.

Abstract : Like any physical activity, underwater activities increase blood pressure with significant variations related to mental stress, cold and, specifically, hyperoxia. Patients with hypertension are more prone to these changes because hypertension is a disease of vasomotion with potential visceral repercussions. They may thus be more subject to sudden death or immersion pulmonary edema.

When evaluating a hypertensive diver, the physician should be particularly careful if other risk factors, pathologic state or end organ damage (cardiac, renal, cerebral, retinal) is present.

Management of hypertension must be consistent with current guidelines. For treatment, ACE inhibitors or ARBs are preferred for their good tolerance, with particular caution for the risk of dehydration with diuretics. Beta-blockers should only be used when necessary and are subject to specific conditions.

There will be no restrictions for asymptomatic patients whose BP is controlled (<140/90 mmHg). We may require personalised specific conditions of practice for high risk or uncontrolled subjects (no cold water diving, limited to 30 m and no enriched oxygen mixture) or extend the temporary contraindication if BP is not controlled (> 160/100 mmHg). All hypertensive divers should receive specific information and a form is dedicated for this purpose.

INTRODUCTION

Avec plus de 150 000 licenciés, la **plongée sous-marine** attire de plus en plus d'adeptes, et c'est heureux.

Cependant, la plongée est parfois **considérée comme un loisir et non comme un véritable sport**, en particulier par les sujets les plus âgés, ou les moins préparés.

Or l'hypertension artérielle (**HTA**) **touche les sujets les plus âgés, et les plus sédentaires**. Il s'agit d'une pathologie le plus souvent asymptomatique, et encore parfois **considérée à tort comme bénigne**.

A l'avenir, il est logique de penser que les palanquées seront de plus en plus fréquemment confrontées non pas au problème de l'HTA elle-même, mais aux conséquences plus ou moins graves de l'HTA dont la plongée peut être le révélateur.

En effet, on sait depuis longtemps qu'**il existe de fortes interactions entre plongée et HTA** [1].

Alors que nous observons ce développement de la plongée, l'étude des incidents montre, même s'ils restent heureusement rares, une **nette progression de deux types d'accidents : les œdèmes pulmonaires et les morts subites**.

A tel point, que cela a fait l'objet de plusieurs mises en garde du Préfet Maritime de la Méditerranée, la dernière datant du 23 mai 2012. Il y est fait état de 15 décès en plongée en 2010, et 17 en 2011 sur la zone Méditerranée. Il ne s'agit pas de jeunes inexpérimentés, mais de **plongeurs expérimentés** âgés en moyenne de 50 ans et à l'occasion de **plongées profondes**, au-delà de 40 mètres.

Or ceci doit interpeller la communauté médicale car si les liens entre œdème pulmonaire en plongée et HTA sont reconnus, il en est vraisemblablement de même en ce qui concerne HTA et mort subite en plongée.

Cette idée, comme nous allons le voir, est soutenue non seulement par des arguments physiopathologiques, mais aussi épidémiologiques.

En effet, les **circonstances qui prédominent** dans ces deux types d'accident sont le **froid**, la **profondeur** et le **stress** psychique. Or ces trois circonstances sont justement celles qui ont le plus **fort impact sur la régulation tensionnelle** du plongeur.

Nous allons donc nous intéresser successivement aux effets de la plongée sur la régulation tensionnelle, puis aux conséquences de la maladie hypertensive chez le plongeur.

Nous essaierons d'en déduire la meilleure attitude médicale vis-à-vis de cette pathologie chez le plongeur, en termes d'exploration, de traitement, d'avis de non-contre-indication et de conseils à proposer au plongeur hypertendu.

Comme souvent en médecine de plongée, cette réflexion sera construite sur des connaissances physiopathologiques et empiriques. Il n'est pas possible de baser ces recommandations sur des études de recherche appliquée dont le nombre et les effectifs restent très limités. Néanmoins c'est bien cette méthodologie qui a permis les énormes progrès en médecine de plongée de ces dernières décennies.

