

Pratique de la plongée sous-marine de loisir en scaphandre autonome par les patients atteints de pathologies valvulaires cardiaques : Recommandations pour la FFESSM

G. PHAN, B. BROUANT, G. FINET, R. KRAFFT, V. LAFAY, F. ROCHE, B. GRANDJEAN. Groupe de travail "valvulopathies 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 17-18 juin 2011.

Résumé : Les valvulopathies majorent les contraintes hémodynamiques cardiaques. Toutefois, certaines atteintes valvulaires modérées peuvent être compatibles avec des activités sportives et notamment la plongée sous-marine. Pour décider de la non contre-indication à pratiquer la plongée loisir chez un sujet valvulaire asymptomatique, une évaluation complète de la valvulopathie, de son retentissement sur la fonction ventriculaire gauche et les pressions artérielles pulmonaires au repos et, si possible, à l'effort est nécessaire. L'évaluation à l'effort est indispensable dans les sténoses valvulaires et souvent recommandée dans les fuites valvulaires. Au terme du bilan, la plongée pourrait être autorisée en cas de valvulopathie modérée avec une fonction ventriculaire gauche et une pression pulmonaire normales et sans arythmie. En cas de fibrillation auriculaire, même sur une atteinte mitrale minime, il faut envisager des conditions particulières de pratique. La reprise de la plongée peut s'envisager après un geste chirurgical, de réparation ou de remplacement, selon son résultat. Il faudra cependant être particulièrement vigilant vis à vis de la gestion des anticoagulants en cas de prothèse valvulaire. L'évaluation des patients doit, dans tous les cas, respecter les recommandations internationales concernant la pratique sportive par les sujets atteints de valvulopathie.

Recreational scuba diving in subject with heart valve disease : French underwater federation guidelines

Abstract : Heart valve diseases increase the cardiac hemodynamic strain. However, certain moderate valve abnormalities may allow sports activities and particularly scuba diving. A comprehensive evaluation of the valve diseases and its consequences on left ventricular function and pulmonary artery pressure at rest and, if possible, at exercise is necessary to decide on the ability of practicing recreational scuba diving, which can be allowed exclusively in asymptomatic patients. Exercise evaluation is essential in valvular stenosis and should be recommended in valvular regurgitation. Diving may be allowed in moderate valve disease with normal left ventricular function and pulmonary artery pressure, excluding patients with arrhythmias. Moderate mitral valve disease with atrial fibrillation should meet specific conditions and limits to allow underwater activities, on an individual basis. Diving may be resumed after valve surgery. However, valve prosthesis require particular caution, especially for oral anticoagulation management. These recommendations have been established according to ACC/AHA/ESC Guidelines for physical activities and competitive sports.

INTRODUCTION

La plongée sous-marine entraîne des modifications hémodynamiques^(1, 2) dont l'impact sera particulièrement important en cas de pathologie cardiaque préexistante.

Des recommandations ont déjà été publiées concernant les traitements bêta-bloquants, les patients coronariens et pour les patients présentant des troubles du rythme cardiaque désirant pratiquer la plongée de loisir.

L'existence d'une **valvulopathie va majorer les contraintes hémodynamiques de la plongée sous-marine** avec le risque de décompensation d'une valvulopathie jusque-là bien tolérée.

Le but de ces recommandations est d'identifier les **patients présentant une anomalie valvulaire asymptomatique** chez qui la plongée de loisir reste possible en minimisant le risque de mauvaise tolérance.

Elles concernent la **plongée subaquatique en scaphandre autonome de loisir en exploration**. La capacité d'encadrement devant faire l'objet de conditions particulières et personnalisées de pratique.

PHYSIOPATHOLOGIE

Dès le début de l'**immersion**, la redistribution des volumes sanguins **accroît de façon rapide la précharge** ventriculaire gauche, avec le transfert de 0,7 à 1 litre de sang vers la circulation centrale. **Le froid entraîne une vasoconstriction** plus ou moins importante qui va **majorer la post-charge ventriculaire gauche**. Lors de la plongée, les phénomènes de compensation avec des sécrétions neurohormonales augmentent progressivement la diurèse et aboutissent à une **hypovolémie relative en fin de plongée**. Pendant la **désaturation**, la présence de **bulles circulantes** dans la circulation pulmonaire va **augmenter les résistances vasculaires pulmonaires** et favoriser l'agrégation plaquettaire.

Ces variations rapides de charge sont à prendre chez les patients valvulaires avec, comme **point commun**, la majoration du **risque d'œdème pulmonaire d'effort**.

La **distension auriculaire et ventriculaire** peut aussi **favoriser** la survenue des **troubles du rythme** dont le risque est déjà **majoré spécifiquement par les valvulopathies**.

Le **risque** sera donc de favoriser la survenue d'un **œdème pulmonaire**, des troubles du **rythme** ou une **perte de connaissance voire une mort subite**.

Il faut également tenir compte de la tolérance à l'effort. La **plongée** est souvent assimilée à un exercice de type dynamique faible mais avec tout de même une **composante statique modérée** (IIA) selon la classification de Mitchell (*diving* - plongeon de compétition)⁽³⁾. **L'effort en plongée pourra cependant devenir plus important dans certaines circonstances.** Dans le cas des valvulopathies, il semble plus raisonnable de **retenir la possibilité de pratiquer des sports à composante dynamique modérée (IIB)** sans aller jusqu'aux sports à composante dynamique élevée (IIC) comme la natation en compétition (*swimming*).

RECOMMANDATIONS EXISTANTES POUR LA PLONGÉE

Les recommandations fédérales actuelles⁽⁴⁾ ne citent pas spécifiquement les valvulopathies, mais contre-indiquent la plongée en cas "d'insuffisance cardiaque symptomatique", de "pathologie avec risque de syncope" et de "cardiopathie congénitale".

