

Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur
Durée 1h30 Coefficient 4

QUESTION 1 (6 POINTS)

Un club de l'intérieur des terres, profitant des ponts du mois de mai, organise un week-end de plongée en bord de mer. Les plongeurs ont pratiqué l'activité tout l'hiver en carrière.

Le troisième jour, ils explorent un tombant entre 20 et 40 mètres de profondeur. Après une remontée à la vitesse préconisée par son moyen de décompression et au bout de 2 minutes de palier, un plongeur fait signe à son binôme qu'il se sent essoufflé et qu'il veut remonter en surface, bien qu'il leur reste 3 minutes de palier à réaliser.

Arrivé en surface, il a du mal à respirer. De retour sur le bateau, il présente les symptômes suivants : toux, crachats rosés, dyspnée, cyanose des lèvres, pâleur et oppression thoracique. Il a de plus en plus de mal à respirer et se trouve à la limite de la syncope. Le DP alerte les secours et met en place les premiers soins.

Les deux plongeurs ont fait une plongée d'exploration sans effort, se sont ventilés normalement

- a) Quel type d'accident soupçonnez-vous ? (1 point)
- b) Quels éléments vous permettent de vous orienter vers cet accident ? (1 point)
- c) Expliquez-en le mécanisme. (3 points)
- d) Le plongeur en difficulté a préféré écourter ses paliers, avec les risques que cela peut engendrer.
D'après vous, était-ce adapté à la situation et pourquoi ? (1 point)

QUESTION 2 (7 POINTS)

En tant que moniteur de plongée, vous enseignez l'apnée à vos plongeurs.

- a) Le barotraumatisme de l'oreille moyenne est commun à la plongée scaphandre, et à l'apnée. Expliquez en le mécanisme, les signes et les facteurs favorisants. (2 points)
- b) Quels conseils donnerez-vous à vos stagiaires afin d'éviter cet accident ? (2 points)
- c) Certains stagiaires font de l'hyperventilation avant l'apnée. Quelles conséquences cela peut-il avoir ? Vous pouvez justifier votre réponse en vous appuyant sur un schéma. (3 points)

QUESTION 3 (7 POINTS)

En tant que stagiaire MF2, vous vous occupez d'une formation de guide de palanquée. Après un entraînement en mer, certains d'entre eux, pratiquant régulièrement le sport, se demandent pourquoi ils ressentent plus facilement un essoufflement en pratiquant la nage par rapport à d'autres activités physiques (course à pied, vélo,)

- a) Expliquez pourquoi le fait d'être immergé, même pour la nage, augmente le risque d'essoufflement. (2pts)
- b) Quelle filière est principalement utilisée pendant l'épreuve de nage PMT du guide de palanquée ? (1 pt)
- c) Quelles en sont les principales caractéristiques : délai de mise en route, durée de tenue de l'effort, puissance et facteurs limitants ? (1 pt)
- d) Comment allez-vous organiser l'entraînement physique de vos stagiaires guide de palanquée au cours de la saison ? (3 pts)

Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur

REFERENTIEL DE CORRECTION

QUESTION 1 (6 POINTS)

Un club de l'intérieur des terres profitant des ponts du mois de mai, organise un week end de plongée en bord de mer. Les plongeurs ont pratiqué l'activité tout l'hiver en carrière. Le troisième jour, ils explorent un tombant entre 20 et 40 mètres de profondeur. Après une remontée à la vitesse préconisée par son moyen de décompression et au bout de 2 minutes de palier, un plongeur fait signe à son binôme qu'il se sent essoufflé et qu'il veut remonter en surface, bien qu'il leur reste 3 minutes à réaliser. Arrivé en surface, il a du mal à respirer. De retour sur le bateau, il présente les symptômes suivants : toux, crachats rosés, dyspnée, cyanose des lèvres, pâleur et oppression thoracique. Il a de plus en plus de mal à respirer et se trouve à la limite de la syncope. Le DP alerte les secours et met en place les premiers soins.

Les deux plongeurs ont fait une plongée d'exploration sans effort, se sont ventilés normalement

a) Quel type d'accident soupçonnez-vous ? (1 point)

Un œdème pulmonaire d'immersion

b) Quels éléments vous permettent de vous orienter vers cet accident ? (1 point)

Les symptômes peuvent faire penser à une surpression pulmonaire. Cependant, le profil de la plongée sans erreur de procédure, l'absence de notion de blocage expiratoire à la remontée, ainsi que les symptômes présentés par la victime sont évocateurs d'un œdème pulmonaire d'immersion.

c) Expliquez en le mécanisme. (3 points)

L'œdème pulmonaire d'immersion survient lorsque la perméabilité de la barrière alvéolo capillaire est altérée sous l'effet d'une augmentation de pression dans les capillaires pulmonaires. Du liquide provenant de ces capillaires inonde les alvéoles, ce qui entraîne une hypoxie.

