



# Handisub®

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



# Plongée des blessés médullaires : Points de vigilance et enjeux

Docteur Michel GUENIN médecin fédéral plongée FFH



Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

Handi Sport  

- Généralités des blessés médullaires :
- Les points de vigilance :
- Les enjeux de la plongée Handisub :



● Etiologie

Traumatique

- 75% ♂ (Eng et al 2010)  
2 pics : 30 ans et 65 ans  
50% < 35 ans
- 43% véhicules motorisés, 36% chutes  
(Krueger et al 2010)
- 56% tétraplégie (Farry et Baxter 2010)  
Topographie spécifique des atteintes

**Profil :**

- **incidence** :1500 à 2000 nouveaux cas par an en France, de 15 à 40 par million d'habitants (40/million cas aux USA 12500 nouveaux cas/an pour une estimation totale actuel de 240000-337000 BM) (National SCI Database 2015) 14,5/M en Australie
- 3 hommes/1 femme
- mortalité 17%, mais 7% si lésion médullaire isolée

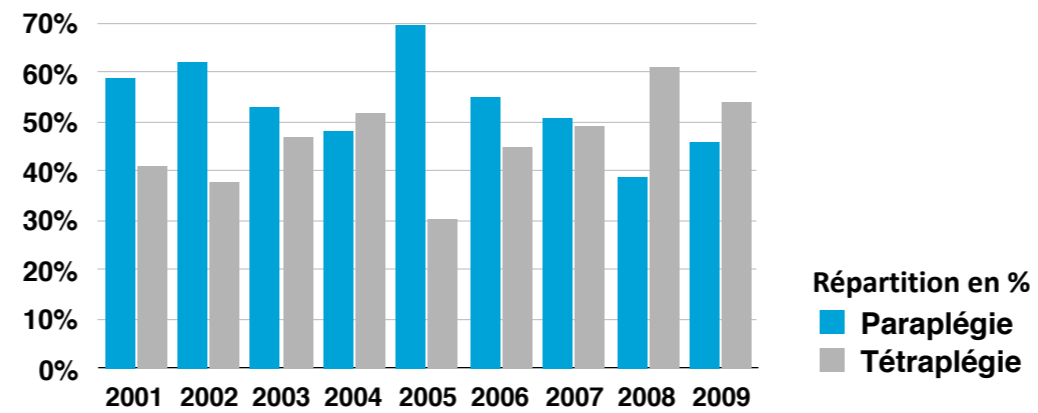
**Causes :**

- **traumatiques**
  - **incidence annuelle** : 10,4-83/1 million pays développés (Wyndaele et al 2006), USA 25-93/1M(Dryden et al 2003), Canada 44,3/1M (Dryden et al 2003)
  - **2 pics** : 30 ans et 65 ans (Eng et al 2010), 75% sont des hommes dont la majorité <35 ans
  - **Etude Quebec** : 43% véhicule motorisé, 36% de chutes (augmentation avec le nombre de personnes âgées, Krueger 2010).
  - **44% paraplegie, 56% tétraplégie** (Farry et Baxter 2010; Dryden et al 2003) une étude australienne récente indique une proportion égale pour les deux (New et al 2011)
  - **Topographie spécifique des atteintes** : fracture C2 dans les pendants, grande exposition de la colonne cervicale du fait de la mobilité (coup du lapin, accident de plongeon...), traumatisme de la colonne thoracique par hyperflexion, lésion lombaire par impact à partir du bassin ou des pieds (parapente, parachutisme...)



Généralités

## ● Lésion médullaire



Paralysie médullaire - Association suisse des paraplégiques-2012

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

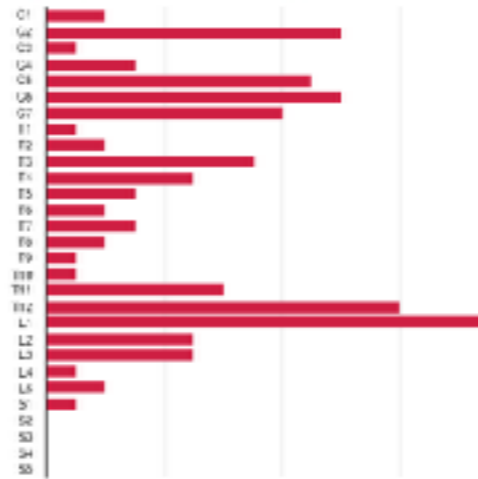


- **Evolution du ratio paraplégie/tétraplégie.** sa progression en faveur des tétraplégies s'explique en partie par l'augmentation des conduites à risques et l'amélioration des techniques de réanimation et de la réadaptation.



Généralités

## ● Lésion médullaire



Paralyse médullaire - Association suisse des paraplégiques-2012

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

Handi Sport



- **C2** = rupture de la dent axis = fracture dite du pendu (fatale)
- **C5-C7** = grande exposition du à la grande mobilité de la colonne vertébrale (coup sur la tête/plongeon, coup du lapin)
- **T3-T8** = trauma en cas d'hyperflexion de la colonne vertébrale
- **T11-L3** = très exposée surtout lors de choc à partir des pieds et bassin (parapente, parachutisme)



● Etiologie

Traumatique

Médicale → 50% (Craven 2012)

- Congénitales
- Infectieuses
- Tumorales
- Systémiques
- Dégénératives
- Vasculaires

**Médicales :**

- pas de distribution bimodale, augmentation régulière (Van Den Berg 2010). jusque là les lésions médullaires non traumatiques constituent 1/3 des hospitalisations mais pourraient dépasser 50% vu l'incidence des cancers et du vieillissement, c'est le cas au Canada en 2012 (Craven et al 2012)
- **congénitales : spina bifida**
- **infectieuses :**
  - maladie de Guillain Baré : polyradiculonévrite aigüe (ventilation assistée pour 25% des cas, séquelles chez 5 à 20% des cas)
  - réactivation cutanée d'une infection à Varicelle, Zona Virus ou Herpes simplex Virus
  - immunodépression par infection VIH (virus, toxoplasmose, tuberculose...)
  - myélite bactérienne (neuroborréliose = Mdie de Lyme par borrelia burgdorferi)
  - myélites parasitaires : très rares, voyages en zone endémiques (bilharziose, cysticerose...)
- **tumorales** = gliomes, astrocytomes, schwannomes (= neurinomes), méningiomes
- **systémiques** : maladies auto-immunes (lupus, maladie de Behcet, Sd de Gougerot-Sjögren, Sd des antiphospholipides... par inflammation démyélinisante ou ischémie par atteinte inflammatoire des petits vaisseaux) sarcoïdose (atteinte des espaces leptoméningés de la granulomatose)
- **dégénératives** : **SEP**, SLA, ataxie de Friedreich
- **vasculaires** : accidents vasculaires, accidents de décompression,...



- Etiologie
- Caractéristiques

Type de lésion  
Spasticité / Flacidité  
Niveau lésionnel - déficits  
Autonomie fonctionnelle

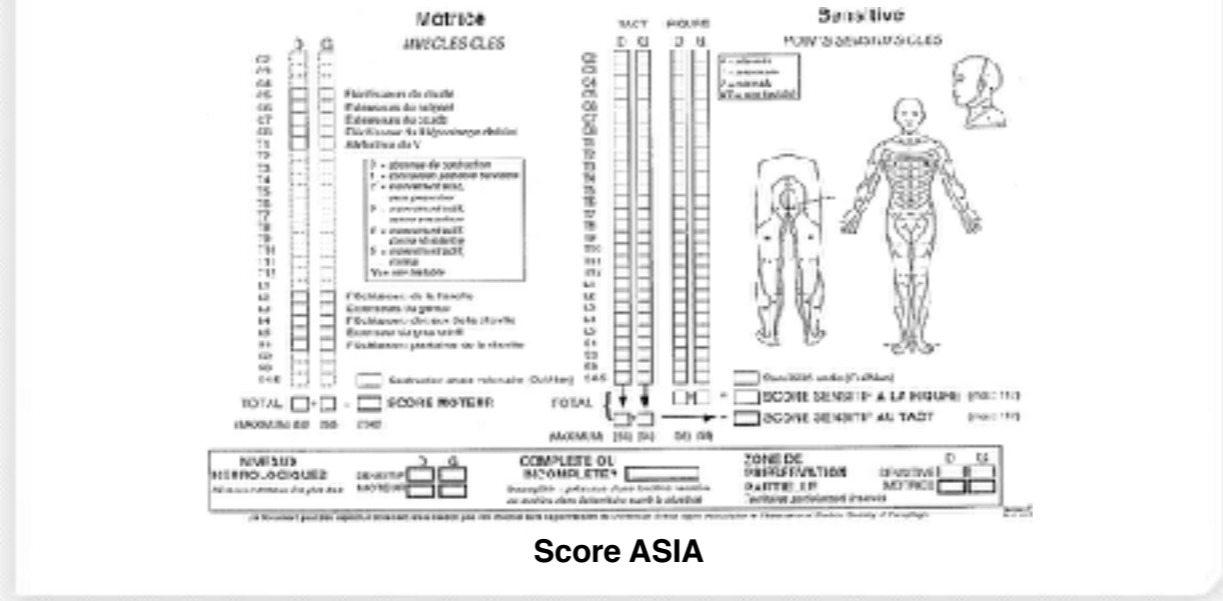
**Atteinte de la moelle épinière** est caractérisée par :

- **Type de lésion** : complète ou incomplète
- **Spasticité / Flacidité**
- **Déficits - niveau lésionnel** : le niveau lésionnel définit les déficits sensitivo-moteurs et neurovégétatifs
- **Autonomie fonctionnelle** : est déterminée par le niveau lésionnel et conditionne grandement la qualité de vie





# ● Lésion médullaire



Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



- **Publication en 1984 de la classification ASIA** (American Spinal Injury Association), score révisé en 1989, 1992, 1996
- **American Spinal Injury Association / International Medical Society Of Paraplegia:** International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury, revised 1996. Chicago, American Spinal Injury Association 1996
- son utilisation est recommandée par les experts américains ou français avec adjonction d'un score de dépendance fonctionnelle
- Attention : le niveau lésionnel anglo-saxon était jusque-là généralement plus haut (représente dernier métamère sain) que le français (= premier métamère atteint). un tétraplégique français (C7) ne devait pas avoir de triceps contrairement au tétraplégique américain. Actuellement il y a convergence vers la nomenclature anglo-saxonne qui devient la référence internationale



Généralités

## ● Lésion médullaire



Flexion  
de l'avant-bras  
**C5**



Extension  
du poignet  
**C6**



Extension  
de l'avant-bras  
**C7**



Préhension  
active  
**C8-T1**

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



- **C5 flexion de l'avant-bras** : avec les mouvements de l'épaule il permet une propulsion de base. Ce niveau lésionnel assure l'autonomie respiratoire par innervation diaphragmatique
- **C6 Extension du poignet** : préhension passive par effet ténodèse (flexion passive des doigts par extension du poignet) qui permet la saisie et manipulation de certains objets comme les inflateurs de direct system. Manoeuvre de valsalva possible par opposition des deux mains, sauf si chirurgie de réanimation de la main et récupération d'une pince ou « key grip » (Friden 2012, Jaspers Focks-Feenstra 2011)
- **C7 Extension de l'avant-bras** : mouvement complet de brasse pour la propulsion subaquatique mais aussi possibilité de soulever le bassin du plan d'assise (push-up) pour la prévention d'escarres ischiatiques et possibilité de transferts (lit/douche/fauteuil/voiture...) essentiels pour l'autonomie et la qualité de vie. (l'extension peut également être obtenue pour les tétraplégiques C5-C6 par chirurgie de réanimation avec transfert du deltoïde postérieur ou du biceps sur le tendon tricipital (Robinson 2010)
- **C8 préhension** : pince pollici-digitale (pouce-index) avec innervation du muscle opposant du pouce (n. médian) et adducteur du pouce par (nerf ulnaire) issus des racines C8-T1. Autonomie pour les actes de la vie courante et amélioration considérable de la qualité de vie sociale. En plongée possibilité d'effectuer simultanément une équilibration des oreilles (manoeuvre de valsalva à une seule main) et une gestion de la stabilisation par stab (le plongeur peut être encadré par un moniteur Handisub premier niveau EH1. Sans cette capacité l'encadrant doit être qualifié EH2)

### Bibliographie :

1. Friden, J. and A. Gohritz (2012). "Novel concepts integrated in neuromuscular assessments for surgical restoration of arm and hand function in tetraplegia." *Phys Med Rehabil Clin N Am* 23(1): 33-50, ix-x.
2. Jaspers Focks-Feenstra, J. H., et al. (2011). "Long-term patient satisfaction after reconstructive upper extremity surgery to improve arm-hand function in tetraplegia." *Spinal Cord* 49(8): 903-908.
3. Robinson, M. A., et al. (2010). "Analysis of tetraplegic reaching in their 3D workspace following posterior deltoid-triceps tendon transfer." *Spinal Cord* 48(8): 619-627.