Chez les plongeurs professionnels, l'**EDTC** (*European Diving Technology Committee*)⁽⁵⁾ stipule que toute **cardiopathie organique est une cause de disqualification sauf si elle est considérée comme mineure hémodynamiquement par un cardiologue.** Les sténoses aortique ou mitrale sont des contre-indications à la plongée. La coarctation aortique est une contre-indication. D'autres pathologies valvulaires telles que la bicuspidie aortique, le prolapsus mitral doivent subir une évaluation cardiologique. Dans tous les cas, **la fonction cardiaque** en terme de capacité d'effort doit être **normale.**

Dans le Pacifique Sud, **Walker**⁽⁶⁾ note que certaines autorités estiment qu'un **patient asymptomatique** atteint d'une **insuffisance aortique ou mitrale légère** ne limitant pas la tolérance à l'effort, **peut être accepté** pour la plongée de loisir. Cependant, les patients présentant des sténoses aortiques ou mitrales ne devraient jamais plonger en raison du débit cardiaque fixé et de la probabilité d'une redistribution centrale du volume sanguin pouvant déclencher un œdème pulmonaire. Le rétrécissement aortique peut aussi provoquer des syncopes d'effort.

Enfin, aux États-Unis, **Alfred A. Bove** est plus précis⁽⁷⁾. Il considère qu'un plongeur de loisir ne dépense que 2 ou 3 METS lors d'une plongée standard, mais peut avoir à dépenser plus d'énergie (jusqu'à 11 ou 12 METS) en cas de conditions défavorables.

Pour lui, les **plus graves** des valvulopathies sont les **sténoses aortiques et mitrales** avec le risque pour un plongeur présentant une **sténose aortique serrée** d'être victime d'une **mort subite en plongée.** Tout candidat présentant une sténose aortique avec une surface valvulaire < 1,5 cm² ou une hypertrophie ventriculaire gauche à l'ECG ou à l'échocardiogramme doit être interdit de plonger.

La **sténose mitrale** ne provoque généralement pas de mort subite mais peut causer un **œdème pulmonaire aigu** à l'effort. L'association d'une activité physique et de la redistribution centrale de la volémie due à l'immersion au cours de la plongée va provoquer rapidement une congestion pulmonaire chez les patients ayant une sténose mitrale.

Les **lésions régurgitantes** aortiques et mitrales présentent **moins de risque** pour la plongée. Une fuite légère à modérée est bien tolérée à l'effort et ne contre-indique pas la plongée. Toutefois, une insuffisance valvulaire sévère entraînera une insuffisance cardiaque congestive qui sera aggravée par l'effort et l'immersion. Une régurgitation valvulaire qui entraîne une dilatation significative du ventricule gauche ou des signes ECG d'hypertrophie ventriculaire gauche doit faire contre-indiquer la plongée.

Le **DAN** (*Divers Alert Network*), enfin propose les recommandations suivantes⁽⁸⁾ : Les lésions sténosantes telles que la sténose aortique ou la sténose mitrale limitent l'efficacité du débit cardiaque et peuvent avoir des conséquences graves à l'effort. Une **sténose aortique** significative fait courir au plongeur le risque de mort subite d'effort, elle constitue une **contre-indication à la plongée.** La **sténose mitrale limite également l'adaptation à l'effort** et, sur une période de temps, peut entraîner une insuffisance cardiaque congestive.

Les **lésions régurgitantes** présentent un risque moins élevé en plongée. Au cours des années, le cœur sera altéré du fait du travail supplémentaire nécessaire pour pomper le sang et peut aboutir à l'insuffisance cardiaque à long terme. Les plongeurs qui ont ce type de lésions valvulaires **peuvent plonger** en sécurité s'ils sont **asymptomatiques** et si l'échocardiogramme montre une structure et une **fonction normales du ventricule gauche.**

METHODE ET EVALUATION

Les recommandations existantes, présentées ci-dessus, ne sont guère précises, pour leurs critères, ni concordantes. Il paraît préférable de s'appuyer sur les **recommandations spécifiques à la cardiologie du sport** américaines et européennes déjà publiées.

Pour chaque valvulopathie nous étudierons les Recommandations de la **36^{ème} Conférence de Bethesda**⁽⁹⁾ destinée aux sports de compétition et celles de la Société Européenne de Cardiologie (**ESC**)⁽¹⁰⁾, qui s'intéressent également aux activités de loisir, en retenant la possibilité de pratiquer une activité sportive à composante statique et dynamique modérées (IIB)⁽³⁾.

Une **aptitude à la plongée ne pourra être envisagée que chez des patients asymptomatiques** lors de leurs activités physiques ou sportives terrestres ou de surface.

L'**évaluation** devra comprendre au minimum : un **examen cardiologique** complet, un électrocardiogramme (ECG), une **échodoppler cardiaque** suivant les recommandations de la Société Française de Cardiologie⁽¹¹⁾.

Dans certains cas une **épreuve d'effort** ou une **échocardiographie d'effort** (si elle est disponible) doivent être pratiquées⁽¹²⁾.

Les **critères de l'épreuve d'effort** pour la pratique de la plongée loisir peuvent être les **mêmes** que ceux qui ont été proposés dans le cadre des **coronaropathies**⁽¹³⁾ : le sujet doit rester asymptomatique, sans trouble de repolarisation ou de trouble du rythme à un seuil de : 10 METs pour les hommes de moins de 50 ans, 8 METs pour un homme de plus de 50 ans ou une femme de moins de 50 ans, et 6 METs pour une femme de plus de 50 ans.