EFFET DE LA PLONGEE SUR LA TENSION ARTERIELLE

Tout d'abord, une donnée très simple : **la plongée favorise l'élévation tensionnelle.**

Contrairement à ce que l'on a longtemps cru, **il ne s'agit pas d'un effet pression.** Les données disponibles sont suffisantes pour pouvoir l'avancer : en effet toutes les mesures recueillies lors de plongées expérimentales humaines, y compris les plus profondes réalisées à la Comex à Marseille jusqu'à 71 ATA (700 m) n'ont pas mis en évidence de variations significatives de la pression artérielle chez les plongeurs [2]. **Le corps humain** est composé majoritairement de liquides, donc **incompressibles**, et les effets pressions se répartissent de manière homogène sur tout l'organisme, et donc s'annulent. Ceci à condition, bien sûr, que les cavités gazeuses soient équilibrées avec la pression ambiante.

Les trois facteurs les plus significatifs sur la pression artérielle sont comme nous l'avons vu : **le froid, la profondeur et le stress.**

Le froid, est un excellent vasoconstricteur. Il entraîne une **stimulation sympathique**, une augmentation de la **sécrétion des catécholamines**, une **activation du système rénine angiotensine** et une **altération de la régulation endothéliale** [3]. Il est donc un élément majeur dans la régulation des résistances systémiques et donc de la post-charge ventriculaire gauche. Il faut rappeler que l'eau a une conductivité thermique de 25 fois supérieure à celle de l'air, et que donc **cet effet est très prononcé chez le plongeur, même équipé.** L'effet du froid sur la tension artérielle est connu pour majorer celle-ci, en particulier chez les sujets les plus âgés [4]. Quant à **l'effet de l'eau froide** il est tellement reconnu, que la poussée tensionnelle induite par le contact de l'eau froide avec la main (*cold pressure test*) est un **test** régulièrement utilisé chez les patients, mais aussi les sujets sains pour **détecter les futurs patients hypertendus** [5]. Par ailleurs, le froid **renforce le réflexe de plongée** et entraîne une **stimulation parasymphatique** et un **ralentissement de la fréquence cardiaque.**

L'effet de la profondeur est lié à l'augmentation de la pression ambiante. En fait, c'est **l'augmentation de la pression partielle d'oxygène** qui est en jeu, et l'on connaît là encore **l'effet vasoconstricteur puissant** de l'hyperoxie sur la circulation systémique. De plus l'hyperoxie renforce aussi la **bradycardie**. Elle est par ailleurs susceptible d'altérer la fonction systolique, alors que les résistances systémiques restent élevées jusqu'à plus de 10 minutes après le retour en normoxie [6]. Il semble enfin que l'hyperoxie en plongée n'entraîne paradoxalement **pas de diminution des pressions pulmonaires** [7]. Cet effet hyperoxie a longtemps été sous-estimé jusqu'à une publication [1] qui a démontré qu'un **œdème pulmonaire pouvait être expérimentalement reproduit** chez une cohorte de 11 plongeurs ayant déjà présenté un œdème en plongée. Les seuls stimuli suffisants pour déclencher un nouvel œdème étaient le **froid et l'hyperoxie**. L'hyperoxie et le froid ont aussi un **effet d'agression directe sur la membrane alvéolo-capillaire** qui est impliqué dans la pathogénie de cet œdème pulmonaire. Il est par ailleurs très troublant de lire dans cette même étude que parmi ces 11 plongeurs sans antécédents cardio-vasculaires notables, 7 ont déclenché une réelle HTA dans leur suivi.

Il semble donc exister une **adaptation hémodynamique particulière**, non seulement chez le **patient hypertendu**, mais probablement aussi chez le **futur hypertendu**. Certains plongeurs prédisposés à l'HTA semblent en effet plus sensibles au développement d'un œdème pulmonaire d'immersion [1,8]. Cette notion est par ailleurs connue chez les sujets normotendus qui ont une adaptation tensionnelle inadaptée à l'effort. Ils seront plus à risque de déclencher une maladie hypertensive [9].

