

sensations habituelles de malaise accompagnant une absence de respiration.

Les différents résultats semblent confirmer l'hypothèse qu'une contraction volontaire du diaphragme permet de bloquer la respiration en maintenant la poitrine gonflée. Le moment où le sujet reprend sa respiration dépend des stimuli émis par le diaphragme contracté et qui parviennent au cerveau. Au cours

d'une contraction anormalement longue, le cerveau perçoit les signaux inhabituels émis par le diaphragme. Initialement un peu douloureux, ils finissent par devenir insupportables, déclenchant la reprise de la respiration. Le rythme automatique reprend ensuite le contrôle.

Cette hypothèse n'est pas totalement validée, mais elle concorde bien avec les observations de Fowler (selon lesquelles

toute interruption du blocage de la respiration par relâchement du diaphragme peut être suivie d'un autre blocage) et avec les effets du gonflement des poumons sur la durée de l'apnée. Le relâchement du diaphragme, même bref, et une légère expiration retarderaient la reprise de la respiration en atténuant les signaux des capteurs de distension dans le diaphragme.

Le signal de reprise : une fatigue excessive du diaphragme

L'augmentation de la concentration d'oxygène et la diminution de celle du dioxyde de carbone dans le sang accroîtraient également la durée de l'apnée, en réduisant les indicateurs biochimiques de fatigue du diaphragme. Tout ce qui empêche le cerveau de surveiller ces informations, par exemple le blocage des nerfs reliant le diaphragme au cerveau, augmente la durée. La tolérance du cerveau à ces signaux désagréables dépend également de l'humeur, de la motivation et de la capacité à penser à autre chose, par exemple à se concentrer sur des opérations de calcul mental pendant l'apnée.

Cette hypothèse est l'explication la plus simple s'appliquant aux diverses observations expérimentales. Certaines de ces expériences comprenaient un nombre trop faible de sujets pour être généralisées, mais elles ne rempliraient pas les critères éthiques en vigueur pour être reproduites aujourd'hui.

En outre, M. Noble et ses collègues avaient réalisé une autre expérience spectaculaire qui ne pourra être répétée pour des raisons éthiques. Ils ont triplé la durée de blocage de la respiration chez trois sujets sains en anesthésiant deux ensembles de nerfs crâniens (les nerfs vagues, qui vont du cerveau à la poitrine et à l'abdomen, et les nerfs glossopharyngiens, reliés à la glotte, au larynx et diverses régions de la gorge). Ces résultats ne semblent pas impliquer le diaphragme, sauf qu'il est possible que les nerfs vagues transmettent eux aussi des signaux provenant du diaphragme. Il paraît moins vraisemblable que le larynx contienne lui-même un muscle intervenant dans le blocage de la respiration ; en 1993, lorsque le chirurgien australien Martyn Mendelsohn, à Sydney, a examiné la glotte (à l'aide d'une caméra insérée dans une narine), il a constaté

LES SECRETS DES CHAMPIONS

Les personnes qui parviennent à retenir longtemps leur respiration mettent généralement en œuvre quatre principes clés détaillés ci-dessous. Mais retenir sa respiration pendant longtemps présente des risques : perte de connaissance, lésions cérébrales, voire décès. Ces expériences doivent toujours être pratiquées en présence d'une assistance médicale.

REMPLIR LES POUMONS AU MAXIMUM : certains athlètes gonflent leurs poumons au-delà du volume maximal normal grâce à une technique nommée pompage buccal, consistant à inspirer un maximum d'air en pratiquant des mouvements répétés de la mâchoire inférieure et de la gorge. Une pression trop élevée dans les poumons risque d'entraîner une embolie gazeuse, c'est-à-dire la formation de bulles d'air dans le sang, pouvant endommager certains vaisseaux sanguins, voire le cerveau.

RALENTIR SON MÉTABOLISME : au repos, le métabolisme humain consomme environ 0,36 litre d'oxygène par minute. En jeûnant pendant 12 heures et en restant allongé, mais éveillé, on peut abaisser la consommation d'oxygène à 0,27 litre par minute, ce qui permet de tenir plus longtemps sans inspirer (33 pour cent de plus).