Généralités

## ● Lésion médullaire



Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

Handi Sport  11

- **Vidéo sur autonomie fonctionnelle** : elle représente les différentes capacités des blessés médullaires (autonomie respiratoire, autonomie fonctionnelle) selon le niveau lésionnel

## Points de vigilance

- 1. Fragilité cutanée
- 2. Troubles urinaires
- 3. Thermorégulation
- 4. Restriction respiratoire
- 5. Douleurs
- 6. Atteintes orthopédiques
- 7. Troubles neuro-végétatifs
- 8. Accessibilité / fatigabilité motrice

**Les points de vigilance** : cutanés, urinaires, thermorégulateurs, respiratoires, algiques, orthopédiques, cardiovasculaires, et médullaires

Points de  
vigilance

### Escarres

- **85% des BM** (*Acc Ebh Group. 2009*)
- **Prévalence 29,4% à 20ans** (*McKinley 1999*)
- **Impact majeur de la QVS** (*Lala 2014*)
- **Facteurs de risque : baisse de mobilité, bas niveau d'activité...** (*Krause 2004*)
- **Facteurs protecteurs : exercice** (*Krause 2004*), **l'auto-prévention** (*Baron 2016*)...

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

13

• **Escarre :**

- **Définition :** nécrose ischémique tissus comprimés entre un relief osseux et un plan de contact
- **30 à 85% de patients** dans le mois qui suit le traumatisme (*Agrawal k, et al 2012*). Les blessés médullaires constituent le groupe de population avec le risque le plus élevé (*Kruger 2013*) qui reste proportionnel au niveau lésionnel. 85% des BM sont susceptibles d'avoir au moins une escarre au cours de leur vie (*Acc Ebh Group. 2009, Günnewicht BR 1995*). Une autre étude canadienne révèle que 15% des BM ont eu au moins deux escarres au cours des 12 derniers mois (*Noreau 2014*).
- **complication la plus fréquente chez les BM :** prévalence 15,2% la première année à 29,4% au bout de 20 ans (*McKinley et al 1999*)
- **Coût total astronomique :** 8,5 milliards de \$ aux USA (*Almann RM 1989*), 1,4 à 2,1 milliards de livres en GB soit 4% du budget de la santé (*Benett G, et al 2004*). Il représente 1/4 du coût total pour les blessés médullaires (*Houle RJ 1969*). C'est la deuxième cause de réhospitalisation pour les paraplégiques après les troubles urinaires (*Cardenas 2004*)
- **Impact significatif** sur les aspects sociaux, psychologiques, et financiers de la qualité de vie des blessés médullaires (*Lala D et al 2014*). Parmi les séquelles : isolement social, altération de l'image de soi, perte de revenus, odeur (*Langemo DK 2005*) et possibilité de décès (*Redelings MD 2005*)
- **Facteurs de risques :** surpoids ou poids insuffisant, tabagisme, bas niveau d'activité, incontinence, troubles pulmonaires, baisse de la mobilité, vieillissement, usage d'hypnotiques, altération des fonctions cognitives, diabète, vie en hôpital ou centre de rééducation, spasticité, troubles rénaux, hémoglobine basse (*Krause JS et al 2001, Salzberg CA et al 1996, Salzberg CA et al 1999, Krause JS et al 2004*) 29,9% des escarres sont associées par les patients eux-même à des lacunes de leur auto-prévention (*Van Loo 2010*)
- **Facteurs protecteurs :** diplôme supérieur, mariage, emploi, exercice, alimentation saine (*Krause JS et al 2001, Salzberg CA et al 1996, Salzberg CA et al 1999, Krause JS et al 2004*)
- **Physiopathologie :** processus ischémique focalisé résultant de l'état du patient et de causes extrinsèques : pression++, le cisaillement, le frottement
- **4 stades :** stade 1 = érythème persistant localisé, stade 2 = désépidermisation (abrasion partielle) ou phlyctène, stade 3 = ulcération de toute l'épaisseur avec atteinte possible jusqu'au muscle (sain), stade 4 = perte totalité des couches tissulaires avec exposition muscle/tendon/os
- **En plongée :** la conjonction du déficit sensitif et de la mobilité réduite crée des situations à risque cutané du fait de la pression exercée sur les zones d'appui. Il est donc essentiel d'être vigilant sur les talons et les fesses (ischions) en position assise, également sur les coudes en position allongée. Attention aux changements de position (et donc de pression) entre fauteuil quotidien et fauteuil de sport, aux changements de coussin anti-escarres, aux longs trajets en transport en commun... une escarre peut survenir en quelques dizaines de minutes et nécessiter des soins et un alitement de plusieurs mois. La prévention est primordiale ! En plongée on fait particulièrement attention aux moments de l'habillage si la personne doit s'allonger, à tous les moments en position assise (garder le plus possible le coussin anti-escarre), mettre des mousses et protéger le sacrum pour la mise à l'eau et la sortie.
- **plaies, hématomes :** risques spécifiques des chutes lors de transferts notamment dans les salles de bains, dans les vestiaires, lors des mises à l'eau (toujours protéger les extrémités, les genoux sous l'eau)
- **Brûlures :** attention également aux risques liés à la proximité de sources de chaleur (cheminée, radiateur, eau trop chaude des douches, coussin resté au soleil) et à l'absence de sensibilité
- **la prévention est essentielle** pour éviter toute complication en plongée sur ces points de vigilance. Mais on constate également avec cette activité plusieurs aspects bénéfiques : amélioration de l'état psychique, de l'estime de soi, développement de l'activité physique, de l'autonomie, projets de vie... qui permettent une amélioration de la qualité de vie sociale et engendrent à terme un effet préventif très bénéfique sur les risques cutanés.

Points de  
vigilance

Escarres  
Plaies  
Brûlures  
Prévention ++

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

• **Escarre :**

- **Définition :** nécrose ischémique tissus comprimés entre un relief osseux et un plan de contact
- **30 à 85% de patients** dans le mois qui suit le traumatisme (*Agrawal k, et al 2012*). Les blessés médullaires constituent le groupe de population avec le risque le plus élevé (*Kruger 2013*) qui reste proportionnel au niveau lésionnel. 85% des BM sont susceptibles d'avoir au moins une escarre au cours de leur vie (*Acc Ebh Group. 2009, Günnewicht BR 1995*). Une autre étude canadienne révèle que 15% des BM ont eu au moins deux escarres au cours des 12 derniers mois (*Noreau 2014*).
- **complication la plus fréquente chez les BM :** prévalence 15,2% la première année à 29,4% au bout de 20 ans (*McKinley et al 1999*)
- **Coût total astronomique :** 8,5 milliards de \$ aux USA (*Almann RM 1989*), 1,4 à 2,1 milliards de livres en GB soit 4% du budget de la santé (*Benett G, et al 2004*). Il représente 1/4 du coût total pour les blessés médullaires (*Houle RJ 1969*). C'est la deuxième cause de réhospitalisation pour les paraplégiques après les troubles urinaires (*Cardenas 2004*)
- **Impact significatif** sur les aspects sociaux, psychologiques, et financiers de la qualité de vie des blessés médullaires (*Lala D et al 2014*). Parmi les séquelles : isolement social, altération de l'image de soi, perte de revenus, odeur (*Langemo DK 2005*) et possibilité de décès (*Redelings MD 2005*)
- **Facteurs de risques :** surpoids ou poids insuffisant, tabagisme, bas niveau d'activité, incontinence, troubles pulmonaires, baisse de la mobilité, vieillissement, usage d'hypnotiques, altération des fonctions cognitives, diabète, vie en hôpital ou centre de rééducation, spasticité, troubles rénaux, hémoglobine basse (*Krause JS et al 2001, Salzberg CA et al 1996, Salzberg CA et al 1999, Krause JS et al 2004*) 29,9% des escarres sont associées par les patients eux-même à des lacunes de leur auto-prévention (*Van Loo 2010*)
- **Facteurs protecteurs :** diplôme supérieur, mariage, emploi, exercice, alimentation saine (*Krause JS et al 2001, Salzberg CA et al 1996, Salzberg CA et al 1999, Krause JS et al 2004*)
- **Physiopathologie :** processus ischémique focalisé résultant de l'état du patient et de causes extrinsèques : pression++, le cisaillement, le frottement
- **4 stades :** stade 1 = érythème persistant localisé, stade 2 = désépidermisation (abrasion partielle) ou phlyctène, stade 3 = ulcération de toute l'épaisseur avec atteinte possible jusqu'au muscle (sain), stade 4 = perte totalité des couches tissulaires avec exposition muscle/tendon/os
- **En plongée :** la conjonction du déficit sensitif et de la mobilité réduite crée des situations à risque cutané du fait de la pression exercée sur les zones d'appui. Il est donc essentiel d'être vigilant sur les talons et les fesses (ischions) en position assise, également sur les coudes en position allongée. Attention aux changements de position (et donc de pression) entre fauteuil quotidien et fauteuil de sport, aux changements de coussin anti-escarres, aux longs trajets en transport en commun... une escarre peut survenir en quelques dizaines de minutes et nécessiter des soins et un alitement de plusieurs mois. La prévention est primordiale ! En plongée on fait particulièrement attention aux moments de l'habillage si la personne doit s'allonger, à tous les moments en position assise (garder le plus possible le coussin anti-escarre), mettre des mousses et protéger le sacrum pour la mise à l'eau et la sortie.
- **plaies, hématomes :** risques spécifiques des chutes lors de transferts notamment dans les salles de bains, dans les vestiaires, lors des mises à l'eau (toujours protéger les extrémités, les genoux sous l'eau)
- **Brûlures :** attention également aux risques liés à la proximité de sources de chaleur (cheminée, radiateur, eau trop chaude des douches, coussin resté au soleil) et à l'absence de sensibilité
- **la prévention est essentielle** pour le coût économique, les conséquences sur la santé générale, la qualité de vie et l'espérance de vie (*Krause 2009, Krause 2008, Thein 2010, Paker 2006, Javitz 1998*) . Il est donc important d'éviter toute complication en plongée sur ces points de vigilance. Mais on constate également avec cette activité plusieurs aspects bénéfiques : amélioration de l'état psychique, de l'estime de soi, développement de l'activité physique, de l'autonomie, projets de vie... qui permettent une amélioration de la qualité de vie sociale et engendrent à terme un effet préventif très bénéfique sur les risques cutanés.

Points de  
vigilance

Risque mécanique  
Risque infectieux

- **Prévalence 25,9% à 20 ans** (*McKinley 1999*)
- **43,6% des réhospitalisations** (*Klotz 2002*)
- **40-50% des BM ont des germes résistants** (*Mylotte 2000*)

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

- **Physiopathologie :**
  - **vessie centrale** : déconnexion de la régulation suprasacrée et activation de réflexes archaïques médiés par les fibres non myélinisées de type C = hyperactivité vésicale +/- dyssynergie
  - **vessie périphérique** : lésion des voies de conduction périphérique
- **Risque mécanique** : du fait du sondage ou de la miction par percussion réflexe et de la dyssynergie vésico-sphinctérienne les pressions intra-vésicales augmentent et peuvent détériorer le haut appareil urinaire par reflux
- **Risque infectieux** : Il est avec l'escarre le plus gros risque de morbidité chez les blessés médullaires, et il a tendance à nettement s'aggraver avec l'âge : 25,9% 20 ans après la lésion (*McKinley 1999*). Malgré les progrès de prises en charge les problèmes urinaires restent récurrents : en moyenne 2 épisodes d'infection urinaire par an (*Waits 1993*) et la plupart des blessés médullaires ont une bactériurie permanente, l'enjeu est d'éviter la sélection de germes résistants par antibiothérapies successives : 40-50% des blessés médullaires (*Waits et al 2000, Mylotte 2000*) . Les complications urinaires représentent le plus important taux de réhospitalisation : 43,6% (*Klotz R. 2002; Cardenas 2004; DeVivo 2011; Davidoff 1990*). Pour cela il est important de limiter au maximum le résidu vésical post-mictionnel et des bilans uro-dynamiques doivent être effectués régulièrement avec échographie rénale. Le suivi régulier par un neuro-urologue est impératif.
- **Gestion des mictions toutes les 4h :**
  - L'absence de contrôle sphinctérien nécessite une vidange vésicale par :
    - auto ou hétérosondage (par voie basse ou cystostomie de type Mitrofanoff),
    - percussion abdominale réflexe avec sphinctérotomie chirurgicale ou prothétique
    - dérivation non continente de type Bricker
    - stimulateur vésical de type Brindley.
  - Toute plongée doit débuter vessie vide, il est donc essentiel de disposer de WC accessibles à proximité du lieu de plongée ou au minimum d'un lieu d'intimité où le plongeur peut effectuer dignement les gestes requis. L'intervalle entre 2 mictions dépend de plusieurs facteurs (prise hydrique, diurèse, spasticité vésicale...) mais on prévoit généralement 4h. La logistique des plongées doit donc impérativement intégrer ce paramètre essentiel y compris lorsqu'il s'agit de départ à la journée sur un bateau. Pour toutes ces raisons et la lutte contre l'hyperthermie (voir après) l'habillage des plongeurs s'effectue au dernier moment
- **Hydratation** : certaines personnes seraient tentées de limiter l'apport hydrique pour limiter les contraintes de vidange vésicale, pourtant l'hydratation régulière est essentielle pour lutter contre le risque d'infection urinaire et d'hyperthermie
- **HRA** (hyperréflexie autonome) : pour les blessés médullaires de lésion supérieure à T6 (30 à 85% des BM >T6). les mécanismes physiopathologiques sont développés sur la diapo « points de vigilance neurovégétatifs »

#### Bibliographie :

1. McKinley, W. O., et al. (1999). "Long-term medical complications after traumatic spinal cord injury: a regional model systems analysis." *Arch Phys Med Rehabil* 80(11): 1402-1410.
2. Waits, K. B., et al. (1993). "Epidemiology and risk factors for urinary tract infection following spinal cord injury." *Arch Phys Med Rehabil* 74(7): 691-695.
3. Waits, K. B., et al. (2000). "Antimicrobial resistance in gram-negative bacteria isolated from the urinary tract in community-residing persons with spinal cord injury." *Arch Phys Med Rehabil* 81(6): 764-769.
4. Mylotte, J. M., et al. (2000). "Prospective surveillance for antibiotic-resistant organisms in patients with spinal cord injury admitted to an acute rehabilitation unit." *Am J Infect Control* 28(4): 291-297.