Froid et hyperoxie sont donc deux éléments majeurs à prendre en compte dans ce domaine et cela est confirmé dans une série concernant 22 plongeurs ayant présenté un œdème pulmonaire [10]. Froid et hyperoxie sont bien sûr étroitement corrélés à la profondeur.

Il est donc vraisemblable qu'il nous faille **rester très prudent vis-à-vis de l'utilisation de mélanges suroxygénés chez les patients hypertendus**

Enfin le **troisième facteur** fondamental est **le stress psychique** donc on connaît très bien l'effet tachycardisant et vasoconstricteur par l'intermédiaire d'une activation sympathique et par la sécrétion entre autres de catécholamines. Or le stress est inhérent à l'environnement hostile de la plongée sous-marine. Il peut avoir des

effets d'autant plus prononcés, que sa survenue est le plus souvent brutale, lors d'un événement qui par ailleurs n'est pas nécessairement grave en soi [11].

D'autres facteurs sont susceptibles de renforcer le risque de poussée tensionnelle :

- La réalisation d'un **effort musculaire**. Il est normalement accompagné d'une vasodilatation périphérique, or celle-ci se retrouve très limitée en plongée.
- L'immersion par elle-même. Elle déclenche un **réflexe de plongée** associant ralentissement de la fréquence cardiaque et vasoconstriction périphérique. Ce réflexe de plongée ou d'immersion est d'autant plus puissant que le milieu est froid, et que la face est exposée.
- Un autre phénomène est la **ventilation d'un gaz comprimé**, donc dense qui entraîne une **augmentation du travail ventilatoire** et donc des gradients de pression intra-thoracique. Ceci est susceptible d'aggraver la décompensation hémodynamique [2].
- Il est possible que la **circulation de bulles** soit responsable d'une **dysfonction endothéliale** chez certains sujets. Ceci serait cohérent avec le fait que l'observation d'œdèmes ou de morts subites prédominent lors de la remontée.
- Il peut être envisagé que la **déshydratation** liée à la plongée intervienne dans ce phénomène par une stimulation du système rénine angiotensine. En effet, cette diurèse et provoquée par la redistribution de la masse sanguine vers le thorax et peu donc **favoriser une hypoperfusion rénale**.
- D'autres facteurs seront vraisemblablement à dévoiler car on ne fait que commencer à découvrir les répercussions de la plongée sur la régulation humorale en particulier.

La plongée met en œuvre de nombreux mécanismes qui concourent à une élévation des pressions systémiques pouvant aboutir à une réponse inadaptée de l'organisme. Cette élévation de la post-charge ventriculaire gauche est susceptible d'entraîner une décompensation cardiaque chez le sujet prédisposé.

Qu'en est-il des effets d'une maladie hypertensive chez le plongeur ?

EFFETS DE L'HYPERENSION ARTERIELLE SUR LA PLONGEE

L'HTA est essentiellement une **maladie de la vasomotricité**. Il est même probable que cette inadaptation de la vasomotricité préexiste à la maladie hypertensive comme semble le suggérer la publication de Wilmshurst [1], mais aussi l'inadaptation tensionnelle à l'effort chez le futur hypertendu ou le *cold pressor test* [5].

Nous ne disposons pas d'études à ce sujet, mais il est vraisemblable que le patient hypertendu soit très démuné vis-à-vis des adaptations hémodynamiques réclamées par la plongée. Que ce soit vis-à-vis du froid ou de l'hyperoxie et bien évidemment du stress psychique, puisque l'on connaît bien le phénomène de réaction d'alarme ou d'effet blouse blanche chez de nombreux hypertendus.

De la même manière, l'adaptation hémodynamique à l'effort est moins bonne chez le patient hypertendu, et peut d'ailleurs être altérée par certains traitements anti-hypertenseurs comme les bêta-bloquants.

Enfin, cette pathologie de la vasomotricité est très certainement favorisée par des stimuli mécaniques ou chimiques que nous n'appréhendons pas encore en plongée. Ce que l'on sait, c'est que la dysfonction endothéliale est inhérente à la maladie hypertensive et que ces facteurs sont susceptibles de la favoriser.