En immersion, le travail ventilatoire et la pression capillaire pulmonaire augmentent par plusieurs mécanismes :

- *L'augmentation de la pression ambiante entraîne une redistribution du sang contenu dans les membres et la peau vers la circulation thoracique (bloodshift). Cela entraîne :*
 - *un engorgement de la circulation pulmonaire*
 - *une diminution de l'élasticité des poumons*
 - *une augmentation du travail pour le cœur*

- *la sécrétion par l'organisme de molécules qui augmentent la perméabilité capillaire.*
- *Les gaz respirés sont plus denses et leur écoulement dans les voies respiratoires est donc plus difficile. L'expiration devient active*
- *Le détendeur augmente le travail respiratoire*
- *La combinaison-majore l'effet de la pression hydrostatique sur l'organisme, limite l'expansion de la cage thoracique et augmente le travail ventilatoire pendant l'inspiration*

d) Le plongeur en difficulté a préféré écourter ses paliers, avec les risques que cela peut engendrer.

D'après vous, était-ce adapté à la situation et pourquoi ? (1 point)

Oui, il a eu raison : le risque vital prime sur le risque d'une interruption des paliers.

Lorsqu'un plongeur fait le signe "je suis essoufflé", il signale à son équipier une sensation de gêne respiratoire. Quelle que soit l'origine, il s'agit d'un appel à intervention qui ne doit pas faire hésiter à interrompre la plongée et à remonter.

QUESTION 2 (7 POINTS)

En tant que moniteur de plongée, vous enseignez l'apnée à vos plongeurs.

a) Le barotraumatisme de l'oreille moyenne est commun à la plongée scaphandre, et à l'apnée. Expliquez en le mécanisme, les signes et les facteurs favorisants. (2 points)

L'oreille moyenne (OM) est une cavité communiquant avec le reste des voies aériennes par la trompe d'Eustache (petit conduit souple fait de cartilage et tapissé de muqueuse).

Le barotraumatisme de l'OM est l'accident le plus fréquent., Il est provoqué par les variations des volumes gazeux sous l'effet de la pression ambiante, surtout pendant la descente, le plus souvent vers trois à quatre mètres de profondeur, mais aussi à la remontée.

- *A la descente : la trompe d'Eustache doit être ouverte par une technique d'équilibrage pour permettre l'arrivée d'air depuis le pharynx dans l'OM. Cela permet de compenser la pression exercée par l'eau sur le tympan, d'éviter sa déchirure et d'éventuels dommages au niveau de la chaîne des osselets et de l'oreille interne avec des conséquences sur l'audition et l'équilibre.*
- *A la remontée : la pression ambiante baisse et l'air contenu dans l'OM doit pouvoir s'échapper par la trompe d'Eustache, sinon la pression va augmenter et pousser le tympan vers l'extérieur en entraînant le même type de dommages. La sortie de l'air peut être empêchée lorsque le calibre de la trompe d'Eustache est réduit par une inflammation locale due à une rhinite, une manœuvre de Valsalva effectuée de façon inappropriée à la remontée, etc.*

- *La douleur est le maître symptôme du barotraumatisme de l'OM, parfois accompagnée d'une diminution de l'audition, et de vertiges (en cas de rupture du tympan)*
- *Les facteurs favorisants sont la répétitions des descentes et des remontées entraînant une baisse de la perméabilité des trompes, la vitesse de descente et de remontée, la mauvaise réalisation des technique d'équilibration, l'utilisation de vasoconstricteurs nasaux n'agissant pas forcément durant toute la plongée, etc.*

b) Quels conseils donnerez-vous à vos stagiaires afin d'éviter cet accident ? (2 points)

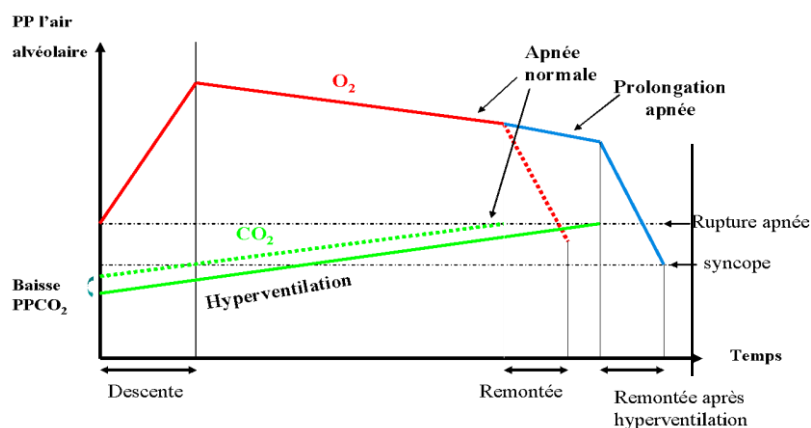
- *Apprendre des manœuvres d'équilibrage des oreilles plus douces que le Valsalva, telles que BTV, Frenzel, Toynbee, etc.*
- *Ne pas chercher à descendre directement à 10 mètres durant l'échauffement.*
- *Ne pas plonger enrhumé.*
- *Durant l'échauffement, privilégier la position tête en haut en utilisant un pendeur.*
- *Eviter les répétitions trop fréquente des descentes et des remontées lors des phases d'apprentissage.*

c) Certains stagiaires font de l'hyperventilation avant l'apnée. Quelles conséquences cela peut-il avoir ? Vous pouvez justifier votre réponse en vous appuyant sur un schéma. (3 points)