Points de  
vigilance

urinaires

Risque mécanique

Risque infectieux

Gestion des mictions/4h

Hydratation

Hyperréflexie autonome (HRA)

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

- **Physiopathologie :**
  - **vessie centrale** : déconnexion de la régulation suprasacrée et activation de réflexes archaïques médiés par les fibres non myélinisées de type C = hyperactivité vésicale +/- dyssynergie
  - **vessie périphérique** : lésion des voies de conduction périphérique
- **Risque mécanique** : du fait du sondage ou de la miction par percussion réflexe et de la dyssynergie vésico-sphinctérienne les pressions intra-vésicales augmentent et peuvent détériorer le haut appareil urinaire par reflux
- **Risque infectieux** : Il est avec l'escarre le plus gros risque de morbidité chez les blessés médullaires, et il a tendance à nettement s'aggraver avec l'âge : 25,9% 20 ans après la lésion (*McKinley 1999*). Malgré les progrès de prises en charge les problèmes urinaires restent récurrents : en moyenne 2 épisodes d'infection urinaire par an (*Waits 1993*) et la plupart des blessés médullaires ont une bactériurie permanente, l'enjeu est d'éviter la sélection de germes résistants par antibiothérapies successives : 40-50% des blessés médullaires (*Waits et al 2000, Mylotte 2000*) . Les complications urinaires représentent le plus important taux de réhospitalisation : 43,6% (*Klotz R. 2002; Cardenas 2004; DeVivo 2011; Davidoff 1990*). Pour cela il est important de limiter au maximum le résidu vésical post-mictionnel et des bilans uro-dynamiques doivent être effectués régulièrement avec échographie rénale. Le suivi régulier par un neuro-urologue est impératif.
- **Gestion des mictions toutes les 4h :**
  - L'absence de contrôle sphinctérien nécessite une vidange vésicale par :
    - auto ou hétérosondage (par voie basse ou cystostomie de type Mitrofanoff), +/- anticholinergique et toxine botulique
    - percussion abdominale réflexe avec sphinctérotomie chirurgicale ou prothétique
    - dérivation non continente de type Bricker
    - stimulateur vésical de type Brindley.
  - Toute plongée doit débuter vessie vide, il est donc essentiel de disposer de WC accessibles à proximité du lieu de plongée ou au minimum d'un lieu d'intimité où le plongeur peut effectuer dignement les gestes requis. L'intervalle entre 2 mictions dépend de plusieurs facteurs (prise hydrique, diurèse, spasticité vésicale...) mais on prévoit généralement 4h. La logistique des plongées doit donc impérativement intégrer ce paramètre essentiel y compris lorsqu'il s'agit de départ à la journée sur un bateau. Pour toutes ces raisons et la lutte contre l'hyperthermie (voir après) l'habillage des plongeurs s'effectue au dernier moment
- **Hydratation** : certaines personnes seraient tentées de limiter l'apport hydrique pour limiter les contraintes de vidange vésicale, pourtant l'hydratation régulière est essentielle pour lutter contre le risque d'infection urinaire et d'hyperthermie
- **HRA (hyperréflexie autonome)** : pour les blessés médullaires de lésion supérieure à T6 (30 à 85% des BM >T6). les mécanismes physiopathologiques sont développés sur la diapo « points de vigilance neurovégétatifs »

#### Bibliographie :

1. McKinley, W. O., et al. (1999). "Long-term medical complications after traumatic spinal cord injury: a regional model systems analysis." *Arch Phys Med Rehabil* 80(11): 1402-1410.
2. Waits, K. B., et al. (1993). "Epidemiology and risk factors for urinary tract infection following spinal cord injury." *Arch Phys Med Rehabil* 74(7): 691-695.
3. Waits, K. B., et al. (2000). "Antimicrobial resistance in gram-negative bacteria isolated from the urinary tract in community-residing persons with spinal cord injury." *Arch Phys Med Rehabil* 81(6): 764-769.
4. Mylotte, J. M., et al. (2000). "Prospective surveillance for antibiotic-resistant organisms in patients with spinal cord injury admitted to an acute rehabilitation unit." *Am J Infect Control* 28(4): 291-297.



Points de  
vigilance

thermo-  
régulateurs

Troubles thermorégulateurs *(Price 2006)*

- Paralyse motrice
- Déficit sensitif
- Anhidrose
- vasoplégie

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

- **Troubles thermorégulateurs** : du fait de l'atteinte motrice et neurovégétative (perte du contrôle supraspinal du système sympathique avec perte d'effecteurs vasomoteurs et sudomoteurs - *Price 2006* ), le territoire sous-lésionnel présente
  - paralysie motrice
  - anhidrose (une absence de sudation)
  - vasoplégie
  - syndrome restrictif : paralysie des muscles respiratoires

Ces troubles sont proportionnels au territoire sous-lésionnel et augmentent chez les tétraplégiques. Ces derniers ont un fonctionnement poïkilotherme (étymologiquement : de température irrégulière) (*Karlsson 2012*) qui explique notamment le risque de refroidissement lors d'exposition à de basses températures (*Khan 2007*)
- **Refroidissement/hypothermie** : souvent confusion entre les deux. l'hypothermie nécessite une mesure de température centrale. La thermométrie tympanique est inexploitable pour le contrôle d'activités nautique (*Roger 2007*), et peu performante dans les centres de rééducation (*Abolnik 1999*). La mesure rectale reste donc la plus fiable (*Sund-Levander 2002*). L'hypothermie se définit par une température rectale inférieure à 35°C (*Collins 1999*) Pas d'antécédent d'hypothermie objectivée en plongée Handisub (modérée entre 35-32°C, grave entre 32-26°C ) ni même pour les sports d'hiver à la FFH. Attention ne pas confondre contractures spastiques et frissons. Grandes disparités d'un plongeur à l'autre. Paradoxalement certains BM peuvent présenter une hyperhidrose (dysréflexie autonome/épine irritative, syringomyélie, étiologie inconnue) qui participe au refroidissement (*Andersen 1992*).
- **Hyperthermie ++**: Elle se définit par une température rectale >38°C (*Collins 1999*). Chez le blessé médullaire le stockage de la chaleur dans la zone sous lésionnelle peut vite entraîner une hyperthermie par anhidrose, notamment chez le tétraplégique (*Price 2006*). L'augmentation de la température environnementale est le principal stress thermique et peut entraîner très rapidement un « coup de chaleur ». C'est pourquoi une forte exposition au soleil ou une attente prolongée en combinaison peuvent représenter un vrai danger d'hyperthermie avec polypnée et nécessiter un refroidissement (humidification, baignade, ingestion de boissons fraîches ou glace). Comme pour l'hypothermie de grandes variabilité interindividuelles sont constatées y compris sur des niveaux lésionnels identiques.
- **Prévention ++** : pour hypothermie on dispose des moyens techniques efficaces (combinaison intégrale épaisse ou sèche, gants, chaussons, masque facial...) et on évite de plonger en eau trop froide. Pour l'hyperthermie : protection solaire (casquette, abris...) habillage au dernier moment, maintien de l'hydratation (même si certains sont tentés de se mettre en restriction hydrique pour minimiser les besoins de sondage) si besoin refroidissement
- **Etude biomédicale** : Colloque Saint-Hilaire 2001, plongée statique dans une eau à 18°C pendant 30mn avec combinaison 5mm. au repos T° = 36,6-37,1°C T° de départ 36,9-37,3°C, T° sortie d'eau 36-36,1°C, T° à 60mn 36-35,7°, Température à 240mn : 36-36,3°C. Pour certains la température centrale continue à baisser après la sortie d'eau (0,3°C) il ne faut donc pas attendre que le plongeur ait froid pour arrêter la plongée. Par ailleurs il faut plus de 4 heures pour normaliser la température centrale nous préconisons donc d'espacer les plongées pour éviter de débiter une deuxième plongée le même jour avec une dette thermique

#### Bibliographie :

1. Price, M. J. (2006). "Thermoregulation during exercise in individuals with spinal cord injuries." *Sports Med* 36(10): 863-879.
2. Karlsson, A. K., et al. (2012). "International spinal cord injury skin and thermoregulation function basic data set." *Spinal Cord* 50(7): 512-516.
3. Khan, S., et al. (2007). "Hypothermia in patients with chronic spinal cord injury." *J Spinal Cord Med* 30(1): 27-30.
4. Rogers, I. R., et al. (2007). "Tympanic thermometry is unsuitable as a screening tool for hypothermia after open water swimming." *Wilderness Environ Med* 18(3): 218-221.
5. Abolnik, I. Z., et al. (1999). "Comparison of oral and tympanic temperatures in a Veterans Administration outpatient clinic." *Am J Med Sci* 317(5): 301-303.

Points de  
vigilance

**Troubles thermorégulateurs** (*Price 2006*)

**Refroidissement/hypothermie** (*Karlsson 2012*)

**Hyperthermie++** (*Collins 1999, Price 2006*)

**Prévention++**

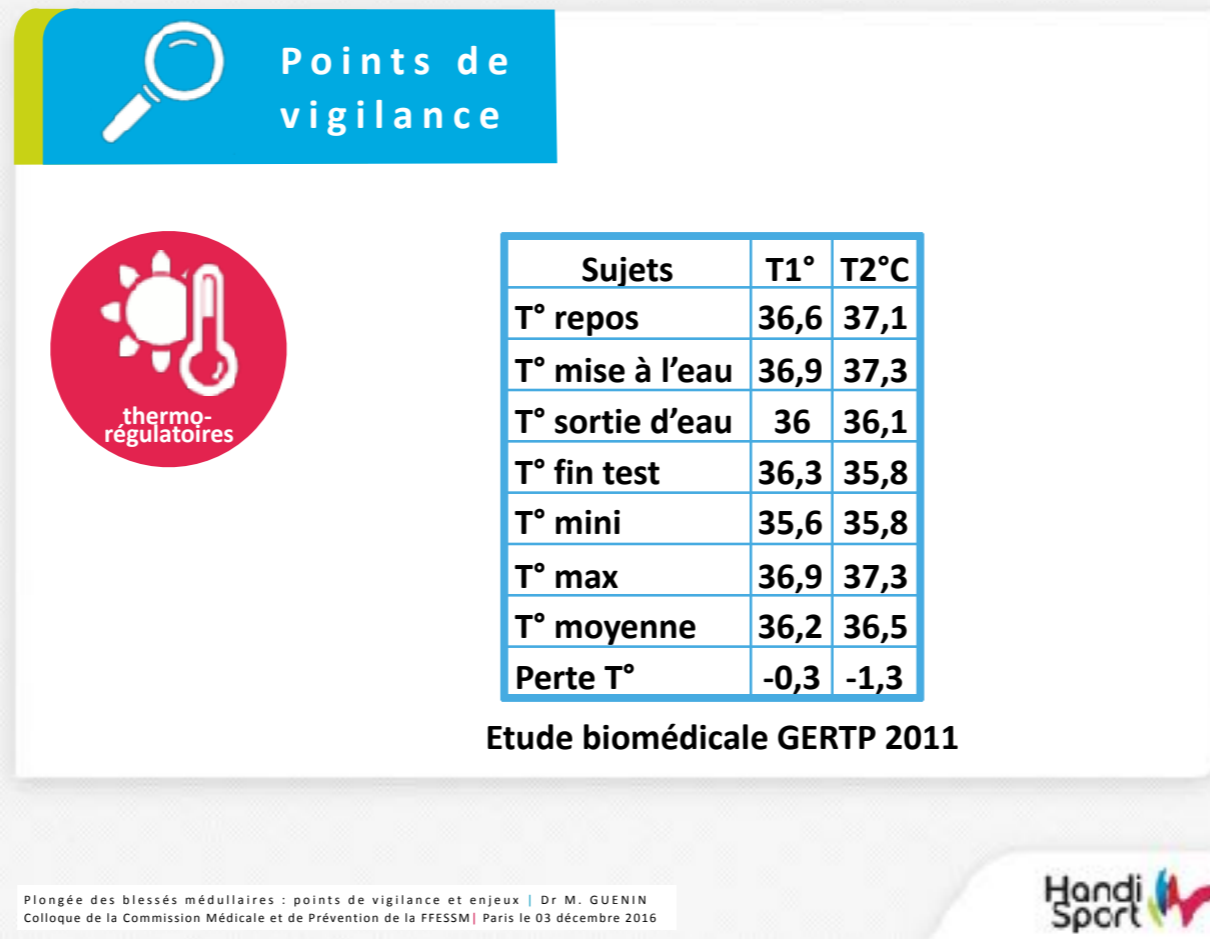
**Etude biomédicale** (*Wuyam 2001*)

