**Anatomie, physiologie et physiopathologie du plongeur**

Durée 1h30 Coefficient 4

**Question 1 : La ventilation en immersion (8 points)**

1. Décrivez les conséquences de l’hyperbarie sur l’appareil ventilatoire (3 points)
2. Pourquoi un essoufflement peut apparaître en plongée, sans forcément faire d’effort physique intense ? (2 points)
3. Un essoufflement est un facteur favorisant d’autres accidents ; lesquels ? (1 point)
4. Quelles mesures de prévention donneriez-vous à vos stagiaires pédagogiques pour diminuer le risque de survenue de cet incident à leurs élèves (2 points)

**Question 2 : Les jeunes plongeurs (7 points)**

Un stagiaire MF 1 vous interroge pour savoir pourquoi la FFESSM n’autorise la plongée aux enfants qu’à partir de 8 ans. Afin de faciliter sa compréhension, vous réalisez un tableau (trame ci-dessous)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Appareil ou fonction** | **Caractéristiques liées à l’enfant** | **Risques ou accidents** | **Adaptation / Prévention** |
| Ventilation |  |  |  |
| Cœur et circulation |  |  |  |
| ORL |  |  |  |
| Thermorégulation |  |  |  |
| Appareil locomoteur |  |  |  |
| Dents |  |  |  |
| Aspects psychologiques |  |  |  |

**Question 3 : L’entraînement physique (5 points)**

1. Vous êtes responsable de la préparation physique au cours d’une formation GP. Complétez le tableau des caractéristiques des filières énergétiques ci-dessous (3 points)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Filière énergétique** | **Délai** | **Puissance** | **Durée d’action** | **Facteur limitant** | **Épreuves du GP concernées** |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

1. Définissez l’échauffement et précisez son objectif. (0,5 point)
2. Quelles sont les répercussions de l’échauffement sur l’organisme ? (1,5 points**)**

Référentiel de correction

**Question 1 : La ventilation en immersion (8 points)**

1. **Décrivez les conséquences de l’hyperbarie sur l’appareil ventilatoire (3 points)**

* *En hyperbarie, la masse volumique de l’air respiré augmente compte tenu de l’augmentation de la pression ambiante. Cette augmentation de masse volumique entraîne une augmentation des pertes de charge (écoulement de gaz dans l’appareil ventilatoire) : le travail ventilatoire augmente avec la profondeur.* ***(1 point)***
* *La résistance ventilatoire est aussi accrue du fait des détendeurs L’expiration devient active du fait de l’augmentation de la masse volumique de l’air et de la résistance du détendeur : soupape expiratoire).* ***(0,5 point)*** *Les débits sont ainsi diminués, ce qui accroît le travail des muscles ventilatoires qui tentent de les maintenir.*
* *Par ailleurs, la pression hydrostatique s’exerçant sur le corps entraîne le reflux central de la circulation sanguine périphérique (Blood shift). Cette hypervolémie centrale rigidifie les poumons et diminue leur élasticité : la variation de pression requise pour une variation de volume donné (la compliance pulmonaire) augmente. Ceux-ci sont rendus moins élastiques et l’espace disponible pour les volumes gazeux est plus réduit. Les conséquences sont une perte de 30% du VRE et un travail ventilatoire augmenté de 60%. Cela conduit l’organisme à constituer un VRE plus important, la ventilation se déplace vers le VRI (La ventilation est naturellement plus haute en immersion car l’expiration est active), les muscles respiratoires se fatiguent puisque ne travaillant pas dans les conditions habituelles.* ***(1 point)***
* *Pour ce qui concerne plus spécifiquement l’expiration, on observe une baisse du débit ventilatoire maximum, du VEMS (volume expiratoire maximum par seconde) et du DEM (débit expiratoire maximum), ce qui traduit une insuffisance respiratoire à l’effort en immersion.*
* *On peut dire que des sujets sains présentent en plongée les mêmes débits que des insuffisants respiratoires en surface.*
* *Il résulte de ces mécanismes une surproduction de CO2, une diminution de la ventilation alvéolaire et donc de l’élimination du gaz carbonique. Le résultat est une hypercapnie ou augmentation de la PpCO2 de gaz carbonique dans le sang.*
* *Cela favorise l’essoufflement et la fatigue des muscles ventilatoires.* ***(0,5 point)***