Le patient hypertendu de par sa physiopathologie, est donc plus fragile face aux agressions environnementales de la plongée.

Malheureusement d'autres complications potentiellement graves sont à craindre chez le plongeur hypertendu. Elles sont liées aux **retentissements viscéraux de l'HTA**.

Les **retentissements myocardiques** tout d'abord. L'HTA est responsable d'une **cardiopathie hypertensive** qui associe schématiquement **hypertrophie ventriculaire gauche, puis dilatation auriculaire gauche**. Ces deux retentissements sont responsables d'une **altération de la fonction diastolique**, puis **systolique**, mais aussi de **troubles du rythme** supra ventriculaires, voire ventriculaires [12]. Tout ceci peut se traduire par une **défaillance hémodynamique**, ou par un **trouble du rythme pendant la plongée**. Les deux sont facilement concomitants chez le patient HYPERTENDU et peuvent être rapidement à l'**origine d'un œdème pulmonaire**, mais aussi d'une **mort subite en plongée**.

De plus, l'HTA est l'un des tous premiers **facteurs de risque cardio-vasculaire** concernant la **pathologie coronarienne ou cérébrale**. Les **patients hypertendus** sont donc des **sujets à haut risque** pour lesquels la **plongée peut-être le révélateur d'une pathologie silencieuse sous-jacente**. La souffrance cérébrale chronique, combinée à l'âge, pourrait être aussi susceptible d'abaisser le seuil comitial ce qui est potentiellement dangereux dans cette ambiance hyperoxique.

Par ailleurs, l'HTA est responsable d'une souffrance rénale associant **néphroangiosclérose**, altération de la fonction rénale, mais aussi altération du système rénine angiotensine.

Enfin, la **rétinopathie hypertensive** surtout associée à une autre pathologie comme le diabète ou un glaucome peut aboutir à des complications à l'occasion d'un simple plaquage de masque.

Tous les éléments ébauchés ci-dessus doivent conduire le médecin à la **plus grande prudence** vis-à-vis d'une pathologie très fréquente, jusqu'à passer parfois pour anodine, mais dont les complications peuvent être redoutables au cours d'une plongée.

Comment aborder le plongeur ou le futur plongeur hypertendu ?

RECOMMANDATIONS ETRANGERES

Les recommandations les plus précises nous viennent du **Royaume Uni** : La **Health and Safety Executive** dans sa mise au point de novembre 2011 concernant l'examen médical du futur plongeur précisent, au chapitre HTA : la tension **ne doit pas dépasser 140/80 mmHg** au repos en position allongée. **En cas d'hypertension modérée** (< 160/100 mmHg), il n'y **pas de contre-indication** si le patient **ne nécessite pas de traitement** ou si celui-ci n'altère pas la sécurité de la plongée et qu'enfin il n'existe **pas de retentissement viscéral** de l'HTA (sans autres précision). Sans que cela soit mentionné, il apparaît qu'une **HTA modérée ou sévère** (> 160/100 mmHg) est une **contre-indication**.

L'avis d'un cardiologue doit être sollicité au moindre doute.

Il est aussi à noter que l'électrocardiogramme (**ECG**) est **recommandé pour toute première visite** d'un futur plongeur, mais aussi **tous les 5 ans**, au moins, **à partir de 40 ans**.

L'épreuve d'effort n'est pas requise, mais un simple step test est conseillé tous les ans.

Enfin, l'évaluation indirecte de la VO₂ est conseillée, l'objectif étant que la majorité de plongeurs soit capable de développer un effort de 13 METS (VO₂ = 45,5ml/kg/min). Ceci devrait en toute rigueur directement éliminer la grande majorité des plongeurs....

Les exigences de l'**UK Sports Diving Medical Committee**, sont moins sévères, et **autorisent la plongée** si la **diastolique est inférieure à 90 mmHg pour les nouveaux plongeurs et 100mmHg pour les anciens plongeurs**, pour une **systolique toujours inférieure à 160 mmHg**. Ceci sans traitement, ou avec un traitement approprié (diurétique, anticalcique, IEC, parfois Bêta-bloquant). Le plongeur doit être capable d'atteindre 90% de sa fréquence cardiaque maximale à l'effort. Toute **atteinte d'un organe cible** (rétine, rein, appareil cardio-vasculaire) est une **contre-indication à la plongée**

En Espagne la **Société Espagnole de Cardiologie** publie les conseils suivants concernant les futurs plongeurs en 2001 : la **tension artérielle** doit être **contrôlée**, un **ECG** est conseillé tous les **ans**.