Les troubles du rythme sont à prendre en compte, et en particulier la fibrillation auriculaire qui impose des conditions personnalisées de pratique, suivant les Recommandations de la FFESSM⁽¹⁴⁾

Au terme du bilan, la **pratique de la plongée de loisir en scaphandre autonome** pourra être autorisée si la **valvulopathie** est considérée comme **minime sans retentissement sur la fonction cardiaque** chez un sujet **asymptomatique** pouvant pratiquer **toutes les activités sportives** (ou au moins IIB). Le patient devra cependant être averti du **risque évolutif** de sa pathologie et de la nécessité d'un **suivi cardiologique régulier**.

Tout retentissement sur la fonction cardiaque, même asymptomatique, doit **faire contre-indiquer la pratique de la plongée**.

Toute limitation des capacités sportives d'un sujet doit faire **déconseiller la pratique de la plongée**. Si la motivation du sujet est inébranlable, on pourra envisager des **conditions particulières de pratique** sous réserve de la **normalité de son test d'effort** et de la **compatibilité de sa valvulopathie avec une activité de type IIB**. Les prérogatives seront personnalisées et ajustées à ses qualifications et aux conditions de pratique. L'**enseignement** de la plongée peut être autorisé en le **limitant à l'espace proche** (0 à 6 m). **La pratique de plongée technique** (en enseignement au delà de 6 m comme élève ou moniteur) **et l'encadrement sont à exclure**. **Toute dérogation** devra être discutée de manière collégiale et validée en **Commission Médicale et de Prévention Régionale**.

La **réalisation d'un geste chirurgical ou percutané** pour réparer (valvuloplastie) ou remplacer une valve atteinte (quelque soit le type de prothèse) ne permettra **pas forcément une reprise de la plongée** sans restriction. La situation sera à évaluer après une période de **contre-indication temporaire d'au moins 6 mois**. Il faudra tenir compte d'éventuelles séquelles chirurgicales, de la qualité du résultat et d'éventuelles contraintes thérapeutique (anticoagulants⁽¹⁵⁾) et, bien sûr, de la normalité de la fonction cardiaque et de la capacité physique du patient.

RÉTRÉCISSEMENT MITRAL (RM)

Le rétrécissement mitral est **essentiellement d'origine rhumatismale**. Il entraîne **une augmentation de la pression auriculaire gauche** et évolue vers l'**hypertension artérielle pulmonaire**. Il se complique volontiers de **fibrillation auriculaire** (FA) avec un risque thromboembolique particulièrement élevé.

Évaluation : Le **degré de sévérité** de l'obstruction se juge sur la **surface d'ouverture valvulaire mitrale** et les pressions artérielles pulmonaires systolique (**PAPS**).

RM minime : surface mitrale > 1,5 cm², PAPS de repos < 35 mmHg⁽⁹⁾.

RM moyen : Surface mitrale entre 1,0 et 1,5 cm², PAPS de repos ≤ 50 mmHg⁽⁹⁾.

RM serré : Surface mitrale < 1,0 cm², PAPS de repos > 50 mmHg⁽⁹⁾.

Une **épreuve d'effort** ou **si possible un échodoppler cardiaque d'effort** maximal limité par les symptômes est indispensable pour objectiver la **capacité d'effort asymptomatique** et éventuellement évaluer la **pression systolique pulmonaire à l'effort**. Si la PAPS dépasse 60 mmHg à l'effort, le risque de retentissement sur le ventricule droit est plus important⁽¹⁰⁾.

Proposition : Le sujet doit être asymptomatique.

- RM léger en rythme sinusal : **Tous sports - Plongée : Oui.**

- RM léger en FA : **Sports à composantes dynamique et statique faibles à modérées (IA à IIB)⁽¹⁰⁾ ou tous sports⁽⁹⁾ sauf risque de contact - Plongée : conditions particulières de pratique avec recommandations sur les anticoagulants⁽¹⁵⁾.**

- RM modéré : **Sports à composantes dynamique et statique faibles sports (IA)⁽¹⁰⁾ - Plongée : Non ou limitée par des Conditions Particulières de Pratique si un échodoppler d'effort montre que la PAPS d'effort ne dépasse pas 50 mmHg.**

- RM serré : **Aucun sport de compétition⁽⁹⁾ ou sports à composantes dynamique et statique faibles (IA)⁽¹⁰⁾ - Plongée : Non.**

INSUFFISANCE MITRALE (IM)

L'insuffisance mitrale peut avoir des **étiologies multiples** dont la plus fréquente est l'insuffisance mitrale dystrophique par prolapsus valvulaire, mais elle peut être rhumatismale, infectieuse, ischémique ou liée à une maladie de système, une maladie du tissu élastique ou une myocardiopathie dilatée ou hypertrophique.

Évaluation : L'étiologie aura une importance particulière pour la décision de non contre-indication.

Les **insuffisances mitrales ischémiques** ou **secondaires à une myocardiopathie dilatée ou hypertrophique** ne peuvent être compatibles avec la plongée car elles **signent la sévérité** de la maladie.

En cas de **dystrophie du tissu élastique, l'état des autres valves et de l'aorte ascendante** sera à considérer pour pouvoir discuter l'aptitude.

Dans les autres cas, l'évaluation reposera sur la clinique (absence de symptômes, absence de signe d'insuffisance cardiaque) et surtout l'examen échodoppler et en cas de prolapsus mitral, la **recherche de troubles du rythme** (Holter, test d'effort). En cas d'IM moyenne, un **test d'effort** (ou si possible un échodoppler cardiaque d'effort) est nécessaire pour évaluer la capacité fonctionnelle (et éventuellement les pressions pulmonaires d'effort⁽¹⁶⁾).