1. **Pourquoi un essoufflement peut apparaître en plongée, sans forcément faire d’effort physique intense ? (2 points)**

* *L’insuffisance de la ventilation alvéolaire, due à la masse volumique de l’air ambiant et à une adaptation insuffisante provoquent une augmentation du CO2 alvéolaire. Cette augmentation produit une diminution du gradient d’élimination, donc une hypercapnie (augmentation du taux de CO2 dans le sang).* ***(0,5 point)***
* *En cas d’hypercapnie, le centre de commande de la respiration (bulbe rachidien) va augmenter la fréquence ventilatoire (inspiration) dans le but de purger le CO2 efficacement.* ***(0,5 point)***
* *L’équilibre est maintenu, mais devient précaire. Tout événement qui va solliciter des muscles (froid, stress, effort…) et toute situation perturbant la mécanique ventilatoire (exercices de poumon ballast, efforts sans points d’appui…) vont augmenter la production de CO2. L’organisme ne peut plus s’adapter, c’est le début de l’essoufflement. (****1 point)***

1. **Un essoufflement est un facteur favorisant d’autres accidents ; lesquels ? (1 point)**

* *ADD : perturbations des échanges gazeux et micronoyaux gazeux engendrés par le CO2.*
* *Surpression pulmonaire : Le plongeur atteint d’un essoufflement expire difficilement. En cas de remontée « panique » (par exemple), cela augmente le risque de surpression pulmonaire.*
* *Noyade : Le plongeur qui subit un essoufflement sévère a un raisonnement confus et panique. Cette panique peut l’entraîner à lâcher son détendeur et ne pouvant réaliser une apnée, à se noyer.*
* *Narcose : l’augmentation de CO2 provoquée par l’essoufflement décuplerait l’effet narcotique de l’azote.*

***0,25 point par réponse***

1. **Quelles mesures de prévention donneriez-vous à vos stagiaires pédagogiques pour diminuer le risque de survenue de cet incident à leurs élèves (2 points)**

* *Plonger dans des conditions favorables en général (condition physique, milieu) visant à diminuer les conditions de stress, utilisation d’un équipement adapté (lestage), être vigilant au matériel (état, configuration et modèle) de ses élèves et vérifier l’ouverture des blocs.*
* *Privilégier la technique et le travail de la ventilation afin d’affiner rapidement le lestage des plongeurs.*
* *Pour l’accoutumance à la profondeur, mettre en place des ateliers pour limiter le stress (pendeur, descente en phoque…)*
* *Contrôler régulièrement la ventilation, la consommation, les efforts fournis en plongée.*
* *Ne pas plonger profond à contre-courant*
* *Ne pas descendre si les élèves sont déjà essoufflés en surface*
* *Privilégier l’entraînement physique :*
* *Augmentation de l’endurance des muscles ventilatoires :*
* *Par un travail de nage en surface*
* *Par une adaptation progressive à la profondeur (entraînement à la plongée en vue d’améliorer la résistance des muscles ventilatoires à la fatigue.)*
* *Amélioration du rejet de CO2*
* *Par un travail sur la ventilation en plongée : augmentation de l’amplitude des mouvements ventilatoires, en insistant notamment sur l’expiration, diminution de la fréquence ventilatoire*
* *Meilleure adaptation à l’effort*
* *Technique de palmage moins coûteuse*
* *Amélioration de l’utilisation musculaire de l’O2 nécessitant moins d’apport.*