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

- **Troubles thermorégulateurs** : du fait de l'atteinte motrice et neurovégétative (perte du contrôle supraspinal du système sympathique avec perte d'effecteurs vasomoteurs et sudomoteurs - *Price 2006* ), le territoire sous-lésionnel présente
  - paralysie motrice
  - anhidrose (une absence de sudation)
  - vasoplégie
  - syndrome restrictif : paralysie des muscles respiratoires
 Ces troubles sont proportionnels au territoire sous-lésionnel et augmentent chez les tétraplégiques. Ces derniers ont un fonctionnement poïkilotherme (étymologiquement : de température irrégulière) (*Karlsson 2012*) qui explique notamment le risque de refroidissement lors d'exposition à de basses températures (*Khan 2007*)
- **Refroidissement/hypothermie** : souvent confusion entre les deux. l'hypothermie nécessite une mesure de température centrale. La thermométrie tympanique est inexploitable pour le contrôle d'activités nautique (*Roger 2007*), et peu performante dans les centres de rééducation (*Abolnik 1999*). La mesure rectale reste donc la plus fiable (*Sund-Levander 2002*). L'hypothermie se définit par une température rectale inférieure à 35°C (*Collins 1999*) Pas d'antécédent d'hypothermie objectivée en plongée Handisub (modérée entre 35-32°C, grave entre 32-26°C ) ni même pour les sports d'hiver à la FFH. Attention ne pas confondre contractures spastiques et frissons. Grandes disparités d'un plongeur à l'autre. Paradoxalement certains BM peuvent présenter une hyperhidrose (dysrèflexie autonome/épine irritative, syringomyélie, étiologie inconnue) qui participe au refroidissement (*Andersen 1992*).
- **Hyperthermie ++**: Elle se définit par une température rectale >38°C (*Collins 1999*). Chez le blessé médullaire le stockage de la chaleur dans la zone sous lésionnelle peut vite entraîner une hyperthermie par anhidrose, notamment chez le tétraplégique (*Price 2006*). L'augmentation de la température environnementale est le principal stress thermique et peut entraîner très rapidement un « coup de chaleur ». C'est pourquoi une forte exposition au soleil ou une attente prolongée en combinaison peuvent représenter un vrai danger d'hyperthermie avec polypnée et nécessiter un refroidissement (humidification, baignade, ingestion de boissons fraîches ou glace). Comme pour l'hypothermie de grandes variabilité interindividuelles sont constatées y compris sur des niveaux lésionnels identiques.
- **Prévention ++** : pour hypothermie on dispose des moyens techniques efficaces (combinaison intégrale épaisse ou sèche, gants, chaussons, masque facial...) et on évite de plonger en eau trop froide. Pour l'hyperthermie : protection solaire (casquette, abris...) habillage au dernier moment, maintien de l'hydratation (même si certains sont tentés de se mettre en restriction hydrique pour minimiser les besoins de sondage) si besoin refroidissement
- **Etude biomédicale** : Colloque Saint-Hilaire 2001, plongée statique dans une eau à 18°C pendant 30mn avec combinaison 5mm. au repos T° = 36,6-37,1°C T° de départ 36,9-37,3°C, T° sortie d'eau 36-36,1°C, T° à 60mn 36-35,7°, Température à 240mn : 36-36,3°C. Pour certains la température centrale continue à baisser après la sortie d'eau (0,3°C) il ne faut donc pas attendre que le plongeur ait froid pour arrêter la plongée. Par ailleurs il faut plus de 4 heures pour normaliser la température centrale nous préconisons donc d'espacer les plongées pour éviter de débiter une deuxième plongée le même jour avec une dette thermique

#### Bibliographie :

1. Price, M. J. (2006). "Thermoregulation during exercise in individuals with spinal cord injuries." *Sports Med* 36(10): 863-879.
2. Karlsson, A. K., et al. (2012). "International spinal cord injury skin and thermoregulation function basic data set." *Spinal Cord* 50(7): 512-516.
3. Khan, S., et al. (2007). "Hypothermia in patients with chronic spinal cord injury." *J Spinal Cord Med* 30(1): 27-30.
4. Rogers, I. R., et al. (2007). "Tympanic thermometry is unsuitable as a screening tool for hypothermia after open water swimming." *Wilderness Environ Med* 18(3): 218-221.
5. Abolnik, I. Z., et al. (1999). "Comparison of oral and tympanic temperatures in a Veterans Administration outpatient clinic." *Am J Med Sci* 317(5): 301-303.



- **Troubles thermorégulateurs** : du fait de l'atteinte motrice et neurovégétative (perte du contrôle supraspinal du système sympathique avec perte d'effecteurs vasomoteurs et sudomoteurs - *Price 2006* ), le territoire sous-lésionnel présente
  - paralysie motrice
  - anhidrose (une absence de sudation)
  - vasoplégie
  - syndrome restrictif : paralysie des muscles respiratoires

Ces troubles sont proportionnels au territoire sous-lésionnel et augmentent chez les tétraplégiques. Ces derniers ont un fonctionnement poikilotherme (étymologiquement : de température irrégulière) (*Karlsson 2012*) qui explique notamment le risque de refroidissement lors d'exposition à de basses températures (*Khan 2007*)
- **Refroidissement/hypothermie** : souvent confusion entre les deux. l'hypothermie nécessite une mesure de température centrale. La thermométrie tympanique est inexploitable pour le contrôle d'activités nautique (*Roger 2007*), et peu performante dans les centres de rééducation (*Abolnik 1999*). La mesure rectale reste donc la plus fiable (*Sund-Levander 2002*). L'hypothermie se définit par une température rectale inférieure à 35°C (*Collins 1999*) Pas d'antécédent d'hypothermie objectivée en plongée Handisub (modérée entre 35-32°C, grave entre 32-26°C ) ni même pour les sports d'hiver à la FFH. Attention ne pas confondre contractures spastiques et frissons. Grandes disparités d'un plongeur à l'autre. Paradoxalement certains BM peuvent présenter une hyperhidrose (dysrèflexie autonome/épine irritative, syringomyélie, étiologie inconnue) qui participe au refroidissement (*Andersen 1992*).
- **Hyperthermie ++** : Elle se définit par une température rectale >38°C (*Collins 1999*). Chez le blessé médullaire le stockage de la chaleur dans la zone sous lésionnelle peut vite entraîner une hyperthermie par anhidrose, notamment chez le tétraplégique (*Price 2006*). L'augmentation de la température environnementale est le principal stress thermique et peut entraîner très rapidement un « coup de chaleur ». C'est pourquoi une forte exposition au soleil ou une attente prolongée en combinaison peuvent représenter un vrai danger d'hyperthermie avec polypnée et nécessiter un refroidissement (humidification, baignade, ingestion de boissons fraîches ou glace). Comme pour l'hypothermie de grandes variabilités interindividuelles sont constatées y compris sur des niveaux lésionnels identiques.
- **Prévention ++** : pour hypothermie on dispose des moyens techniques efficaces (combinaison intégrale épaisse ou sèche, gants, chaussons, masque facial...) et on évite de plonger en eau trop froide. Pour l'hyperthermie : protection solaire (casquette, abris...) habillage au dernier moment, maintien de l'hydratation (même si certains sont tentés de se mettre en restriction hydrique pour minimiser les besoins de sondage) si besoin refroidissement
- **Etude biomédicale** : Colloque Saint-Hilaire 2001, plongée statique dans une eau à 18°C pendant 30mn avec combinaison 5mm. au repos T° = 36,6-37,1°C T° de départ 36,9-37,3°C, T° sortie d'eau 36-36,1°C, T° à 60mn 36-35,7°, Température à 240mn : 36-36,3°C. Pour certains la température centrale continue à baisser après la sortie d'eau (0,3°C) il ne faut donc pas attendre que le plongeur ait froid pour arrêter la plongée. Par ailleurs il faut plus de 4 heures pour normaliser la température centrale nous préconisons donc d'espacer les plongées pour éviter de débiter une deuxième plongée le même jour avec une dette thermique (-0,3°C pour T1, et -1,3 T°2)

#### Bibliographie :

1. Price, M. J. (2006). "Thermoregulation during exercise in individuals with spinal cord injuries." *Sports Med* 36(10): 863-879.
2. Karlsson, A. K., et al. (2012). "International spinal cord injury skin and thermoregulation function basic data set." *Spinal Cord* 50(7): 512-516.
3. Khan, S., et al. (2007). "Hypothermia in patients with chronic spinal cord injury." *J Spinal Cord Med* 30(1): 27-30.
4. Rogers, I. R., et al. (2007). "Tympanic thermometry is unsuitable as a screening tool for hypothermia after open water swimming." *Wilderness Environ Med* 18(3): 218-221.
5. Abolnik, I. Z., et al. (1999). "Comparison of oral and tympanic temperatures in a Veterans Administration outpatient clinic." *Am J Med Sci* 317(5): 301-303.

Points de  
vigilance

### Lésions cervicales ++

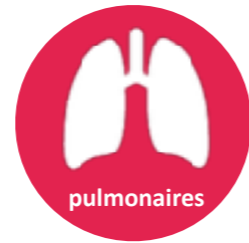
- **Sujet sain 65% de CVF/diaphragme (Winslow 2003)**
- **Pas de plongée au dessus de C4 : 40% sous assistance et 80% présentent des complications (Jackson 1994)**
- **1ère cause décès 1ère année (Garshick 2005)**
- **2ème cause réhospitalisation chez les tétraplégiques (Cardenas 2004)**
  - **Complications : 23% tétraplégiques < C4 et 9% des paraplégiques (Jackson 1994)**