Les éléments de l'**évaluation échographique** sont : la surface de l'orifice régurgitant (SOR) mesurée par la méthode de la PISA (*Proximal Isovelocity Surface Area*), le volume régurgité par battement, la fraction de régurgitation le volume et la fonction ventriculaire gauches (diamètre télédiastolique du ventricule gauche - DTDVG, Fraction d'éjection - FEVG), les pressions pulmonaires (PAPS) de repos et éventuellement d'effort (*Tableau 1*).

Tableau 1 : **Classification de la Société Française de Cardiologie des IM⁽¹¹⁾** :

Degré de l'IM	SOR	Volume régurgité	Fraction de régurgitation
IM minime:	< 20 mm ² ,	< 30 ml,	< 30 %
IM moyenne :	20-40 mm ² ,	30-60 ml,	30-50 %
IM sévère :	> 40 mm ² ,	> 60 ml,	> 50 %

Proposition : Le sujet doit être asymptomatique.

- **IM minime à moyenne en rythme sinusal, avec ventricule gauche (VG) de dimensions et de fonction systolique normale (FEVG > 60 %) : Tous sports - Plongée : Oui**

- **IM minime à moyenne en rythme sinusal avec dilatation légère du VG (DTDVG < 60 mm ou 35 mm/m2) et fonction systolique de repos normale : Sports IA à IIB⁽¹⁰⁾ ou IA à IIC⁽⁹⁾ - Plongée : Non ou limitée par des Conditions Particulières de Pratique si test d'effort normal.**

- **IM minime à moyenne avec VG très dilaté (DTDVG > 60 mm ou 35 mm/m2) ou dysfonction VG au repos (FEVG < 60 %) : Aucun sport de compétition⁽¹⁰⁾ - Plongée : Non**

- **IM sévère : Aucun sport de compétition - Plongée : Non**

- **IM avec fibrillation auriculaire (FA) : Conditions particulières de pratique avec recommandations sur les anticoagulants⁽¹⁵⁾.**

RÉTRÉCISSEMENT AORTIQUE (RA)

Le rétrécissement aortique est la **valvulopathie la plus fréquente** dans les pays développés, mais sa fréquence augmente surtout après l'âge de 60 ans (RA **dégénératif**). Les formes plus précoces correspondent aux RA **congénitaux** ou aux **bicuspidies aortiques** évoluant précocement vers la sténose calcifiée.

Il reste longtemps asymptomatique mais les **symptômes** peuvent être sévères et surviennent **préférentiellement à l'effort** (dyspnée, angor, syncope, voire mort subite).

Évaluation : La clinique est le plus souvent évidente avec un souffle éjectionnel.

La recherche à l'interrogatoire de **symptômes d'effort** (dyspnée, angor, lipothymies, syncope) est essentielle.

L'ECG doit rechercher une **hypertrophie électrique**.

L'**échodoppler cardiaque** est l'élément essentiel de l'**évaluation du degré de sténose**. Les critères de RA serré porteront sur le gradient ventriculo-aortique moyen (Gmoy), le pic de vitesse du flux aortique (VmaxAo), la surface aortique (SAo).

Chez les sujets asymptomatiques, l'**épreuve d'effort** ou l'échodoppler cardiaque d'effort⁽¹⁷⁾ permettent de **confirmer l'absence de symptôme**, d'évaluer la **capacité d'effort** l'élévation tensionnelle à l'effort et éventuellement de préciser le gradient aortique et les pressions pulmonaires d'effort.

À l'échodoppler au repos :

- RA minime : SAo > 1,5 cm², Gmoy VG-Ao ≤ 20 mmHg⁽¹⁰⁾ ou ≤ 25 mmHg⁽⁹⁾.

- RA moyen : SAo 1,0-1,5 cm², Gmoy 21-49 mmHg⁽¹⁰⁾ ou 25-40 mmHg⁽⁹⁾.

- RA serré : SAo < 1,0 cm², Gmoy VG-Ao ≥ 50 mmHg⁽¹⁰⁾ ou > 40 mmHg⁽⁹⁾.

Propositions : Seuls les sujets réellement **asymptomatiques** à l'épreuve d'effort peuvent être **autorisés à plonger**.

- **RA minime, avec fonction VG normale et épreuve d'effort normale au niveau nécessité par le sport, sans troubles du rythme : Sports IA à IIB⁽¹⁰⁾ voire tous sports⁽⁹⁾ - Plongée : Oui**

- **RA moyen asymptomatique : Sports IA - Plongée : Non ou limitée par des Conditions Particulières de Pratique si test d'effort normal.**

- **RA serré : Aucun sport de compétition - Plongée : Non.**

En cas de bicuspidie avec sténose légère, il faut tenir compte des recommandations spécifiques au chapitre insuffisance aortique.

INSUFFISANCE AORTIQUE (IA) ET PATHOLOGIES DE LA RACINE AORTIQUE

L'insuffisance aortique est le **plus souvent** liée à une **pathologie de la racine aortique** (dystrophie aortique, bicuspidie) pouvant entrer dans le cadre d'un syndrome malformatif comme le syndrome de Marfan ou d'une dystrophie aortique familiale. Les IA rhumatismales, ou post endocarditiques sont plus rares. Il faudra donc **considérer d'une part la fuite** elle-même et ses conséquences hémodynamiques, **son étiologie** et **les dimensions de la racine aortique⁽¹⁸⁾**.

L'insuffisance aortique est longtemps bien tolérée, représentant une **surcharge volumique ventriculaire gauche progressive**.

Le risque d'insuffisance cardiaque est proportionnel à la dilatation ventriculaire gauche. Il existe un **risque de rupture ou de dissection aortique** lorsque l'IA est liée à une **pathologie de la racine aortique** et ce risque est majoré par l'effort.