***0,25 par réponse : 2 points maxi***

**Question 2 : Les jeunes plongeurs (7 points)**

Un stagiaire MF 1 vous interroge pour savoir pourquoi la FFESSM n’autorise la plongée aux enfants qu’à partir de 8 ans. Afin de faciliter sa compréhension, vous réalisez un tableau (trame ci-dessous)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Appareil ou fonction** | **Caractéristiques liées à l’enfant** | **Risques ou accidents** | **Adaptation / Prévention** |
| **Ventilation**  **(2 points)** | * *Maturation pulmonaire non atteinte* * *Élasticité pulmonaire plus faible.* * *Résistances pulmonaires sont plus élevées : travail ventilatoire augmenté.* * *Effet shunt droit-gauche est augmenté (certaines alvéoles sont perfusées et non ventilées)* | * *Essoufflement et hypoxie* * *Piégeage gazeux alvéolaire et SP* | * *Détendeur compensé* * *Si usage d’un détendeur non compensé, utiliser un bloc avec une HP toujours élevée.* * *Si utilisation d’un deuxième étage de petite taille, vérifier que l’effort expiratoire est acceptable (parfois plus dur à cause d’une membrane d’expiration de petit diamètre.)* * *Tuba à faible espace mort* * *Remontée plus lente* |
| **Cœur et circulation**  **(1,5 points)** | * *Chez l’enfant jusqu’à 5 ans, il y aurait des turbulences importantes au niveau des veines caves* * *Le FOP est élevé chez les enfants, jusqu’à 40% des enfants (7/8ans)* * *La fréquence cardiaque plus élevée* | * *ADD* | * *Limitation des profondeurs et des durées de plongée* * *Rester dans la courbe de sécurité des moyens de décompression utilisés.* * *Jusqu’à l’âge de 12 ans, le jeune plongeur n’effectue qu'une seule plongée par jour.* |
| **ORL**  **(1,5 points)** | * *Grandes fréquences des otites et rhinopharyngites* * *Difficulté pour ouvrir les muscles péristaphylins : perméabilité de la trompe d’eustache* * *Difficultés à comprendre les manœuvres d’équilibrage* | * *Difficulté d’équilibration des oreilles* * *Barotraumatismes de l’oreille* | * *Vigilance à l’état de santé ORL des enfants* * *Masque adapté (facilitant les manœuvres d’équilibrage* * *Descente lente et vigilance de l’encadrement* * *Lorsque des difficultés ORL sont ré, il est recommandé d’obtenir un avis médical.* |
| **Thermorégulation**  **(0,5 point)** | * *Grande surface corporelle / masse (surface d’échange supérieur à un adulte)* * *Peu de protection adipeuse* * *Augmentation des pertes caloriques (tête et cou)* | * *Augmentation des pertes caloriques* * *Risque hypothermie voire hyperthermie (avant / après…)* | * *Combinaison adaptée à la morphologie* * *Pas de plongée si eau < 12°* * *Limitation de la durée : si eau < 23°C la durée de la plongée ne doit pas excéder 25 minutes* * *Éviter l’exposition prolongée au soleil* |
| **Appareil locomoteur**  **(0,5 point)** | * *Portage de charges lourdes* | * *Risque ostéo articulaire* | * *Bloc plus léger* * *Entraide (équipement, mise à l’eau, sortie de l’eau.)* |
| **Dents (0,5 point)** | * *En pleine évolution* | * *Douleur dentaire* * *Port du détendeur* | * *Conseil de prendre l’avis d’un orthodontiste si besoin* * *Ergonomie / taille de l’embout* * *Poids du deuxième étage* * *-Flexible moyenne pression court ou très souple* |
| **Aspects psychologiques (0,5 point)** | * *Immaturité psycho-affective* | * *Risque de SP* * *Appréhension parfois très éloignée de celle des adultes* | * *Anticiper, mettre en confiance* * *Apprentissage ludique* * *Intéresser ,, faire découvrir* |