Aux **USA** : pour le Divers Alert Network (**DAN**), l'**HTA** doit être "**contrôlée**". Les **capacités du plongeur** doivent lui permettre d'effectuer un travail de 6 METs en continue, avec des **pics à 11-12 METs** si besoin [13]. Pour la Professional Association of Diving Instructors (**PADI**), l'**HTA** est considérée comme un "risque relatif" nécessitant un **avis médical personnalisé**. Là encore, l'**épreuve d'effort est conseillée** et l'estimation de la VO₂ doit aussi sélectionner des athlètes pouvant fournir un effort d'au moins 13 METs (ce qui est bien sûr, rare chez le plongeur moyen).

EXPLORATION DU SUJET HYPERTENDU

Les **propositions** que nous formulons pour la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins sont **basées sur les règles de bonne pratique** appliquées au cas particulier du plongeur.

Un organigramme (Annexe 1) résume la conduite à tenir pour la prise en charge d'un patient hypertendu qui souhaite plonger.

1) **Interrogatoire** :

Il doit rechercher des **antécédents hypertensifs** personnels (HTA symptomatique ou non, ancienneté, traitements entrepris, HTA obstétricale) ou familiaux.

Il doit rechercher des **complications** d'une éventuelle HTA (dyspnée, malaises, palpitations...)

Il doit s'intéresser aux capacités d'effort du plongeur et bien sûr à une **éventuelle symptomatologie** d'effort.

Enfin, **concernant la plongée**, il doit préciser les **motivations**, le **niveau technique** et les **conditions habituelles** de plongée. Il est utile de faire préciser l'existence d'éventuelles céphalées en plongée.

Chez le patient HTA, une information doit être donnée au plongeur concernant les risques particulier de la plongée chez le sujet hypertendu. Une fiche de conseils personnalisée (Annexe 2) devrait lui être remise lors de cet examen.

2) **Examen Clinique** :

Il doit, comme toujours, être **attentif et complet**.

La prise tensionnelle est un point fondamental. Elle doit être bilatérale pour le premier examen. L'auscultation est rigoureuse, une attention particulière est donnée à la recherche de signes d'insuffisance cardiaque et à la palpation des pouls.

3) Examens paracliniques :

Chez le sujet sans antécédents cardio-vasculaires, un électrocardiogramme (ECG) **semble souhaitable lors du premier examen**. Rappelons que l'ECG est maintenant une **recommandation** de la Société Européenne de Cardiologie, mais aussi de la Société Française de Cardiologie **avant toute participation à une compétition** [14, 15].

Chez le patient hypertendu, on conseillera :

Toujours : un **bilan biologique** : comprenant au moins un **bilan métabolique**, une évaluation de la **fonction rénale**, la recherche d'une **protéinurie**.

Souvent : une **épreuve d'effort** non seulement pour l'**évaluation coronarienne**, mais aussi pour celle du **profil tensionnel d'effort** et des **capacités d'effort du patient**. Les indications seront conformes aux recommandations de la Société Française de cardiologie : sujets asymptomatiques de plus de 40 ans mais ayant des facteurs de risque coronaires, ou souhaitant reprendre une activité sportive intense. Ces deux items correspondent à la pratique de la plongée sous-marine, d'autant plus que cette pratique engage une sécurité collective comme cela est précisé dans ces mêmes recommandations [16].

Souvent : une **échocardiographie** à la **recherche d'une cardiopathie hypertensive**. L'étude de la fonction systolique, mais aussi et surtout diastolique, doit être rigoureuse. Enfin, la **mesure des pressions pulmonaires** est fondamentale, une **HTAP restant une contre-indication à la plongée**.