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

- **Lésions cervicales ++** : chez le sujet sain 65% de la capacité vitale forcée est assurée par le diaphragme (Lesdsome 1981, Lanig 2000, Winslow 2003).
  - **en dessus de C4 l'atteinte diaphragmatique** empêche toute activité de plongée car 40% des tétraplégies hautes sont sous assistance respiratoire et les complications respiratoires sont > 80 % (Jackson and Groomes 1994). En dessous l'altération respiratoire dépend du niveau lésionnel et de l'atteinte des muscles intercostaux et abdominaux
  - **1ère cause de décès la première année** post-traumatique pour les blessés médullaires (Hartkopp 1997, Frankel 1998, Soden 2000, Garshick 2005)
  - **Deuxième cause de réhospitalisation pour les tétraplégiques** après les troubles urinaires (Cardenas 2004)
  - **Troubles respiratoires Lésions cervicales ++** : chez le sujet sain 65% de la capacité vitale forcée est assurée par le diaphragme (Lesdsome 1981, Lanig 2000, Winslow 2003).
  - **en dessus de C4 l'atteinte diaphragmatique** empêche toute activité de plongée car 40% des tétraplégies hautes sont sous assistance respiratoire et les complications respiratoires sont > 80 % (Jackson and Groomes 1994). En dessous l'altération respiratoire dépend du niveau lésionnel et de l'atteinte des muscles intercostaux et abdominaux
  - **1ère cause de décès la première année** post-traumatique pour les blessés médullaires (Hartkopp 1997, Frankel 1998, Soden 2000, Garshick 2005)
  - **Deuxième cause de réhospitalisation pour les tétraplégiques** après les troubles urinaires (Cardenas 2004)
  - **Troubles respiratoires** chez 23% des tétraplégiques de niveau lésionnel < C4 et 9% des paraplégiques (Jackson 1994)
- **Etude biomédicale du GERTP : B. Wuyam, Saint-Hilaire 2001**
  - **Electromyogramme du tétraplégique** : contraction du chef claviculaire du pectoral qui diminue la section haute de la cage thoracique grâce à l'effet antagoniste du grand dorsal (innervé par N. thoraco-dorsal C6-C7-C8) et dentelé antérieur (innervé par N. thoracique long : C5-C6-C7) qui fixent l'épaule. (Wuyam B. 2001)
  - **Bonnes pressions inspiratoires et expiratoires chez les tétraplégiques** : moyenne des Pimax : -75cm d'eau (considérées comme faible à partir de -70 cm d'eau pour population standard). moyenne des Pemax : 90cm d'eau malgré l'absence d'intercostaux ou abdominaux (120-150cm pour population standard) donc bonne expiration active à la remontée (Wuyam B. 2001)
  - **Syndrome restrictif : \CV+ \CPT+ \VEMS**
    - \compliance thoracoabdominale, \expiration active + ↗compliance abdominale (atteinte des muscles inspireurs et expirateurs)
    - **qui entraine** : \CV (pour un tétraplégique C6-C7 Capacité Vitale Forcée = 50-60% de la valeur théorique), \VRE, \VEMS, \DEP, ↗VR
    - **et donc \efficacité de la toux + ventilation à faibles volumes** (attention aux encombrements, atélectasies...)
    - **les CV ↗ (jusqu'à 4litres) en position allongée contrairement à la population standard** (action de gravité sur le contenu abdominal, disponibilité supérieure de muscles respirateurs qui participent au tonus de posture en position assise).
- **la respiration diaphragmatique nécessite un équipement adapté** : si possible pas de ceinture de plombs (intégrés à la stab) et une combinaison pas trop serrée pour permettre la compliance abdominale
- **Prévention de l'essoufflement** : la baisse de la CV, et la propulsion sans palmes avec les membres supérieurs peut entraîner un essoufflement selon la forme physique du plongeur et son niveau lésionnel. on évite donc toute fatigue avant la plongée (proximité du parking, limitation des transferts, parcours sans dénivelé, aide éventuelle pour l'habillage), on prévient les coups de chaleur qui génèrent un polypnée (Silver 2007) et on adapte la plongée (proximité du lieu de plongée avec le bateau, éviter les forts courants, pauses d'observation au cours de la plongée, possibilité d'assistance humaine à la propulsion lorsque la personne est fatiguée...)



## Points de vigilance



**Lésions cervicales ++  
Etude biomédicale tétraplégiques**

- **Electromyogramme**
- **Pi max et Pe max**
- **Syndrome restrictif :  $\searrow$ CV+ $\searrow$ CPT  
+ $\searrow$ VEMS (CV $\nearrow$  décubitus)**

**Prévention de l'essoufflement**

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



- **Lésions cervicales ++** : chez le sujet sain 65% de la capacité vitale forcée est assurée par le diaphragme (Lesdsome 1981, Lanig 2000, Winslow 2003).
  - **en dessus de C4 l'atteinte diaphragmatique** empêche toute activité de plongée car 40% des tétraplégies hautes sont sous assistance respiratoire et les complications respiratoires sont > 80 % (Jackson and Groomes 1994). En dessous l'altération respiratoire dépend du niveau lésionnel et de l'atteinte des muscles intercostaux et abdominaux
  - **1ère cause de décès la première année** post-traumatique pour les blessés médullaires (Hartkopp 1997, Frankel 1998, Soden 2000, Garshick 2005)
  - **Deuxième cause de réhospitalisation pour les tétraplégiques** après les troubles urinaires (Cardenas 2004)
  - **Troubles respiratoires** chez 23% des tétraplégiques de niveau lésionnel < C4 et 9% des paraplégiques (Jackson 1994)
- **Etude biomédicale : B. WUYAM, Saint-Hilaire 2001**
  - **Electromyogramme du tétraplégique** : contraction du chef claviculaire du pectoral qui diminue la section haute de la cage thoracique grâce à l'effet antagoniste du grand dorsal (innervé par N. thoraco-dorsal C6-C7-C8) et dentelé antérieur (innervé par N. thoracique long : C5-C6-C7) qui fixent l'épaule. (Wuyam B. 2001)
  - **Bonnes pressions inspiratoires et expiratoires chez les tétraplégiques** : moyenne des Pimax : -75cm d'eau (considérées comme faible à partir de -70 cm d'eau pour population standard). moyenne des Pemax : 90cm d'eau malgré l'absence d'intercostaux ou abdominaux (120-150cm pour population standard) donc bonne expiration active à la remontée (Wuyam B. 2001)
  - **Syndrome restrictif :  $\searrow$ CV+ $\searrow$ CPT+ $\searrow$ VEMS**
    - $\searrow$ compliance thoracoabdominale,  $\searrow$ expiration active +  $\nearrow$ compliance abdominale (atteinte des muscles inspireurs et expirateurs)
    - **qui entraine** :  $\searrow$ CV (pour un tétraplégique C6-C7 Capacité Vitale Forcée = 50-60% de la valeur théorique),  $\searrow$ VRE,  $\searrow$ VEMS,  $\searrow$ DEP,  $\nearrow$ VR
    - **et donc  $\searrow$ efficacité de la toux + ventilation à faibles volumes** (attention aux encombrements, atélectasies...)
    - **les CV $\nearrow$  (jusqu'à 4litres) en position allongée contrairement à la population standard** (action de gravité sur le contenu abdominal, disponibilité supérieure de muscles respirateurs qui participent au tonus de posture en position assise).
- **la respiration diaphragmatique nécessite un équipement adapté** : si possible pas de ceinture de plombs (intégrés à la stab) et une combinaison pas trop serrée pour permettre la compliance abdominale
- **Prévention de l'essoufflement** : la baisse de la CV, et la propulsion sans palmes avec les membres supérieurs peut entraîner un essoufflement selon la forme physique du plongeur et son niveau lésionnel. on évite donc toute fatigue avant la plongée (proximité du parking, limitation des transferts, parcours sans dénivellé, aide éventuelle pour l'habillage), on prévient les coups de chaleur qui génèrent un polypnée (Silver 2007) et on adapte la plongée (proximité du lieu de plongée avec le bateau, éviter les forts courants, pauses d'observation au cours de la plongée, possibilité d'assistance humaine à la propulsion lorsque la personne est fatiguée...)

### Bibliographie :

1. Ledson, J. R. and J. M. Sharp (1981). "Pulmonary function in acute cervical cord injury." Am Rev Respir Dis 124(1): 41-44.
2. Lanig, I. S. and W. P. Peterson (2000). "The respiratory system in spinal cord injury." Phys Med Rehabil Clin N Am 11(1): 29-43, vii.
3. Winslow, C. and J. Rozovsky (2003). "Effect of spinal cord injury on the respiratory system." Am J Phys Med Rehabil 32(10): 803-814.
4. Jackson, A. B. and T. E. Groomes (1994). "Incidence of respiratory complications following spinal cord injury." Arch Phys Med Rehabil 75(3): 270-275.
5. Hartkopp, A., et al. (1997). "Survival and cause of death after traumatic spinal cord injury. A long-term epidemiological survey from Denmark." Spinal Cord 35(2): 76-85.
6. Frankel, H. L., et al. (1998). "Long-term survival in spinal cord injury: a fifty year investigation." Spinal Cord 36(4): 266-274.
7. Soden, R. J., et al. (2000). "Causes of death after spinal cord injury." Spinal Cord 38(10): 604-610.



## Points de vigilance



### Nociceptive/neuropathique

- 65-85% des BM dont 40% neuroP, et 1/3 sévères (Siddal 2009)
- 46% des BM épaule douloureuse (Ferrero 2015)

### Impact important

- troubles multiples (sommeil 56%, vie sociale 40%...) (Ravenscroft 2000)
- Conséquences délétères (Ravenscroft 1999)
- Faibles résolutions/long terme (Finnerup 2014)
- Facteurs de chronicité (Haanpaa 2011)

- **Prévalence** : 65-85% des BM (40% neuropathique) et 1/3 de douleurs sévères (Siddall P.J. 2009)
- **46% des BM épaule douloureuse** (Ferrero 2009) (impact sur qualité vie : Gutierrez 2007, Kemp 2011)
- **12,3% des réhospitalisations**
- **Douleur neuropathique** :
  - sus-lésionnelle, lésionnelle (déafférentation segmentaire), sous lésionnelles (syndrome dysesthésique central)
- **impact important**
  - **troubles** : sommeil 56%, vie sociale/récréative 40%, activité générale 28%, relations 14% (Ravenscroft et al. 2000)
  - **38% des paraplégiques échangeraient une récupération motrice sexuelle ou viscérale contre un soulagement de leur douleur** (Nepomuceno et al. 1979)
  - **Conséquences** : quêtes thérapeutique 87%, détresse 75%, traitements additionnels 43%, dépression 39%, chômage 18% (Ravenscroft et al. 1999)
  - **faible résolution à long terme** mais les thérapies agressives et précoces devraient prévenir le développement de ces douleurs chroniques (Finnerup et al. 2014). Elles nécessitent une équipe pluridisciplinaire, une structuration de la réadaptation spécifique à la douleur, une approche individualisée, une véritable écoute des patients, l'accès continu à des traitements complémentaires (Norrbrink et al. 2016)
    - **facteurs de chronicité** : (Mehta et al 2016) survenue de lésion >50 ans pour douleurs neuropathiques sous-lésionnelle (Werhagen 2004), D nociceptives > chez la femme (Cardenas 2004), pas de différence significative selon le niveau lésionnel, étiologie plaie par balles ++, apparition précoce quelques semaines après la lésion médullaire, hypersensibilité post-lésionnelle notamment avec les stimuli aux froid, des affections associées (escarres, constipation, infection) (Haanpaa M. 2011)

### Bibliographie :

1. Siddall, P. J. (2009). "Management of neuropathic pain following spinal cord injury: now and in the future." *Spinal Cord* 47(5): 352-359.
2. Ferrero, G., et al. (2015). "Risk factors for shoulder pain in patients with spinal cord injury: a multicenter study." *Musculoskelet Surg* 99 Suppl 1: S53-56.
3. Gutierrez, D. D., et al. (2007). "The relationship of shoulder pain intensity to quality of life, physical activity, and community participation in persons with paraplegia." *J Spinal Cord Med* 30(3): 251-255.
4. Kemp, B. J., et al. (2011). "Effects of reduction in shoulder pain on quality of life and community activities among people living long-term with SCI paraplegia: a randomized control trial." *J Spinal Cord Med* 34(3): 278-284.
5. Ravenscroft, A. J. (2000). "Chronic pain after spinal cord injury: a survey of practice in spinal injury units in the USA." *Spinal Cord* 38(11): 658-660.
6. Nepomuceno, C., et al. (1979). "Pain in patients with spinal cord injury." *Arch Phys Med Rehabil* 60(12): 605-609.
7. Ravenscroft, A., et al. (1999). "Chronic pain after spinal cord injury: a survey of practice in UK spinal injury units." *Spinal Cord* 37(1): 25-28.
8. Finnerup, N. B., et al. (2014). "Phenotypes and predictors of pain following traumatic spinal cord injury: a prospective study." *J Pain* 15(1): 40-48.
9. Norrbrink, C. and M. Lofgren (2016). "Needs and requests--patients and physicians voices about improving the management of spinal cord injury neuropathic pain." *Disabil Rehabil* 38(2): 151-158.
10. Mehta, S., et al. (2016). "The CanPain SCI Clinical Practice Guidelines for Rehabilitation Management of Neuropathic Pain after Spinal Cord: screening and diagnosis recommendations." *Spinal Cord* 54 Suppl 1: S7-S13.
11. Werhagen, L., et al. (2004). "Neuropathic pain after traumatic spinal cord injury--relations to gender, spinal level, completeness, and age at the time of injury." *Spinal Cord* 42(12): 665-673.
12. Cardenas, D. D., et al. (2004). "Gender and minority differences in the pain experience of people with spinal cord injury." *Arch Phys Med Rehabil* 85(11): 1774-1781.
13. Haanpaa, M. (2011). "Are neuropathic pain screening tools useful for patients with spinal cord injury?" *Pain* 152(4): 715-716.