L'hyperventilation est une succession forcée et rapide d'expirations et d'inspirations qui conduit à une diminution de la PpCO₂. Elle ne permet pas d'enrichir le sang en O₂ de manière significative. C'est la PpCO₂ qui déclenche l'envie de respirer. Lors d'une ventilation normale cette envie apparaît avant l'atteinte du seuil d'anoxie (manque d'O₂) et donc de la syncope.

En abaissant la PpCO₂ avant l'apnée, l'hyperventilation présente un risque d'accident majeur. La diminution de la PpCO₂ retarde le moment de l'envie de respirer, allonge la phase d'aisance au fond et fait que la syncope anoxique peut apparaître avant toute envie de respirer.

Ce risque est accentué lors des plongées profondes, car la pression partielle alvéolaire d'oxygène est augmentée proportionnellement à la pression ambiante. La durée de l'apnée au fond est allongée en raison de la sensation de confort due à l'augmentation de la PaO₂. Lors de la remontée, la baisse de la pression ambiante entraîne une chute de la PaO₂ et la syncope hypoxique peut apparaître brutalement : c'est le rendez vous syncopal.



QUESTION 3 (7 POINTS)

En tant que stagiaire MF2, vous vous occupez d'une formation de guide de palanquée. Après un entraînement en mer, certains d'entre eux, pratiquant régulièrement le sport, se demandent pourquoi ils ressentent plus facilement un essoufflement en pratiquant la nage par rapport à d'autres activités physiques (course à pied, vélo ...)

- a) Expliquez pourquoi le fait d'être immergé, même pour la nage, augmente le risque d'essoufflement. (2 points)
- Le travail musculaire nécessaire à la ventilation est augmenté par:
 - La redistribution de la masse sanguine vers les poumons (*bloodshift*) est majorée par l'immersion et la position horizontale. La distensibilité (élasticité) des poumons est diminuée et l'expiration devient active.
 - Le port de la combinaison gêne l'inspiration en limitant la capacité d'expansion de la cage thoracique (Rq : c'est l'un des facteurs incriminés dans la survenue d'œdème pulmonaires d'immersion en surface, en particuliers chez les nageurs de combat et les triathlètes)
 - Le tuba augmente l'espace mort.
 - Une mauvaise technique de palmage, le froid, le courant et le lestage augmentent l'effort musculaire nécessaire à la nage et entraînent une production accrue de CO_2
- b) Quelle filière est principalement utilisée pendant l'épreuve de nage PMT du guide de palanquée ? (1 point)
- Filière aérobie : efforts d'intensité moyenne sur une durée relativement longue*
- c) Quelles en sont les principales caractéristiques : délai de mise en route, durée de tenue de l'effort, puissance et facteurs limitant ? (1 point)
- Délai de mise en route : 2 à 3 minutes
 - Durée de tenue de l'effort : plusieurs heures
 - Puissance : moyenne, fonction du VO_{2max}
 - Facteurs limitant : illimité en théorie mais en pratique : fatigue, chaleur, etc.

d) Comment allez vous organiser l'entrainement physique de vos stagiaires guide de palanquée au cours de la saison ? (3 points)

● **Premier tiers d'entraînement :**

- *Entraînement de la filière aérobie, phase commune pour la préparation de toutes les épreuves.*
- *Travail en milieu artificiel permettant de corriger les défauts techniques*
- *Diversifier les activités physiques (natation, vélo, course à pied, ski de fond : on privilégiera les activités qui musclent les membres inférieurs)*
- *Augmentation progressive des distances et de la durée.*
- *Augmentation progressive du volume d'entraînement (nombre de séances /semaine)*

● **Deuxième tiers d'entraînement:**

- *Continuer le travail de la filière aérobie.*
- *Ajouter des séances de travail au seuil ventilatoire 2 (seuil aérobie-anaérobie)*
- *Maintenir ou augmenter le volume d'entraînement (nombre de séances/semaine)*
- *Privilégier les séances de natation par rapport aux autres activités physiques.*

● **Dernier tiers d'entraînement:**

- *Privilégier le travail au seuil ventilatoire 2*
- *Diminuer la filière aérobie*
- *Augmenter les phases de récupération*
- *Priorité à la spécificité des épreuves d'examen*
- *Priorité et travail privilégié en milieu naturel*
- *Travail anaérobie : exercices de 1' à 1'30*