Si besoin : un **fond d'œil** en fonction du contexte (antécédents, pathologies associées)

D'autres examens (MAPA, Holter ECG...) peuvent être utiles mais restent une affaire de cas par cas.

Les **situations** suivantes sont considérées à **risque** doivent faire l'objet d'une **contre-indications temporaire à la plongée** dans l'attente d'un avis spécialisé :

Tableau 1 : Situations à risque avec contre-indications temporaire à la plongée dans l'attente d'un avis spécialisé
- Patient symptomatique.
- HTA modérée ou sévère (> 160 /100 mmHg).
- Tout antécédent d'accident vasculaire cérébral (AVC).
- Tout retentissement viscéral d'une HTA : cardiopathie hypertensive, insuffisance rénale, protéinurie, rétinopathie
- Toute pathologie cardio-vasculaire associée : coronaropathie, insuffisance cardiaque, troubles du rythme...
- Tout facteur de risque associé (âge > 55 ans, tabac, dyslipidémie, diabète, antécédents familiaux proches), ou la sédentarité qui doivent faire envisager une épreuve d'effort [15].
- La nécessité d'une quadrithérapie ou d'un traitement bêta-bloquant [17]

PRISE EN CHARGE DE L'HYPERTENSION CHEZ LE PLONGEUR

1) Les mesures hygiéno-diététiques

Elles sont d'autant plus de rigueur qu'il s'agit d'un patient hypertendu qui souhaite pratiquer un sport.

- **Les mesures diététiques** sont classiques et visent à différencier l'alimentation, à **lutter contre le surpoids** et à **limiter les consommations de sodium** tout en augmentant celles de potassium. La consommation d'alcool doit être limitée chez le patient hypertendu.

- Les **mesures hygiéniques** concernent essentiellement l'**activité physique** et le **sevrage tabagique** qui doit être encouragé, (voire imposé) en cas de coronaropathie ou de pathologie vasculaire associée [18].

L'entraînement physique doit faire l'objet d'une attention particulière du plongeur, et du médecin. L'entraînement en piscine doit être largement encouragé. **L'épreuve d'effort est aussi un bon moyen pour objectiver** et donc faire réaliser au plongeur ses **capacités réelles**.

2) Le traitement médicamenteux

Il doit être **conforme aux données préconisées pour tout patient hypertendu**. Le cas particulier de la **plongée sous-marine orientera vers l'utilisation de certaines molécules**.

Les inhibiteurs de l'enzyme de conversion (**IEC**) et les antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II (**Sartans**) **seront privilégiés** en raison de leur **bonne tolérance chez le sportif en général** [18, 19] et le plongeur en particulier.

Les **anticalciques peuvent être utilisés**, mais on **évitera les plus bradycardisants** (Vérapamil). Retenons aussi que les dihydropyridines **peuvent être à l'origine de vertiges vaso-moteurs** en plongée chez certains patients.

Les **Bêta bloquants sont, en général, à éviter chez le plongeur**. Cependant leur utilisation peut être nécessaire, en particulier chez les sujets coronariens. Rappelons qu'en cas d'**utilisation**, ils doivent faire l'objet d'une **évaluation ciblée** et que le certificat ne peut être délivré que par un médecin fédéral [17].

Les **diurétiques** sont fréquemment utilisés et **systematiques en cas de trithérapie**. Ils peuvent être prescrits à **dose minimale chez le plongeur**. Cependant, la plongée étant diurétique par elle-même, il faut informer le plongeur du **risque de déshydratation**. C'est un **facteur favorisant d'accident de désaturation (ADD)** et la déshydratation peut entraîner des manifestations neurologiques (fatigue, torpeur, obnubilation...). Il faut conseiller une **compensation hydrique systématique après les plongées**. Le plongeur peut estimer son état d'hydratation selon la quantité et la couleur de ses urines. Si ses **urines sont de faible abondance et de couleur foncée**, cela évoque un début d'**hémococoncentration** et il ne devra pas hésiter à **différer ou suspendre ses plongées** sans attendre les manifestations cliniques de la déshydratation.