INHALER DE L'OXYGÈNE PUR : l'air inspiré ne contient qu'environ 21 pour cent d'oxygène. Des études montrent que l'inhalation d'oxygène pur permet de doubler la durée passée sans respirer. Toutefois, certaines régions des poumons risquent de s'effondrer sur elles-mêmes quand tout l'oxygène qu'elles contenaient a été consommé.

L'HYPERVENTILATION : avant de retenir sa respiration, on peut respirer en accélérant volontairement le rythme respiratoire. Cela permet de réduire notablement la concentration de dioxyde de carbone dans le sang. Dans certaines études, cela a permis de doubler le temps durant lequel un sujet peut bloquer sa respiration. Toutefois, l'hyperventilation tend à accélérer la consommation d'oxygène par l'organisme et à augmenter la production de dioxyde de carbone. De plus, elle limite l'approvisionnement du cerveau en sang et inhibe certains réflexes qui protègent le cerveau contre un manque d'oxygène.

RECORDS*



1:00 minute

Temps pendant lequel une personne peut en général retenir sa respiration hors de l'eau

8:06 minutes

Martin Štěpánek
3 juillet 2001, Miami

9:04 minutes

Herbert Nitsch
13 décembre 2006, Hurghada, Égypte

10:12 minutes

Tom Sietas
7 juin 2008, Athènes, Grèce

11:35 minutes

Stéphane Mifsud
8 juin 2009, La Crau, France

*Réalisés immobile, visage tourné vers le bas, dans de l'eau, sans inhalation préalable d'oxygène pur

Le réseau neuronal respiratoire, ou oscillateur central, situé dans le tronc cérébral est capable d'assurer à lui seul l'activité respiratoire automatique. Mais certains comportements impliquent de retenir sa respiration : pour plonger en apnée, prolonger l'expiration pour faire vibrer ses cordes vocales et terminer une longue phrase, ou encore mobiliser ses muscles abdominaux. Le cortex déclenche alors une commande volontaire des muscles respiratoires qui prend le dessus sur l'oscillateur central.

Outre les expériences mentionnées par M. Parkes et quasi impossibles à reproduire aujourd'hui pour des raisons éthiques, les recherches conduites chez les rongeurs ont permis de décrire de nombreux réflexes permettant de stopper l'oscillateur respiratoire du tronc cérébral. Parmi les mécanismes les plus puissants capables de provoquer une apnée réflexe (non volontaire), citons la stimulation des récepteurs sensoriels de l'arrière gorge (cavités du pharynx et du larynx) ou des fibres nerveuses sensibles qui en sont issues, tels les nerfs laryngés supérieurs. Cette stimulation se produit naturellement lors de l'ingestion d'aliments ou de boissons. Ce déclenchement réflexe de l'apnée résulte d'une inhibition rapide et puissante de l'inspiration contrôlée par l'oscillateur du tronc cérébral, ce qui empêche d'avaler de travers. Ce réflexe de protection vise à préserver l'intégrité des poumons et à maintenir le libre passage de l'air dans la trachée et les

poumons. Ces mécanismes d'apnée réflexe entraînent une pause du réseau respiratoire, stoppant l'oscillation rythmique automatique. Cependant, l'oscillateur échappe rapidement à l'inhibition (en quelques dizaines de secondes), et la respiration redémarre.

Il est donc vraisemblable que l'apnée volontaire du plongeur s'accompagne d'une inhibition de l'oscillateur central exercée par le cortex pendant une courte durée. Par conséquent, le maintien de l'apnée nécessiterait une inhibition des neurones moteurs reliés aux muscles du thorax (diaphragme et muscles intercostaux), mais aussi des voies aériennes supérieures (langue, pharynx, larynx). Toutefois, cette hypothèse, qui reste à confirmer, implique que les neurones moteurs qui innervent le diaphragme reçoivent deux ordres contradictoires : la commande excitatrice normale venant de l'oscillateur central et une commande inhibitrice venant du cortex, qui doit être plus forte que la première.