**Question 3 : L’entraînement physique (5 points)**

1. **Vous êtes responsable de la préparation physique au cours d’une formation GP. Complétez le tableau des caractéristiques des filières énergétiques ci-dessous (3 points)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Filière énergétique** | **Délai** | **Puissance** | **Durée d’action** | **Facteur limitant** | **Épreuves du GP concernées** |
| *Anaérobie phosphagène*  *(Anaérobie alactique)* | *Aucun* | *Efforts très intenses* | *De 3 à 10s selon l’intensité de l’effort* | *Épuisement des réserves de créatine phosphate* | *Démarrage de la plupart des épreuves dans l’eau.* |
| *Anaérobie glycolytique*  *(Anaérobie lactique)* | *10 s.* | *Efforts assez*  *importants* | *De 10 s à 3 min* | *Acidose* | *Mannequin tractage*  *Ponctuellement le 800m ou le 500* |
| *Aérobie* | *2 à 3 min.* | *Efforts d’intensité moyenne* | *Illimité en théorie* | *- VO2 max*  *- Fatigue musculaire*  *- Épuisement des réserves de glucose* | *800 m*  *500 m*  *Mannequin (avant apnée)* |

**1 point par filière**

1. **Définissez l’échauffement et précisez son objectif. (0,5 point)**

* *Conseillé par tous les spécialistes du sport, l’échauffement est la phase préparatoire de toute séance d’entraînement. Il met progressivement en condition l'organisme (articulations, muscles, système cardio-respiratoire) et le psychisme. L’un des effets principaux de l’échauffement est d’élever la température du corps et des muscles qui seront sollicités pendant l’activité qui va suivre. Il permet d’améliorer les performances et de prévenir les blessures sportives.*
* *Dans notre activité, sa durée est d’une dizaine de minutes environ.*
* *Il doit débuter par un échauffement général : Il vise la mise en route du système cardiovasculaire et respiratoire, par une sollicitation de l’ensemble de l’appareil musculaire à l’aide d’exercices à intensité croissante*
* *Il se termine par l’échauffement spécifique qui consiste à réaliser des efforts et des mouvements proches de ceux qui seront réalisés. Il ciblera les muscles et les articulations qui seront sollicités.*
* *L’épreuve doit démarrer dans les 5 minutes qui suivent la fin de l’échauffement*

1. **Quelles sont les répercussions de l’échauffement sur l’organisme ? (1,5 points)**

* *Préparer son corps à l’effort et éviter les blessures (0,5 point) :*
  + *Augmentation de la température corporelle ;*
    - *Les muscles et tendons atteignent un rendement maximum.*
    - *Baisse de la viscosité musculaire et augmentation de la vitesse de contraction musculaire ;*
    - *Augmentation de l’élasticité des tendons ainsi qu’une souplesse articulaire accrue, résultant principalement de la production de liquide synovial.*
    - *Augmentation de la vitesse de contraction musculaire ;*
  + *Stimulation des fonctions respiratoire et circulatoire*
    - *Dilatation des vaisseaux sanguins qui permettent un meilleur débit sanguin.*
    - *Augmentation du rythme cardiaque afin de faciliter le transport de l’oxygène vers les muscles.*
* *Amélioration de la coordination (0,5 point) :*
  + *Meilleure transmission de l’influx nerveux ;*
  + *Plus grande sensibilité proprioceptive : limiter le risque de blessures tant redouté, telles que les entorses, les déchirures musculaires ou encore les élongations.*
  + *Économie d’énergie.*
* *Optimisation psychologique (0,5 point)*
  + *Le mental est un élément primordial à prendre en compte*
  + *L’échauffement permet d’avoir une attitude orientée vers la performance en utilisant, entre autres, des techniques de concentration et de représentation, communément appelée imagerie mentale. -> diminution l’état de stress pré-compétitif en produisant une excitation optimale du système nerveux.*