Dans certain cas, et en particulier pour les séjours en ambiance chaude, on pourra proposer une réduction voire une suspension transitoire et strictement encadrée du traitement diurétique

Les **autres classes médicamenteuses** sont en général évitées pour leurs nombreux **effets secondaires**. Il faut donc rester vigilant pour ces molécules chez le plongeur.

CONTRE-INDICATIONS A LA PLONGEE

Après l'évaluation du patient hypertendu qui souhaite plonger (Annexe 1), trois situations sont envisagées :

HTA contrôlée et stabilisée (TA < 140/90 mmHg)	Pas de contre indication après un éventuel avis spécialisé préalable en cas de situation à risque (cf tableau 1).
HTA légère stade 1 (TA de 140 à 160 / 90 à 100 mmHg)	Conditions Particulières de Pratique (CPP) réduisant le risque vasculaire - pas de plongées en eau froide , - pas de plongées profondes (profondeur limitée à 30m), - pas de plongée en mélange hyperoxique .
HTA modérée et sévère stade 2 et 3 (TA > 160/100 mm Hg)	Contre indication temporaire à la plongée à prolonger jusqu'à amélioration de la situation.

CONCLUSION

De nombreuses données montrent que **la plongée sous-marine** n'est pas sans **retentir sur l'équilibre tensionnel** et qu'à l'inverse, **la maladie hypertensive** peut avoir des **conséquences** parfois **aiguës** et dans de rares cas, **létales chez le plongeur**.

Les médecins prenant en charge les plongeurs doivent être convaincus que l'association plongée-HTA est à manier avec de grandes précautions.

Certaines formes d'HTA, et **certaines complications**, sont des **contre-indications** temporaires voire définitives **à la plongée sous-marine**.

Certaines formes d'HTA et certaines complications **nécessitent impérativement un avis spécialisé**.

L'abord de tout plongeur hypertendu doit faire l'objet d'une **attention particulière du médecin**.

Comme toujours en médecine de plongée, le temps de la consultation est primordial. Il est fondamental pour faire passer des **messages d'explications et de prudence**. Ces messages doivent être adaptés aux compétences techniques du plongeur, à ses motivations, autant qu'à ces capacités physiques.

Une restriction de pratique, argumentée, est toujours préférable à une contre-indication sans appel, qui ne sera pas suivie.

Enfin, et ce message est fondamental, il faut toujours rappeler au plongeur qu'un accident met bien sûr sa vie en danger, mais menace aussi directement la sécurité de toute une palanquée Les malheureux exemples de cette vérité sont trop nombreux pour ne pas l'évoquer.

Une **fiche de conseil** doit être remise au plongeur (annexe 2).