Évaluation : La clinique recherchera des signes périphériques d'IA importante (hyperpulsatilité, TA diastolique basse) et d'insuffisance cardiaque.

L'échodoppler cardiaque évalue la fuite sur des critères directs et indirects. Les dimensions et la fonction ventriculaire gauches sont des critères essentiels (*Tableau 2*).

Tableau 2 : **Classification de la Société Française de Cardiologie des IA⁽¹¹⁾** :

	<i>IA modérée</i>	<i>IA sévère</i>
<i>Paramètres semi-quantitatifs</i>		
Diamètre vena contracta	< 3 mm	> 6 mm
Vitesse télédiastolique isthme aortique	Absent ou < 10 cm/s	> 20 cm/s
Débit aortique	< 6 l/mn	> 10 l/mn
Temps de demi-pression IA	> 500 ms	< 300 ms
<i>Paramètres quantitatifs</i>		
Surface orifice régurgitant (SOR)	< 10 mm ²	> 30 mm ²
Volume régurgité/bt (VR)	< 30 ml	> 60 ml
Fraction de régurgitation (FR)	< 30 %	> 50 %

Les classifications de l'ESC⁽¹⁰⁾ et de Bethesda⁽⁹⁾ pour l'aptitude aux sports associent des signes cliniques et échographiques :

- IA minime : absence de signes périphériques d'IA, dimensions normales du VG, Fonction VG normale⁽¹⁰⁾, OG non dilatée⁽¹⁰⁾, petites dimensions du flux de régurgitation diastolique en échodoppler⁽¹⁰⁾.

- IA moyenne : signes périphériques d'IA avec dilatation modérée du VG et fonction systolique VG normale. Dimension modérée du flux de régurgitation aortique⁽¹⁰⁾.

- IA sévère : signes périphériques d'IA, dilatation importante du VG et/ou dysfonction VG, dilatation auriculaire gauche⁽¹⁰⁾ et large jet de régurgitation aortique⁽¹⁰⁾.

Proposition : Le sujet doit être asymptomatique.

- **IA légère avec diamètre télédiastolique du ventricule gauche(DTDVG) et fonction systolique (FEVG) normale : Tous sports - Plongée : Oui**

- **IA modérée avec DTDVG et FEVG normale : Tous sports⁽⁹⁾ - Plongée : Oui**

- **IA modérée asymptomatique avec dilatation VG modérée (DTDVG 60-65 mm) et FEVG normale : sports IA⁽¹⁰⁾. Si épreuve d'effort permet d'atteindre la puissance nécessaire par le sport sans symptômes ni troubles du rythme ventriculaires : Sports IA à IIC⁽⁹⁾ - Plongée : Non ou limitée par des Conditions Particulières de Pratique si test d'effort normal.**

- **IA légère ou modérée avec troubles du rythme ventriculaires au repos ou à l'effort : Aucun sport de compétition⁽¹⁰⁾ ou sports IA⁽⁹⁾ - Plongée : Non**
- **IA modérée avec VG très dilaté ou IA sévère : Aucun sport de compétition - Plongée : Non.**

Cas particulier des pathologies de la racine aortique (hors Marfan)⁽¹⁸⁾ :

- **IA avec dilatation de l'aorte ascendante > 50 mm : Aucun sport de compétition⁽¹⁰⁾. Plongée : Non.**
- **Bicuspidie sans dilatation de la racine aortique (< 40 mm) et sans RA ni IA : Tous sports⁽⁹⁾. Plongée : Oui**
- **Bicuspidie avec racine aortique modérément dilatée (40-45 mm), Sports IA à IIB⁽⁹⁾ - Plongée Oui**
- **Bicuspidie avec racine aortique > 45 mm : Sports IA⁽⁹⁾ - Plongée : Non.**

Le syndrome de Marfan peut être découvert lors du bilan d'une insuffisance mitrale ou aortique. Il est important de savoir que les signes squelettiques peuvent manquer^(19,20).

Cette affection comporte un **risque élevé de dissection aortique** qui peut être favorisé par l'effort ou par un traumatisme thoracique modéré.

Seule la conférence de Bethesda⁽⁹⁾ aborde clairement ce problème :

Les sportifs présentant un syndrome de Marfan ne présentant aucun des critères suivants :

- **Dilatation de la racine aortique (> 40 mm ou plus de 2 déviations standards chez l'enfant).**
- **Insuffisance mitrale modérée ou sévère**
- **Antécédents familiaux de dissection ou de mort subite chez un parent atteint du syndrome de Marfan.**

Sports IA et IIA - Plongée : Oui. Il est recommandé une surveillance échocardiographique tous les six mois.

En cas de dilatation aortique, d'antécédents de chirurgie reconstructrice de l'aorte ou de dissection chronique, d'IM modérée à sévère ou d'antécédents familiaux de dissection ou de mort subite : Sports IA - Plongée : Non

INSUFFISANCE TRICUSPIDE (IT)

L'insuffisance tricuspide est le **plus souvent secondaire** à une dilatation du ventricule droit lié à une HTAP primitive ou secondaire à une pathologie pulmonaire ou du cœur gauche. Les **atteintes organiques** sont le **prolapsus tricuspide**, l'anomalie d'**Ebstein**, les IT rhumatismales, post-endocarditiques et les séquelles de chirurgie des cardiopathies congénitales ou à des causes plus rares (carcinoïde, toxique avec les anorexigènes).

Elle entraîne essentiellement une surcharge volumique du cœur droit.