Points de  
vigilance

orthopédiques

Surutilisation des MS

- Douleur,  $\searrow$  QVS (*Kemp 2011*)
- Sd de coiffe rotateurs 63% (*Akbar 2011*)
- Usure prématurée
- Sd Canal carpien

Fractures, osteoporose (*Dauty 2000*)

Trouble statique vertébrale

Rétractions musculo-tendineuses

POAN 10-50%

Luxation de hanche/spasticité

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

23

- **Souvent secondaires et tardives** (*Krause 2013*)
- **rétractions musculo-tendineuses**
  - causes : immobilisation prolongée, déficit moteur, déséquilibre de balance musculaire (forts/faibles) troubles du tonus, négligence thérapeutique (rééducation inadaptée...)
  - conséquences : limitations d'amplitudes
- **Sur-utilisation du membre supérieur**
  - douleur du MS chez le paraplégique âgé. A 17 années post traumatique : épaule 39%, coude 31%, poignet 40% (*Pentland 1994*)
  - douleur de l'épaule corrélée à durée post-traumatique : 12% <5 ans, 20% entre 15-20% et jusqu'à 100% >25 ans (*Akbar 2011*)
  - 63% de lésion de coiffe chez BM dont 33% avec rupture partielle à IRM contre 15% dans population valide (*Akbar 2011*) mêmes résultats dans cette étude (*Brose 2008*)
  - Intérêts de rééducation et sports adaptés pour le traitement et prévention des lésions (*Hicks 2011, Serra-Ano 2012*)
  - impact des douleurs de l'épaule sur qualité de vie (*Gutierrez 2007, Kemp 2011*)
- **Fractures :**
  - contemporaines de lésion médullaire et inaperçues ou secondaires (tardives, sous-lésionnelles ostéoporose)
  - risque fracturaire 33% avec recul post-traumatique 20 ans (*vestergaard 1998*)
  - nette prévalence chez le paraplégique (*Ragnarsson 1981, vestergaard 1998, Krause 2000, Martinez 2002*)
  - ostéoporose : ostéoporose à 1 an post traumatique : perte de densité osseuse : 52% pour fémur distal et 70% du tibia proximal (*Dauty 2000*)
  - fracture des os long corrélée à durée post-traumatique : X3 après 30 ans (14% à 5 ans, 28% à 10 ans, 39% à 15 ans...)(*Krause 2000, Lazo 2001*)
  - souvent consécutive à un trauma faible/absent : 19% ou moyen : 68,3% (*vestergaard 1998*)
  - délai diagnostique élevé du fait de la faible symptomatologie : 1-4 semaine pour 36% (*ingram 1989*)
- **Troubles de statique vertébrale :**
  - **scoliose** : corrélé à l'âge 3,7 fois plus de risque de fusion vertébrale si la lésion est survenue avant l'âge de 12 ans (*Mulcahey 2013*)
  - **cyphose évolutive**
- **Para-osteoarthropathie neurogène (ostéome) :**
  - ossifications ectopiques juxta-articulaires du tissu conjonctif dans territoire sous-lésionnel
  - 10-50% des cas
  - apparition entre S4 et S12 post-traumatique
- **luxation de hanche sur spasticité**

Points de  
vigilance

neuro-  
végétatifs

**↘TA, ↘FC**

- sympatholyse > T6
- moindre adaptation/effort (Bambhani 2002)

**Vasoplegie**

**Troubles digestifs, urinaires**

**HRA pour BM> T6**

- 30-85% des BM>T6 (Fougère 2016)
- ↗TA syst. de 20mm Hg (Mathias 2002)
- 85% d'origine urinaire (Guttmann 1946)
- boosting (Bhambhani 2010)

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

cardio-vasculaires :

- ↘TA, ↘FC :
  - **sympatholyse> T6** : par interruption du signal sympathique au niveau lésionnel (innervation sympathique du coeur : ganglions cervico-thoraciques issus des racines C8-T4 qui forment les 3 nerfs cardiaques : sup, moyen et inférieur)
  - Chez les sportifs BM>T6 l'atteinte de l'innervation cardiaque sympathique entraîne une fréquence cardiaque maximale de 110-130 b/mn déterminée par la seule activité sinoatriale. Ce déficit d'adaptation du rythme cardiaque et la baisse du volume d'éjection systolique sont aggravés par un déficit de la réponse des cathécholamines à l'exercice et l'absence de pompe veineuse dans les MI (Bhambhani 2002)
  - Troubles majorés pour les lésions hautes, avec possibilité de troubles du rythme et valvulopathie (Groah 2001)
  - Chez les BM >30 années post traumatiques, 50% des décès sont dus à des troubles cardiovasculaires prématurés (Szlachcic 2007)
  - Plus de risque d'AVC, mais moins de pathologie coronarienne chez les BM >65 ans en comparaison d'une cohorte semblable de personnes âgées valides (Lavela 2012)
- **Vasoplegie**
- **Troubles digestifs, urinaires**
- **HRA (hyperréflexie autonome) :**
  - chez les blessés médullaires de lésion supérieure à T6 : 30 à 85% (Fougère et al 2016). > 90% des BM (krassioukov 2012)
  - définition clinique : augmentation de 20mmHG de la TA systolique de base en réponse à un stimuli sous-lésionnel délétère ou non (Mathias 2002)
  - les mécanismes physiopathologiques : stimulation afférente sous-lésionnelle du système sympathique hyperréflexique (hypersensibilité des récepteurs α périphériques et préganglionnaires qui entraîne une libération massive de noradrénaline. Elle provoque une vasoconstriction périphérique et splanchnique qui abouti à une HTA importante.
  - **Pour 75-85% le point de départ est la distension vésicale** : (Guttmann 1947, Kurnick 1956, De Seze 2008). L'irritation de la vessie et de l'intestin sont les causes les plus fréquentes (Midleton J. et al 2010). Dans un second temps, la réponse inhibitrice des centres bulbaires avec réponse compensatrice sus-lésionnelle complète l'HTA par une bradycardie + vasodilatation sus-lésionnelle (céphalées pulsatiles, flush, sueurs sus-lésionnelles, pilo-érection, frissons, augmentation de la spasticité,...).
  - **Le risque peut être vital avec une HTA qui peut atteindre 300/200 mg Hg** (hémorragies cérébrales 1,7-5%, infarctus du myocarde, FA, encéphalopathie hypertensive, oedème pulmonaire, crise comitiale) De Seze 2008. Toute crise de HRA ou céphalée non étiquetée impose l'arrêt de la pratique et une investigation médicale rapide.
  - **baisse de l'hyperréflexie** par injection botulique (Schurch 2000) mais seuls 20% des patients ont continué le traitement (Chen 2016)
  - **Boosting** : dopage physiologique des sportifs pour améliorer leur fréquence cardiaque et donc leur adaptation à l'effort. la décharge sympathique amplifiée est vraisemblablement due à une hypersensibilité de dénervation des sites des récepteurs sympathiques spinaux, ganglionnaires et périphériques, à la perte du contrôle inhibiteur supraspinal et la formation de connexions anormales résultant de remaniements axonaux (Bhambhani 2002)
  - **Etude sur boosting 2010** : 16.7% utilisent l'HRA. 78,6,3% pour moyennes distances, 71,4% pour longues distances, 64,3% pour marathon, 64,3%rugby fauteuil (Bhambhani 2010)



Points de  
vigilance

**Physiopathologie de la dysrèflexie autonome**  
*Milligan et al 2012*

1. stimulus nociceptif sous-lésionnel
2. activation massive des réflexes sympathiques (HTA sévère)
3. détection de l'HTA par les barorécepteurs carotidiens et aortiques
4. réaction cérébrale par impulsion inhibitrice primaire descendante du TC par la moelle épinière entraînant une bradycardie secondaire

Barorécepteurs carotidiens et aortiques  
Nerve vagal  
Ganglion sympathique  
Vessie distendue  
Niveau de la lésion médullaire  
(TA) Tension artérielle

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

25


• **HRA (hyperréflexie autonome) :**

- chez les blessés médullaires de lésion supérieure à T6 : 30 à 85% (Fougère et al 2016). > 90% des BM (krassioukov 2012)
- définition clinique : augmentation de 20mmHG de la TA systolique de base en réponse à un stimuli sous-lésionnel délétère ou non (Mathias 2002)
- les mécanismes physiopathologiques : stimulation afférente sous-lésionnelle du système sympathique hyperréflexique (hypersensibilité des récepteurs  $\alpha$  périphériques et pré-ganglionnaires qui entraîne une libération massive de noradrénaline. Elle provoque une vasoconstriction périphérique et splanchnique qui aboutit à une HTA importante.
- **Pour 75-85% le point de départ est la distension vésicale :** (Guttmann 1947, Kurnick 1956, De Seze 2008). L'irritation de la vessie et de l'intestin sont les causes les plus fréquentes (Midleton J. et al 2010). Dans un second temps, la réponse inhibitrice des centres bulbaire avec réponse compensatrice sus-lésionnelle complète l'HTA par une bradycardie + vasodilatation sus-lésionnelle (céphalées pulsatiles, flush, sueurs sus-lésionnelles, pilo-érection, frissons, augmentation de la spasticité,...).
- **Le risque peut être vital avec une HTA qui peut atteindre 300/200 mg Hg** (hémorragies cérébrales 1,7-5%, infarctus du myocarde, FA, encéphalopathie hypertensive, oedème pulmonaire, crise comitiale) De Seze 2008. Toute crise de HRA ou céphalée non étiquetée impose l'arrêt de la pratique et une investigation médicale rapide.
- **baisse de l'hyperréflexie** par injection botulique (Schurch 2000) mais seuls 20% des patients ont continué le traitement (Chen 2016)
- **Boosting :** dopage physiologique des sportifs pour améliorer leur fréquence cardiaque et donc leur adaptation à l'effort. la décharge sympathique amplifiée est vraisemblablement due à une hypersensibilité de dénervation des sites des récepteurs sympathiques spinaux, ganglionnaires et périphériques, à la perte du contrôle inhibiteur supraspinal et la formation de connexions anormales résultant de remaniements axonaux (Bhambhani 2002)
- **Etude sur boosting 2010 :** 16.7% utilisent l'HRA. 78,6,3% pour moyennes distances, 71,4% pour longues distances, 64,3% pour marathon, 64,3% rugby fauteuil (Bhambhani 2010)

**Bibliographie :**

1. Fougere, R. J., et al. (2016). "Reduction in Bladder-Related Autonomic Dysreflexia after OnabotulinumtoxinA Treatment in Spinal Cord Injury." J Neurotrauma 33(18): 1651-1657.
2. Krassioukov, A. (2012). "Autonomic dysreflexia: current evidence related to unstable arterial blood pressure control among athletes with spinal cord injury." Clin J Sport Med 22(1): 39-45.
3. Mathias, C.J. Bannister, R. (2002). Autonomic disturbances in spinal cord lesions. in: C. M. R. Bannister (eds). Autonomic Failure : A textbook of clinical disorders of the autonomic nervous system Oxford university press, New York, pp 839-881.
4. Guttmann, L. and D. Whitteridge (1947). "Effects of bladder distension on autonomic mechanisms after spinal cord injuries." Brain 70(Pt 4): 361-404.
5. Kurnick, N. B. (1956). "Autonomic hyperreflexia and its control in patients with spinal cord lesions." Ann Intern Med 44(4): 678-686.
6. Schurch, B., et al. (2000). "Botulinum-A toxin for treating detrusor hyperreflexia in spinal cord injured patients: a new alternative to anticholinergic drugs? Preliminary results." J Urol 164(3 Pt 1): 692-697.
7. Chen, S. F., et al. (2016). "Effect of detrusor botulinum toxin a injection on urothelial dysfunction in patients with chronic spinal cord injury: a clinical and immunohistochemistry study before and after treatment." Spinal Cord 54(10): 889-894.
8. Bhambhani, Y., et al. (2010). "Boosting in athletes with high-level spinal cord injury: knowledge, incidence and attitudes of athletes in paralympic sport." Disabil Rehabil 32(26): 2172-2190.