Par ailleurs, il existe un modèle animal qui pourrait fournir un début d'explication à cette énigme neurophysiologique. Une lignée particulière de souris (C57BL/6J) fait des apnées spontanées et assez fréquentes (une à deux par minute). L'enregistrement des nerfs qui commandent la motricité du diaphragme et du larynx indique la présence d'une décharge nerveuse de faible amplitude pendant toute la durée de l'apnée à la fois pour le diaphragme et pour le larynx. Ces obser-

vations plaident en faveur d'une contraction du diaphragme et du larynx.

Un autre mécanisme utilisé par les plongeurs apnéistes souhaitant repousser leurs limites confirmerait que le larynx joue bien un rôle dans le contrôle volontaire de la respiration : déglutir prolonge le temps d'apnée. En effet, le cycle respiratoire est interrompu pendant la déglutition et la phase expiratoire suivant le mouvement de déglutition est prolongée de façon réflexe. Cette dernière phase s'accompagne d'une inhibition du larynx et du diaphragme, ce qui en limite la fatigue. Ces interactions nerveuses qui s'opèrent de façon réflexe dans le tronc cérébral permettraient au plongeur de gagner environ une seconde de temps d'apnée à chaque déglutition.

Enfin, soulignons un dernier facteur parmi tous ceux que le cerveau doit analyser pour « décider » la reprise de la respiration après une apnée. Notre modèle animal nous a permis de montrer qu'il existe dans le tronc cérébral des chimiorécepteurs sensibles au dioxyde de carbone et à l'oxygène. Ces neurones du noyau rétrotrapézoïde joueraient un rôle essentiel dans la stimulation de l'oscillateur central et donc dans la reprise de la respiration après un arrêt volontaire.

Christian Gestreau,

Centre de recherche en neurobiologie et neurophysiologie de Marseille

qu'elle restait souvent ouverte pendant toute la durée de l'apnée. Cette observation semble confirmer que le diaphragme joue un rôle clé.

Des applications en médecine

Une meilleure compréhension de la capacité à retenir sa respiration a des applications en médecine. Ainsi, les femmes atteintes d'un cancer du sein subissent des séances de radiothérapie, durant lesquelles il faut irradier la tumeur en administrant des doses létales, sans endommager les tissus sains aux alentours. Cette opération nécessite une exposition aux rayonnements de plusieurs minutes, pendant lesquelles la patiente doit essayer de maintenir sa poitrine immobile. Comme on ne peut pas lui demander de ne pas respirer pendant si longtemps, on administre généralement de courtes rafales de rayonnements entre chaque inspiration, au moment

où la poitrine bouge le moins. Avec plusieurs collègues oncologues et radiothérapeutes, nous avons commencé à tester s'il serait possible de prolonger suffisamment le blocage de la respiration pour améliorer la radiothérapie.

Mieux connaître les mécanismes impliqués dans le blocage de la respiration pourrait également être précieux pour les forces de l'ordre, lorsqu'elles maîtrisent des suspects. Chaque année partout dans le monde, certaines personnes ainsi maîtrisées meurent accidentellement. L'augmentation de la vitesse du métabolisme, la compression de la poitrine, la diminution de la concentration d'oxygène et l'augmentation de celle du dioxyde de carbone dans le sang, tous ces paramètres raccourcissent la durée du blocage de la respiration d'une personne. Ainsi, quelqu'un qui est en colère, qui s'est battu et qui est maintenu à terre par la force peut avoir besoin de reprendre sa respiration plus vite que quelqu'un qui est détendu.

En 2000, Andrew Cummin et son équipe de l'Hôpital Charing Cross ont étudié, chez huit sujets sains qui avaient fait un peu de vélo, les conséquences d'une expiration maximale, suivie d'un blocage de la respiration : les sujets n'ont pu rester sans respirer plus de 15 secondes, la quantité moyenne d'oxygène dans leur sang a fortement chuté et chez deux d'entre eux les battements cardiaques sont devenus irréguliers. Les chercheurs en ont conclu qu'un « arrêt de la respiration pendant de courtes périodes lors d'une immobilisation vigoureuse peut expliquer des morts subites ». Les autorités policières britanniques ont rédigé des directives précises quant à l'utilisation de l'immobilisation par la force.

Ce type d'investigations apporte également des informations sur la physiologie humaine. Par ailleurs, le diaphragme, muscle un peu négligé, devrait susciter un regain d'intérêt et nous livrer des informations... à couper le souffle! ■