REFERENCES

- [1] Wilmshurst PT, Nuri M, Crowther A, Webb-Peploe MM. Cold-induced pulmonary oedema in scuba divers and swimmers and subsequent development of hypertension. *Lancet* 1989 : 62-5
- [2] Lafay V, Barthélémy P, Comet B, Frances Y and Jammes Y. "ECG changes during the experimental dive HYDRA X (71 ATA)" *Undersea and Hyperbaric Med.*; 1995, 22: 51-60
- [3] Sun Z. Cardiovascular responses to cold exposure. *Front Biosci (Elite Ed)*. 2010 Jan 1;2:495-503.
- [4] Alperovitch A, Lacombe J-M, Hanon O et coll. Relationship Between Blood Pressure and Outdoor Temperature in a Large Sample of Elderly Individuals : The Three-City Study. *Arch Intern Med* 2009 ;169: 75-80.
- [5] Casey DP et al. Changes in central artery blood pressure and wave reflection during a cold pressor test in young adults. *Eur J Appl Physiol*. 2008 Jul;103(5):539-43.
- [6] Gole Y, Gargne O, Coulange M et al. Hyperoxia-induced alterations in cardiovascular function and autonomic control during return to normoxic breathing. *Eur J Appl Physiol*. 2011; 111(6):937-46.
- [7] Fraser JA et al. Risk factors for immersion pulmonary edema: hyperoxia does not attenuate pulmonary hypertension associated with cold water-immersed prone exercise at 4.7 ATA. *J Appl Physiol*. 2011 Mar;110(3): 610-8.
- [8] Peacher DF et al., Effects of hyperoxia on ventilation and pulmonary hemodynamics during immersed prone exercise at 4.7 ATA: possible implications for immersion pulmonary edema. *J Appl Physiol* 2010; 109:68-78,
- [9] Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, Levy D. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham Heart Study. *Circulation*. 1999; 99: 1831–1836.
- [10] Coulange M, Rossi P, Gargne O, Gole Y, Bessereau J, Regnard J, Jammes Y, Barthelemy A, Auffray JP, Boussuges A. Pulmonary oedema in healthy SCUBA divers: new physiopathological pathways. *Clin Physiol Funct Imaging* ,2010; 30: 181–86
- [11] Wilbert-Lampen U, Leistner D, Greven S, Pohl T, Sper S, Völker C, Güthlin D, Plasse A, Knez A, Küchenhoff H, Steinbeck G. Cardiovascular events during World Cup soccer. *N Engl J Med*. 2008 Jan 31;358(5):475-83
- [12] Eckenhoff RG, Knight DR. Cardiac arrhythmias and heart rate changes in prolonged hyperbaric air exposures. *Undersea Biomed. Res*. 1984; 11 (4): 355-367
- [13] Mitchell SJ, Bove AA. Medical screening of recreational divers for cardiovascular disease: consensus discussion at the Divers Alert Network Fatality Workshop. *Undesea Hyperb Med* 2011(38)4 : 289-96
- [14] Carré F et al. Recommandations concernant le contenu du bilan cardio-vasculaire de la visite de non contre-indication à la pratique du sport en compétition entre 12 et 35 ans. <http://www.sfc cardio.fr/recommandations/sfc/contenu-du-bilan-cardiovasculaire-de-la-visite-de-non-contre-indication-a-la-pratique-du-sport-en-competition-entre-12-et-35-ans/>
- [15] Pelliccia A et al. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease *European Heart Journal*, 26(14); 2005: 1422-45.
- [16] Recommandations de la Société Française de Cardiologie concernant la pratique des épreuves d'effort chez l'adulte en cardiologie. *Archives des Maladies du Cœur et des Vaisseaux* 90(1); 1997: 77-91
- [17] Brouant B, Kraft R, Lafay V, Lemmens B, Roche F, Finet G, Grandjean B. Conditions de non contre-indication à la plongée sous-marine de loisir pour les sujets prenant un traitement médicamenteux bêta-bloquant : Recommandations pour la FFESSM <http://medical.ffessm.fr/wp-content/uploads/Betabloquants-plong-e-Site.pdf>
- [18] Kaplan NM, et al. Task 36th Bethesda Conference Recommendations, Task Force 5: Systemic Hypertension, *JACC* Vol. 45, No. 8, 2005:1346–8
- [19] Brouant B, Finet G, Krafft R, Lafay V, Roche F, Grandjean B. Conditions particulières de pratique de la plongée sous-marine de loisir pour les patients atteints de coronaropathie : Recommandations pour la FFESSM. <http://medical.ffessm.fr/wp-content/uploads/coronaropathies-plong-e-site.pdf>

Groupe de travail "HTA et plongée" :

Docteur Vincent LAFAY, 1 route de la Gavotte, 13015 Marseille

Docteur Benoît BROUANT, Médiwald 57150 Creutzwald, info@cardiosub.com

Docteur Mathieu COULANGE, Hôpital Sainte-Marguerite, 13274 Marseille

Docteur Gérard PHAN, 73 rue Voltaire, 92300 Levallois-Perret

Docteur Rémy KRAFFT, Clinique Claude Bernard, 57070 Metz

Professeur Gérard FINET, Hôpital Louis Pradel, 69677 Bron

Professeur Frédéric ROCHE, CHU Nord, 42055 Saint-Etienne

Docteur Bruno GRANDJEAN, Médecine Hyperbare. Hôpital de la Miséricorde, 20303 Ajaccio