 **Points de  
vigilance**

 **Anamnèse**

- Lésion congénitale/acquise
- Niveau lésionnel
- Type lésionnel

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

**Handi Sport**  26

- **Anamnèse :**
  - lésion congénitale ou acquise
    - spina bifida : possibilité de dérivation ventriculo-péritonéale, avis neurochirurgical
    - lésion traumatique : attendre une période de cicatrisation d'un an avant les plongées > 6m
  - Niveau lésionnel : les capacités fonctionnelles et le niveau d'autonomie sont déterminants pour l'indication du type de plongée et l'encadrement
  - Type lésionnel : en cas de lésion incomplète ou de récupération partielle, le tableau clinique et les capacités fonctionnelles peuvent être rassurantes mais le risque de sur-lésion médullaire nécessitent la plus grande vigilance

amélioration de la spasticité par la plongée  
syringomyélie



## Points de vigilance



### Anamnèse Moelle séquellaire Syringomyélie

- **Physiopathologie** (Williams 1981)
- **20,9% à 20 ans** (Wang 1996)
- **survenue moyenne 8 ans** (Perrouin-Verbe 1998)
- **délai sympt/Dg 2,8 ans** (Rossier 1985)
- **IRM / surveillance cliniques** (Rossier 1985)
- **Amélioration spasticité /plongée**

- **Anamnèse :**
  - lésion congénitale ou acquise
    - spina bifida : possibilité de dérivation ventriculo-péritonéale, avis neurochirurgical
    - lésion traumatique : attendre une période de cicatrisation d'un an avant les plongées > 6m
  - Niveau lésionnel : les capacités fonctionnelles et le niveau d'autonomie sont déterminants pour l'indication du type de plongée et l'encadrement
  - Type lésionnel : en cas de lésion incomplète ou de récupération partielle, le tableau clinique et les capacités fonctionnelles peuvent être rassurantes mais le risque de sur-lésion médullaire nécessitent la plus grande vigilance
- **Moelle séquellaire :**
  - **Atrophie (62%)** : avec diminution du calibre du cordon médullaire dans le plan sagittal, s'étend sur 2 segments ou plus en regard de la lésion
  - **Myelopathie myélomalacique post-traumatique MMPP (54%)** : microkystes mal limités (hyposignal T1, hypersignal T2), qui peuvent parfois confluer avec chapelet de petits kystes.
  - **Myélopathie kystique post-traumatique progressive (MKPP = 22 %)** : syringomyélie avec larges cavités kystiques à contours nets, isosignal avec le LCR, effilée à chaque extrémité, parfois lobulée.
  - **Kyste focal unique (9 %)** : lésion ronde / ovale, de même signal que le syrinx, située en regard du site lésionnel initial
- **Syringomyélie :**
  - **physiopathologie** : liquéfaction d'hématomyélie et nécrose myélomalacique + extension par compression dure-mérienne lors d'hyperpression (Valsalva) « Slosh and suck »(Williams 1981)
  - **20,9% à 20 ans** (Wang1996)
  - **délai moyen post traumatique 8 ans**, 28% (Perrouin-Verbe 1998) 3mois à 34 ans pour Rossier (Rossier 1985)
  - **délai entre symptômes et Dg 2,8 ans** (Rossier 1985)
  - **IRM / surveillance clinique :**
    - **IRM** : l'imagerie permet d'écarter toute syringomyélie et d'avoir des clichés comparatifs en cas de suspicion d'ADD. Toute modification clinique du territoire sus-lésionnel doit entraîner une investigation minutieuse
    - **Signes cliniques** : douleur ++ (Rossier 1985) majorée par efforts glotte fermée, changement posturaux, irradiation MS (Perrouin-Verbe 1998), déficit sensitif, déficit moteur, déficit réflexe, spasticité, HRA, modification du comportement vésico-sphinctérien, troubles de l'érection.

### Bibliographie :

1. Williams, B., et al. (1981). "Syringomyelia as a sequel to traumatic paraplegia." Paraplegia 19(2): 67-80.
2. Wang, D., et al. (1996). "A clinical magnetic resonance imaging study of the traumatised spinal cord more than 20 years following injury." Paraplegia 34(2): 65-81.
3. Perrouin-Verbe, B., et al. (1998). "Post-traumatic syringomyelia and post-traumatic spinal canal stenosis: a direct relationship: review of 75 patients with a spinal cord injury." Spinal Cord 36(2): 137-143.
4. Rossier, A. B., et al. (1985). "Posttraumatic cervical syringomyelia. Incidence, clinical presentation, electrophysiological studies, syrinx protein and results of conservative and operative treatment." Brain 108 ( Pt 2): 439-461.

- Sport de loisir
- Sport de pleine nature
- Découverte faune et flore sous-marine
- Plaisirs de l'immersion et bienfaits de l'eau
- Sport sans fauteuil
- Accessible aux personnes peu autonomes

• **Les enjeux sportifs :**

- **Sport de loisir :** tous les bénéfices de la pratique sportive sans les dérives possibles des sports de compétition
- **Sport de pleine nature :** découverte, partage, qualité du cadre qui va au-delà d'une simple séance d'aérobic en salle de gym
- **Découverte de la faune et flore sous-marine :** découverte des merveilles encore trop peu connues du monde sous-marin, intérêt culturel notamment dans un contexte où la scolarité est souvent chaotique et inachevée compte tenu des soins médicaux ou interventions chirurgicales récurrentes durant l'enfance
- **Plaisirs de l'immersion et bienfaits de l'eau :** la poussée d'Archimède facilite les mouvements et cette sensation d'apesanteur redonne une autonomie aux personnes les moins autonomes. Nombre d'entre-elles sont très aquatiques et ravies de pouvoir s'immerger en toute sécurité (sans les risques de noyade en natation liées aux difficultés fonctionnelles).
- **Sport sans fauteuil :** pour certaines personnes le fauteuil roulant représente la preuve visuelle de leur déficience, pratiquer un sport sans fauteuil peut être apprécié par certains comme une parenthèse symbolique dans leur quotidien de personne en situation de handicap
- **Accessible aux personnes peu autonomes :** initialement la plongée était prioritairement proposée aux personnes les plus autonomes mais avec l'expérience et l'individualisation des pratiques on se rend compte que l'on peut généralement toujours adapter la plongée, quitte à proposer une progression en surface qui reste synonyme d'exploit et grande satisfaction partagée. Cette évolution est d'autant plus bénéfique que les personnes peu mobiles sont souvent très contraintes dans leur choix d'activité sportive.


## ● Physiques

- Sensation d'apesanteur et mobilité accrue
- Réappropriation du corps
- Fonction cardio-respiratoire
- Qualité du travail musculaire

intensité raisonnable  
pas de sur-utilisation du potentiel résiduel

### • Les enjeux physiques :

- **Sensation d'apesanteur et mobilité accrue** : la poussée d'Archimède participe à la flottabilité du corps donnant l'impression que ce dernier n'a plus à lutter contre la pesanteur. Les plongeurs en situation de handicap retrouvent donc une mobilité accrue et décrivent généralement cette impression constante de grande « légèreté » en comparaison des conditions de vie quotidiennes.
- **Réappropriation du corps** : cette mobilité retrouvée contraste avec la perte de mobilité relative au quotidien et le plongeur reprend en partie le contrôle de son corps et de ses mouvements
- **Renforcement cardio-respiratoire** : l'entretien de ces capacités est d'autant plus vital chez les personnes à mobilité réduite en fauteuil électrique ou avec une paralysie importante des muscles respiratoires principaux et de la cage thoracique
- **Qualité du travail musculaire** : contrairement à d'autres activités physiques la plongée ne nécessite pas un travail musculaire intensif ou « explosif » et les mouvements s'effectuent contre la résistance de l'eau. Ceci protège les articulations et muscles fonctionnels d'une sur-utilisation avec usure prématurée




## ● Physiques

- Sensation d'apesanteur et mobilité accrue
- Réappropriation du corps
- Fonction cardio-respiratoire
- Qualité du travail musculaire
- Prévention des troubles liés à la sédentarité


surpoids  
diabète  
troubles cardio-vasculaires

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



- **Les enjeux physiques :**

- **Prévention des troubles liés à la sédentarité :** comme le surpoids, le diabète de type 2 et les troubles cardio-vasculaires en sont des conséquences bien connues. Les enjeux sont d'autant plus importants pour les personnes à mobilité réduite




# ● Psychiques

- Gestion du stress
- Dépassement du handicap
- Vecteur de résilience

amélioration de l'estime de soi  
 acquisition de compétences  
 mise en place d'objectifs de vie  
 choix des activités

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
 Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



- **Les enjeux psychiques :**

- **Gestion du stress :** la plongée est un sport qui nécessite la gestion des émotions, exercice bénéfique pour gérer toutes les situations de stress liées aux déficiences et éventuelles situation de handicap
- **Dépassement du handicap :** plonger n'est pas chose facile et encore moins avec une déficience. Cette pratique sportive permet de repousser les limites et donc de dépasser le fatalisme lié aux situations de handicap
- **vecteur de résilience**
  - amélioration de l'estime de soi par le simple dépassement de soi et/ou l'image positive véhiculée par la plongée
  - acquisition de compétences et parfois l'obtention de diplômes (pour certains ayant une scolarité inachevée, le baptême de plongée peut être le premier diplôme...)
  - Mise en place d'objectifs de vie : une activité sportive régulière, des relations amicales au sein d'un club, des projets de voyages participent à la projection dans l'avenir, la construction de soi
  - Choix d'activité : trop souvent on dit aux personnes en situation de handicap ce qu'elles peuvent ou ne pas faire. La liberté de choix, l'accès au choix de ses pratiques sportives font partie de « l'égalité des droits et des chances ». Ils permettent de s'affirmer en tant que personne et de redevenir acteur de sa vie.

## ● Psychiques

- **Gestion du stress**
- **Dépassement du handicap**
- **Vecteur de résilience**
- **Prévention des épisodes dépressifs**
- **Impact positif sur morbidité et évolution des maladies chroniques ou évolutives**

- **Les enjeux psychiques :**

- **Gestion du stress :**
- **Dépassement du handicap :**
- **vecteur de résilience**
- **Prévention des épisodes dépressifs :** la résilience est inversement proportionnelle à la gravité des épisodes dépressifs
- **Impact positif sur les maladies chroniques ou évolutives :** la corrélation est depuis longtemps démontrée entre qualité de l'état psychique et la moindre évolution des maladies chroniques ou la baisse de poussées des maladies évolutives



- **mixité des populations handicapées et valides**
- **échanges, voyages...**
- **stimulation des activités sportives en famille**

• **Les enjeux sociaux**

- **mixité des populations handicapées et valides** : aujourd'hui la plongée Handisub ne peut se concevoir qu'avec un encadrement de personnes valides il y a donc de fait une mixité parmi les plongeurs. Idem avec les assistants de vie, les aides de pont qui aident à l'habillage, aux transferts..., et aux autres plongeurs valides lorsqu'il s'agit d'activité club (sur le bateau, dans la palanquée...)
- **échanges, voyages...** : la plongée stimule les échanges de par cette mixité au sein des clubs (par opposition aux pratiques de compétition ou les sportifs s'entraînent souvent à part). Les projets comme les voyages ne sont parfois possibles pour les personnes les moins autonomes qu'à travers ce genre d'activité. Ils sont également l'occasion de moments de partages mutuels privilégiés
- **stimulation des activités sportives en famille** : avant le développement et l'adaptation des sports de pleine nature les personnes en situation de handicap étaient souvent une charge, un « boulet » pour les familles obligées de pratiquer seules ou de cesser toute activité sportive par solidarité avec les personnes laissées pour compte. Aujourd'hui la situation est complètement normalisée et il n'est pas rare de rencontrer des frères et soeurs ou des parents qui se mettent à la plongée pour accompagner un plongeur en situation de handicap qui avait déjà une pratique conséquente à son actif. (Ceci est valable pour la plupart des sports de nature...)

**les enjeux**

● **Médicaux**

● **Sport pour tous**

**Mission d'intérêt général (art L100-1 CDS)**  
**Loi 2005-102**  
**Non discrimination (art 4127-7 CSP)**  
**Participation aux formations et événements**


Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

**Handi Sport** 34

- **Les enjeux médicaux :**

- **Sport pour tous :** les médecins doivent être des acteurs fort de ce choix sociétal

- Il est affirmé par la **mission d'intérêt général** article L100-1 du CDS (« La promotion et le développement des activités physiques et sportives pour tous, notamment pour les personnes handicapées, sont d'intérêt général. ») et la **loi 2005-102** (« Loi pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées »)
- Non discrimination du médecin dans l'exercice de sa profession (art 4127-7 du CSP : « Le médecin doit écouter, examiner, conseiller ou soigner avec la même conscience toutes les personnes quels que soient leur origine, leurs mœurs et leur situation de famille, leur appartenance ou leur non-appartenance à une ethnie, une nation ou une religion déterminée, leur handicap ou leur état de santé, leur réputation ou les sentiments qu'il peut éprouver à leur égard. »)
- **Participation aux formations et événements :** elle permet de participer activement à cette mission d'intérêt général par l'approche pédagogique et la présence médicale de terrain. Les médecins sont des acteurs incontournables du sport pour tous




● **Médicaux**

- **Sport pour tous**
- **Evaluation du bénéfice escompté**

**Nature du projet / motivations**  
**Ratio bénéfices / risques**  
**Données acquises de la science** (article R.4127-32 du CSP)  
**Observation de la pratique**

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
 Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



• **Les enjeux médicaux :**


• **Evaluation du bénéfice escompté :**

• **nature du projet / motivations :** Il est important que le médecin évalue la cohérence de la démarche en déterminant le contexte de la demande, les motivations qui poussent le patient à essayer la plongée et écarter toute attitude de déni vis à vis du handicap. Déterminer s'il s'agit d'un baptême (d'un simple essai pour voir) ou d'une volonté de s'inscrire dans un club en vue d'une pratique régulière...