L'aptitude sera essentiellement liée à la maladie causale car l'**hypertension artérielle pulmonaire (HTAP) contre-indique la plongée quelle que soit son étiologie devant le risque d'œdème d'immersion.**

Proposition en cas d'IT isolée sans HTAP : **IT primitive, quelle qu'en soit la sévérité, avec fonction ventriculaire droite normale et l'absence de pression auriculaire droite supérieure à 20 mmHg ou d'élévation de la pression systolique ventriculaire droite : Tous sports - Plongée : Oui.**

PROTHÈSES VALVULAIRES ET VALVULOPLASTIES

Le remplacement valvulaire améliore généralement la symptomatologie des patients ainsi que leur pronostic.

Toutefois :

- toutes les prothèses valvulaires comportent un **certain degré de sténose par rapport aux valves natives**

Une évaluation échographique de la prothèse et de la fonction VG au repos et à l'effort est nécessaire pour étudier la possibilité de pratiquer un sport, la puissance développée lors du test servant à déterminer le type de sport praticable.

- les valves mécaniques nécessitent un traitement anticoagulant permanent avec un **degré d'anticoagulation** qui dépend du **type de valve**, de son **siège**, du rythme sinusal ou **FA**, de la **fonction ventriculaire gauche**⁽²¹⁾.

Le plongeur devra rester prudent pendant les phases de mise à l'eau et de sortie favorables aux chocs et aux traumatismes. Il faut rester vigilant par rapport aux conditions de mer génératrices d'instabilité et de chute sur les bateaux. Sous l'eau, les manœuvres d'équilibration doivent être réalisées avec douceur pour ne pas générer de saignements oto-rhinologiques.

Les patients dont la cible d'anticoagulation est un INR entre 2 et 3 peuvent être autorisés à plonger conformément aux recommandations fédérales sur les troubles de l'hémostase⁽¹⁵⁾.

Si l'objectif d'INR est supérieur à 3, la prudence doit prévaloir vis à vis de toutes les situations potentiellement traumatiques. Il faut par ailleurs tenir compte du risque thrombotique de ces prothèses. L'équilibration du traitement doit pouvoir être vérifiée de manière fiable, dans un centre référent de biologie, en toutes circonstances. Cela est indispensable en cas de voyage (plus ou moins exotique) car la fatigue, l'éventuel

décalage horaire et les changements de mode d'alimentation peuvent perturber la pharmacocinétique du traitement anticoagulant.

Pour ces patients, la pratique de la plongée ne peut s'envisager que dans des conditions précises en tenant compte, à chaque fois, des conditions locales.

Proposition : Un délai de 6 à 12 mois après l'intervention devra être respecté avant d'envisager la plongée.

Une évaluation par échodoppler cardiaque récente doit, évidemment, confirmer un résultat post-opératoire satisfaisant, sans complication, altération de la fonction ventriculaire ni hypertension artérielle pulmonaire.

- Remplacement valvulaire aortique par une bioprothèse ou une valve mécanique (prothèses récentes à faible risque thrombotique), fonction VG normale et bonne tolérance à l'effort : sports IA à IIB - Plongée : Oui avec recommandations sur les anticoagulants⁽¹⁵⁾ si en rythme sinusal avec objectif d'INR entre 2 et 3.

- Bioprothèse (ou valvuloplastie) mitrale, non traités par anticoagulants, avec une fonction VG normale : Sports IA à IIB - Plongée : Oui.

- Bioprothèse ou valve mécanique traités par anticoagulants nécessitant un INR supérieur à 3⁽¹⁵⁾ (prothèse mécanique mitrale, prothèse mécanique mitrale ou aortique en fibrillation auriculaire, antécédents thromboemboliques artériels, diamètre de l'OG > 50 mm) : Sports IA à IIB sauf contact – Plongée : Non ou CPP prudentes et précises tenant compte de la possibilité de vérifier l'équilibre du traitement.

CONCLUSION

Les pathologies valvulaires ont des conséquences physiopathologiques très différentes selon leur type et leur gravité, depuis une insuffisance valvulaire minimale qui n'entraînera aucune gêne, même pour des efforts importants et une sténose aortique serrée qui peut se révéler par une mort subite.

Toutefois, leur évaluation objective est possible et bien codifiée. L'échodoppler cardiaque est au centre de cette évaluation et permet de classer les valvulopathies et d'évaluer la fonction ventriculaire gauche qui est au centre de la tolérance et la pression pulmonaire systolique.

Dans les cas limites, seule une évaluation à l'effort, par un test d'effort (idéalement sur tapis roulant) ou au mieux par échographie d'effort qui permet des mesures hémodynamiques et notamment des gradients transvalvulaires et de la pression artérielle pulmonaire systolique, permettra d'une part de vérifier le caractère asymptomatique du sujet et la bonne tolérance de la valvulopathie.

La plongée sous-marine induit des modifications hémodynamiques importantes dont il est tenu compte dans ces recommandations, car les valvulopathies diminueront la tolérance cardiaque à ces contraintes.

Il faut insister sur un suivi cardiologique régulier du plongeur présentant une valvulopathie afin de suivre la progressivité de la maladie et anticiper si nécessaire une contre-indication si la pathologie semble évoluer rapidement, avant d'atteindre le seuil où elle pourrait se décompenser en plongée.

Ceci doit faire l'objet d'un dialogue avec le plongeur, pour le sensibiliser aux symptômes et lui faire comprendre combien il est important qu'il signale tout symptôme survenant "au sec" dans l'intervalle entre deux examens médicaux et que dans ce cas il s'abstienne de plonger jusqu'à une nouvelle évaluation.

Le médecin de plongée aura donc un rôle préventif et d'éducation vis à vis du patient qui doit être pleinement informé des risques.

Recommandations pour la pratique des sports de compétition et de la plongée de loisir en scaphandre autonome pour les sujets présentant une valvulopathie asymptomatique

Pathologies	Examens complémentaires	Critères	Rythme	Sports de compétition	Plongée
Rétrécissement Mitral (RM) : quantification selon la Surface mitrale.					
Rétrécissement Mitral minime.	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Holter, Test d'effort.	Surface mitrale > 1,5 cm ² PAPS (Pression Artérielle Pulmonaire Systolique) de repos < 35 mmHg ⁽⁹⁾ Si traitement anticoagulant : INR stable entre 2 et 3.	Sinusal	Tous sports	Oui
			Fibrillation auriculaire	Sports à composantes statique et dynamique faibles à modérées ⁽¹⁰⁾ Pas de risque de collision	CPP
Rétrécissement Mitral modéré.	ECG, Echocardiographie, Holter, Test d'effort. Selon les cas : Echocardiographie d'effort.	Surface mitrale entre 1,0 et 1,5 cm ² PAPS de repos ≤ 50 mmHg ⁽⁹⁾		Sports à composantes statique et dynamique faibles ⁽¹⁰⁾	NON CPP si écho d'effort
Rétrécissement Mitral serré		Surface mitrale < 1,0 cm ² PAPS de repos > 50 mmHg ⁽⁹⁾		Sports à composantes statique et dynamique faibles ⁽¹⁰⁾	NON
Insuffisance Mitrale (IM) : quantification selon la Surface de l'Orifice régurgitant (SOR) ou de la PISA (Proximal Isovelocity Surface Area).					
Insuffisance Mitrale minime	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Holter, Test d'effort.	SOR < 20 mm ² ou PISA < 3 mm ⁽¹⁰⁾ Diamètre VG < 60 mm ⁽⁹⁾ FEVG ≥ 60 % PAPS de repos < 35 mmHg ⁽⁹⁾	Sinusal	Tous sports	Oui
			Fibrillation auriculaire	Pas de risque de collision si anticoagulant	CPP
Insuffisance Mitrale modérée	ECG, Echocardiographie. Selon les cas : Holter, Test d'effort, bilan hémodynamique.	SOR 20 - 40 mm ² ou PISA 3 à 6 mm ⁽¹⁰⁾ Diamètre VG < 60 mm ⁽⁹⁾ FEVG ≥ 60 %		Sports à composantes statique et dynamique faible à modérées ⁽¹⁰⁾	Non ou CPP si test d'effort
			Diamètre VG > 60 mm ⁽⁹⁾ ou FEVG < 50 %		Pas de sport de compétition
Insuffisance Mitrale sévère		SOR > 40 mm ² ou PISA > 6 mm ⁽¹⁰⁾		Pas de sport de compétition	NON
Insuffisance Tricuspide (IT) : l'hypertension artérielle pulmonaire contre-indique la plongée quelque soit l'étiologie.)					
Insuffisance Tricuspide primitive	ECG, Echocardiographie, test d'effort.	Pression auriculaire < 20 mm Hg Pression systolique VD normale		Tous sports	Oui

Rétrécissement Aortique (RA) : quantification selon la Surface Aortique (SAo) et le gradient ventriculo-aortique moyen (Gmoy).					
Rétrécissement Aortique minime	ECG, Echocardiographie, Test d'effort	SAo > 1,5 cm ² Gmoy ≤ 20 mm Hg ⁽¹⁰⁾		Sports à composantes dynamique et statique faibles à modérées.	Oui
Rétrécissement Aortique modéré	ECG, Echocardiographie.	SAo entre 1 et 1,5 cm ² Gmoy entre 21 et 49 mm Hg ⁽¹⁰⁾		Sports à composantes dynamique et statique Faibles.	Non ou CPP si test d'effort
Rétrécissement Aortique serré	Selon les cas : Test d'effort,	SAo < 1 cm ² Gmoy ≥ 50 mm Hg ⁽¹⁰⁾		Pas de sport de compétition	NON
Insuffisance Aortique (IA) et pathologies de la racine aortique					
Insuffisance Aortique minime à modérée	ECG, Echocardiographie.	Pas de dilatation du VG FEVG ≥ 60 % Pas de dilatation de l'OG		Tous sports	Oui
			Trouble du rythme ventriculaire	Pas de sport de compétition ⁽¹⁰⁾	NON
Insuffisance Aortique modérée	Selon les cas : Holter, Test d'effort, bilan hémodynamique.	Dilatation modéré du VG (60- 65 mm) ⁽⁹⁾ avec FEVG > 50 % Pas de dilatation de l'OG	Pas de trouble du rythme ventriculaire	Sports à composantes dynamique et statique Faibles ⁽¹⁰⁾ .	Non ou CPP si test d'effort
Insuffisance Aortique modérée à sévère					
Dilatation aorte ascendante	Echographie, si besoin TDM ou IRM	Diamètre < 50 mm Si bicuspidie ≤ 40 mm		Tous sports	Oui
Syndrome de Marfan avec ou sans IA ⁽⁹⁾	Surveillance échographique semestrielle	Racine aortique ≤ 40 mm Pas d'IM modérée ou sévère Pas d'antécédent familiaux de dissection ou de mort subite		Sports à composantes dynamique faible à modérée et composante statique faible ⁽⁹⁾ .	CPP
Prothèse valvulaire et valvuloplastie (après un délai de 6 à 12 mois)					
Valvuloplastie ou bioprothèse sans traitement anticoagulant	ECG, Echocardiographie.	Régurgitation résiduelle minime ou fonctionnement prothétique normal Fonction VG normale	Sinusal	Sports à composantes dynamique et statique faibles à modérées.	Oui
Valvuloplastie, bioprothèse ou prothèse aortique mécanique à faible risque thrombotique avec traitement anticoagulant	ECG, Echocardiographie.	Régurgitation résiduelle minime ou fonctionnement prothétique normal Fonction VG normale INR stable entre 2 et 3	Sinusal	Sports à composantes statique et dynamique faibles à modérées sans risque de collision	Oui
			Fibrillation auriculaire		CPP
Valve mécanique ou indication à un INR > 3	ECG, Echocardiographie.	Fonctionnement prothétique normal Fonction VG normale		Sports à composantes statique et dynamique faibles à modérées sans risque de collision	NON ou CPP si surveillance stricte INR

Pratique de la plongée : Oui = possible si toutes les conditions sont réunies, **NON** = Contre-Indication définitive, **CPP** = Conditions Particulières ou Personnalisées de Pratique à discuter.