• **données acquises de la science (article R.4127-32 du CSP) :** la réflexion médicale doit se faire en toute impartialité dans l'intérêt du patient et se fonder sur les données acquises de la science pour éviter les décisions arbitraires sur le seul principe de précaution sans tenir compte des nombreux bénéfices concrets ou escomptés

• **ratio bénéfices / risques :** l'évaluation déterminante du risque doit se faire sur des critères exclusivement médicaux (le fait de savoir si une personne est techniquement capable de progresser sous l'eau et gérer son matériel relève de la compétence des encadrants). Cette évaluation doit également intégrer le risque quotidien auquel est confronté la personne, seul un risque surajouté ou majoré doit être pris en compte. Enfin le médecin doit corrélérer ce risque à l'ensemble des bénéfices tangibles concrets ou escomptés (exercice physique, objectifs de vie, amélioration de l'estime de soi, de l'interaction et de la participation sociale par la mixité de la pratique...)

• **observation de la pratique :** toute évaluation clinique et réflexion théorique devrait s'accompagner d'une observation sur le terrain car nous sommes souvent bien en dessous des capacités d'adaptation et des bénéfices escomptés




● **Médicaux**

- **Sport pour tous**
- **Evaluation du bénéfice escompté**
- **Evaluation des contre-indications**

**Lésion > C5**  
**Syringomyélie**  
**Contre-indications temporaires**  
**Restrictions possibles**

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
 Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



• **Les enjeux médicaux :**

• **Evaluation des contre-indications :**

- **générales de la plongée / spécifiques des déficiences :** il est important de croiser ces deux types de contre-indications, tout en sachant que certaines d'entre-elles pourront être solutionnées par une individualisation de la pratique (par exemple plongée en surface) et des aides techniques humaines pour éviter toute prise de risque inutile. Les contre-indications spécifiques liées à la déficience doivent également se faire sur la base de « données acquises de la science » (art R.4127-32 du CSP : « Dès lors qu'il a accepté de répondre à une demande, le médecin s'engage à assurer personnellement au patient des soins consciencieux, dévoués et fondés sur les données acquises de la science, en faisant appel, s'il y a lieu, à l'aide de tiers compétents. »)
- **principal danger : noyade, barotraumatisme ORL :** malgré la diversité des déficiences, les contraintes médicales spécifiques motivant une contre-indication définitive de plongée, y compris en surface, sont très rares dans la population actuelle des plongeurs Handisub. Par contre le principal risque reste la noyade par panique et restriction d'autonomie fonctionnelle d'où l'extrême vigilance à laquelle sont formés les encadrants. Les barotraumatismes ORL sont les seuls incidents répertoriés ce jour et concernent plutôt les plongeurs et encadrants débutants.
- **Contre-indication / points de vigilance :** Il est important de différencier contre-indication, même momentanée, et point de vigilance. Ce n'est pas parce que le médecin n'a relevé aucune contre-indication qu'il ne faut pas rester vigilant sur les difficultés ou fragilités de chacun. Inversement une spécificité nécessitant une attention particulière ne doit pas systématiquement se transformer en contre-indication médicale

- Sport pour tous
- Evaluation du bénéfice escompté
- Evaluation des contre-indications
- Collaboration médico-technique

respects des champs de compétence  
synergie médico-technique  
individualisation des pratiques  
transmission des savoirs

• Les enjeux médicaux :

• Collaboration médico-technique :


• **respect des champs de compétence** : le médecin doit rester sur sa compétence médicale sans empiéter sur les prérogatives techniques. Par exemple toute limitation de profondeur devra se faire sur un critère médical (risque majoré d'ADD, sur-lésion ORL...) mais l'appréciation des habiletés, des capacités fonctionnelles seront de la responsabilité de l'encadrant qui devra déterminer s'il peut emmener le sportif en plongée en toute sécurité (et accessoirement avec quelle aides humaines ou techniques).

• **synergie médico-technique** : ce respect des compétences doit se concrétiser par une synergie positive où chacun renseigne l'autre sur les spécificités détectées et les solutions envisagées. Idem pour l'évolution physique du plongeur et les performances en plongée

• **individualisation des pratiques** : c'est le maître-mot pour tous les sportifs en situation de handicap. L'approche pluridisciplinaire doit être propre à chaque individu. Si nécessaire des solutions et des pratiques doivent être pensées, réfléchies avec le sportif, l'encadrant et le médecin pour permettre l'accès à la plongée. Certaines déficiences impliquent des adaptations (l'exemple des non-voyants est emblématique) l'offre sportive des personnes handicapées ne doit pas se limiter à la seule déclinaison des sports pratiqués par les personnes valides (exemple Torball, Boccia...) et chacun doit faire preuve de créativité

• **transmission des savoirs** : elle est primordiale car la bonne compréhension des déficiences est essentielle pour la sécurité et la qualité des prises en charge. L'aide des médecins dans les cours théoriques des encadrants est précieuse. C'est aussi l'occasion pour le corps médical de côtoyer les futurs encadrants et donc de créer des liens de confiance très utiles pour la suite. De même, les médecins pourront également voir évoluer les plongeurs en situation de handicap et être ainsi au plus près de la réalité de terrain. Cette transmission peut également se concrétiser lors de colloques

- 1995 Création du GERTP (Groupe d'Etudes et de Recherches Tétraplégie et Plongée)
- 1997 Colloque de Hyères
- 2001 Colloque de Saint-Hilaire
- 2006 Colloque médical RABA




# ● Médicaux

- Sport pour tous
- Evaluation du bénéfice escompté
- Evaluation des contre-indications
- Collaboration médico-technique
- Réseau de médecins référents

**Appel à un tiers compétent** (article R.4127-32 du CSP)  
**Décision collégiale**  
**Réseau**

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
 Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



- **Les enjeux médicaux :**

- **Réseau de médecins référents :**

- **Appel à un tiers compétent (article R.4127-32 du CSP) :** il est souvent délicat de cumuler toutes les compétences nécessaires pour évaluer des situations qui relèvent de la compétence d'un médecin fédéral ou hyperbare et de celle d'un médecin MPR, voire d'autres spécialistes (neurologue, neuro-chirurgien, cardiologue...). Il est donc essentiel dans ces cas de profiter de tous les « éclairages confraternels » qui s'avèrent nécessaires.
- **Décision collégiale :** elle s'inscrit dans la même logique que l'item précédent ou parfois l'analyse nécessite une concertation à plusieurs
- **Réseau :** il doit s'étoffer et permettre d'accompagner les médecins Handisub par les confrères les plus expérimentés sur les questions spécifiques récurrentes. Il doit également permettre d'interroger un spécialiste dès qu'une situation nécessite une analyse approfondie ou un bilan complémentaire.

## ● Médicaux

- Sport pour tous
- Evaluation du bénéfice escompté
- Evaluation des contre-indications
- Collaboration médico-technique
- Réseau de médecins référents
- Rôle pédagogique

bénéfices et points de vigilance  
prévention et suivi du plongeur  
sensibilisation des encadrants

### • Les enjeux médicaux :

#### • Rôle pédagogique :

- **Bénéfices et points de vigilance** : documenter et rappeler les deux aspects pour le développement de cette pratique sportive au bénéfice du plus grand nombre et la prévention des complications spécifiques
- **Prévention et suivi du patient** : la plupart des sportifs se prennent bien en charge, mais certains ont tendance à minimiser l'impact de possibles blessures pour ne pas être contraints dans leurs pratiques (escarres,...). D'autres au contraire ne font pas nécessairement le lien entre différentes atteintes ou ne mesurent pas toute la gravité des blessures et l'importance des traitements qu'il faudra mettre en œuvre. Le suivi est donc essentiel ainsi que le rappel permanent des bonnes conduites.
- **Sensibilisation des encadrants** : le rappel des bénéfices permet de remettre en perspective si nécessaire toute l'importance de la plongée pour la personne en situation de handicap. Il peut également être un élément fort de la motivation des jeunes encadrants qui s'impliquent dans la plongée Handisub. Les points de vigilance doivent être sans cesse rappelés pour éviter la prise de mauvaises habitudes et l'éventuelle survenue de complications ou d'incidents.


● 1ère consultation > 1an

anamnèse  
projet de plongeur  
examen clinique  
ECG, spirométrie, audiométrie  
IRM  
Certificat Handisub  
Prévention et objectifs

• 1ère consultation :

- **Anamnèse** : lésion congénitale ou acquise, ancienneté de la lésion, type complet ou incomplet, niveau lésionnel... ATCD de complications cutanées, urinaires, respiratoires, HRA, Traitement en cours, autres sports pratiqués ?
- **Projet du plongeur** : quel est le facteur déclenchant ? Quels contacts ? Découverte ou volonté de pratique régulière ? Le contexte diffère s'il s'agit d'une simple participation à une journée découverte ou d'une inscription à un club.
- **Examen clinique** : inspection cutanée (recherche de plaie, escarre ou épine irritative comme ongle incarné), examen cardio-respiratoire (contrôle tensionnel : normalement légère hypotension et bradycardie du fait de la dysautonomie), examen neuro succinct (recherche de spasticité, quantification de la douleur neuropathique et nociceptive), mobilisation pour vérifier les amplitudes, l'absence de douleur, palpation abdominale, examen ORL, Valsalva,
- **Examen complémentaire** : audiométrie, spiromètre, ECG, IRM (recherche de syringomyélie, intérêt de cliché comparatif en cas de suspicion ultérieure d'ADD)
- **Rédaction du certificat** en absence de contre-indication avec le libellé suivant : « ne présente pas ce jour de contre-indication à la pratique de la plongée sous-marine avec un encadrement spécialisé pour personne en situation de handicap » on peut spécifier également : « avec un encadrement adapté Handisub » mais peut être inutilement limitant pour un voyage à l'étranger ou le cursus ne serait pas reconnu. Il peut comporter des restrictions sur la durée de validité, sur l'espace et la durée de plongée à condition qu'elles soient motivées par des réalités scientifiques. En cas de doute un avis peut être demandé auprès d'un confrère spécialiste ou d'un médecin référent Handisub.
- **Prévention et objectifs** : cette consultation est le moment privilégié pour faire le point sur la santé du sportif, le réorienter si besoin vers son médecin généraliste ou un spécialiste si nécessaire. Rappeler les intérêts du sport, d'une bonne hygiène de vie, du matériel adapté et évoquer les facteurs de risques spécifiques. Le médecin peut décrire les objectifs standards d'une initiation à la plongée en rappelant que l'aspect technique incombe à l'encadrant. Recommandation si possible auprès d'un encadrant de confiance et échange d'information pour une prise en charge optimale et une pratique individualisée. En cas de lésion incomplète l'autonomie fonctionnelle accrue ne doit pas faire oublier l'absolue nécessité d'éviter toute sur-lésion et donc inciter à alerter sur toute modification clinique possible du territoire sous-lésionnel.






**● Certificat**

- 1ère consultation
- Consultation annuelle

ATCD de l'année en cours  
interrogatoire sur la pratique  
examen clinique  
ECG, spirométrie, audiométrie  
spirométrie  
Certificat Handisub

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016



- **1ère consultation**

- **Consultation annuelle :**

- **ATCD de l'année en cours :** discussion pour évoquer les éventuelles complications médicales survenues durant l'année (infection urinaire, escarres, immobilisations, antibiothérapies, hospitalisations...). Sensibilisation permanente aux gestes de prévention.
- **interrogatoire sur la pratique :** échange sur les entraînements effectués, les progrès réalisés et les difficultés persistantes, les bénéfices observés, les objectifs de formation, les éventuels voyages de plongée, la qualité de synergie avec les encadrants, l'intégration au sein du club et avec les autres plongeurs...
- **examen clinique :** vérifier l'absence de complications autres que celles éventuellement évoquées parmi les antécédents de l'année en cours. évaluation de la spasticité, examen cardio-respiratoire, TA, et ORL
- **Examens complémentaires :** ECG, spirométrie, audiométrie,
- **Certificat Handisub :** renouveler en absence de contre-indication. Possibilité de restriction dans le temps et l'espace de plongée. Possibilité de pause sportive en cas de contre-indication temporaire.

Le handicap  
est soluble dans l'eau

Plongée des blessés médullaires : points de vigilance et enjeux | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016





Plongée des blessés médullaires : enjeux et points de vigilance | Dr M. GUENIN  
Colloque de la Commission Médicale et de Prévention de la FFESSM | Paris le 03 décembre 2016