REFERENCES

- (1) Boussuges A, Blanc F, Carturan D. Hemodynamic changes induced by recreational scuba diving. *Chest* 2006;129:1337-43.
- (2) Boussuges A, Regnard J. Physiologie cardiovasculaire et bilan hydrominéral. In: Broussolle B, Méliet JL, Coulange M, eds. *Physiologie et Médecine de la plongée*. Paris: Ellipses; 2006:115-39.
- (3) Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task force 8 : Classification of sports. 36th Bethesda conference, Eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities : *J Am Coll Cardiol*, 2005, vol 45 (8) : 1364-1367.
- (4) Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM. Liste des contre indications à la plongée en scaphandre autonome. 2010. (Accessed at http://medical.ffessm.fr/?page_id=528.)
- (5) European Diving Technology Committee. Fitness to dive standards. Guidelines for medical assessment of working divers. 2003. (Accessed at <http://www.edtc.org/Fitness%20to%20dive.htm>)
- (6) Walker R. Cardiac disease. In: Edmonds C, Lowry C, Pennefather J, Walker R, eds. *Diving and subaquatic medicine*. 4 th ed. London: Arnold; 2002:575-80.
- (7) Bove AA. Fitness to dive. In: Brubakk AO, Neuman TS, eds. *Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving*. 5 th ed: Saunders; 2003:700-17.
- (8) DAN. Cardiovascular fitness and diving. 1999. (Accessed at <http://www.diversalernetnetwork.org/medical/articles/article.asp?articleid=11>.)
- (9) Bonow RO, Cheitlin MD, Crawford MH, Douglas PS. Task force 3 : Valvular heart diseases. 36th Bethesda conference, Eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities : *J Am Coll Cardiol*, 2005, vol 45 (8) : 1334-1340
- (10) Mellwig KP, van Buuren F, Gohlke-Baerwolf C, Bjornstad HH. Recommendations for the management of individuals with acquired valvular heart diseases who are involved in leisure-time physical activities or competitive sports. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15:95-103
- (11) Société Française de Cardiologie. Mise à jour des Recommandations concernant les indications de l'échocardiographie Doppler publiées en 1999. 2008. (Accessed at <http://www.sfcario.fr/recommandations/sfc/mise-a-jour-des-recommandations-de-la-societe-francaise-de-cardiologie-concernant-les-indications-de-l2019echocardiographie-doppler-publiees-en-1999-1/>.)
- (12) Picano E, Pibarot P, Lancellotti P, Monin JL, Bonow RO. The emerging role of exercise testing and stress echocardiography in valvular heart disease. *Journal of the American College of Cardiology* 2009;54:2251-60.
- (13) Brouant B, Finet G, Krafft R, Lafay V, Roche, Grandjean B. Conditions particulières de pratique de la plongée sous-marine de loisir pour les patients atteints de coronaropathie : Recommandations pour la FFESSM. *Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare* 2009;19:165-76.
- (14) Brouant B, Houriez P, Lafay V, Roche F, Finet G, Grandjean B. Pratique de la plongée et des sports subaquatiques par les patients présentant des troubles de la conduction ou du rythme cardiaque : Recommandations pour la FFESSM. *Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare* 2009;19:177-84
- (15) Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM. Autres pathologies de l'hémostase et plongée subaquatique : Critères de décision / contre indication. 2007. (Accessed at http://medical.ffessm.fr/?page_id=520.)
- (16) Magne J, Lancellotti P, Piérard LA. Exercise pulmonary hypertension in asymptomatic degenerative mitral regurgitation. *Circulation* 2010;122:33-41.
- (17) Maréchaux S, Hachicha Z, Bellouin A, et al. Usefulness of exercise-stress echocardiography for risk stratification of true asymptomatic patients with aortic valve stenosis. *European heart journal* 2010;31:1390-7.
- (18) Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients With Thoracic Aortic Disease: Executive Summary. *Circulation* 2010 ;121:1544-79.
- (19) INSERM. Syndrome de Marfan et apparentés - Protocole national de diagnostic et de soins. 2008. (Accessed at <http://www.orpha.net/data/patho/Pro/fr/marfanPNDS.pdf>.)
- (20) INSERM. Le syndrome de Marfan. orphanet, 2005. (Accessed at <http://www.orpha.net/data/patho/Pro/fr/Marfan-FRfrPro109.pdf>.)
- (21) Vahanian A, Baumgartner H, Bax J, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease. *European heart journal* 2007;28:230-68.

Groupe de travail "Valvulopathies et plongée" :

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

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

Professeur Gérard FINET, Hôpital Louis Pradel, 69677 Bron

Docteur Rémy KRAFFT, Clinique Claude Bernard, 57070 Metz

Docteur Vincent LAFAY, 282 avenue St Antoine, 13015 Marseille

Docteur Frédéric ROCHE, CHU Nord, 42055 Saint-Etienne

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