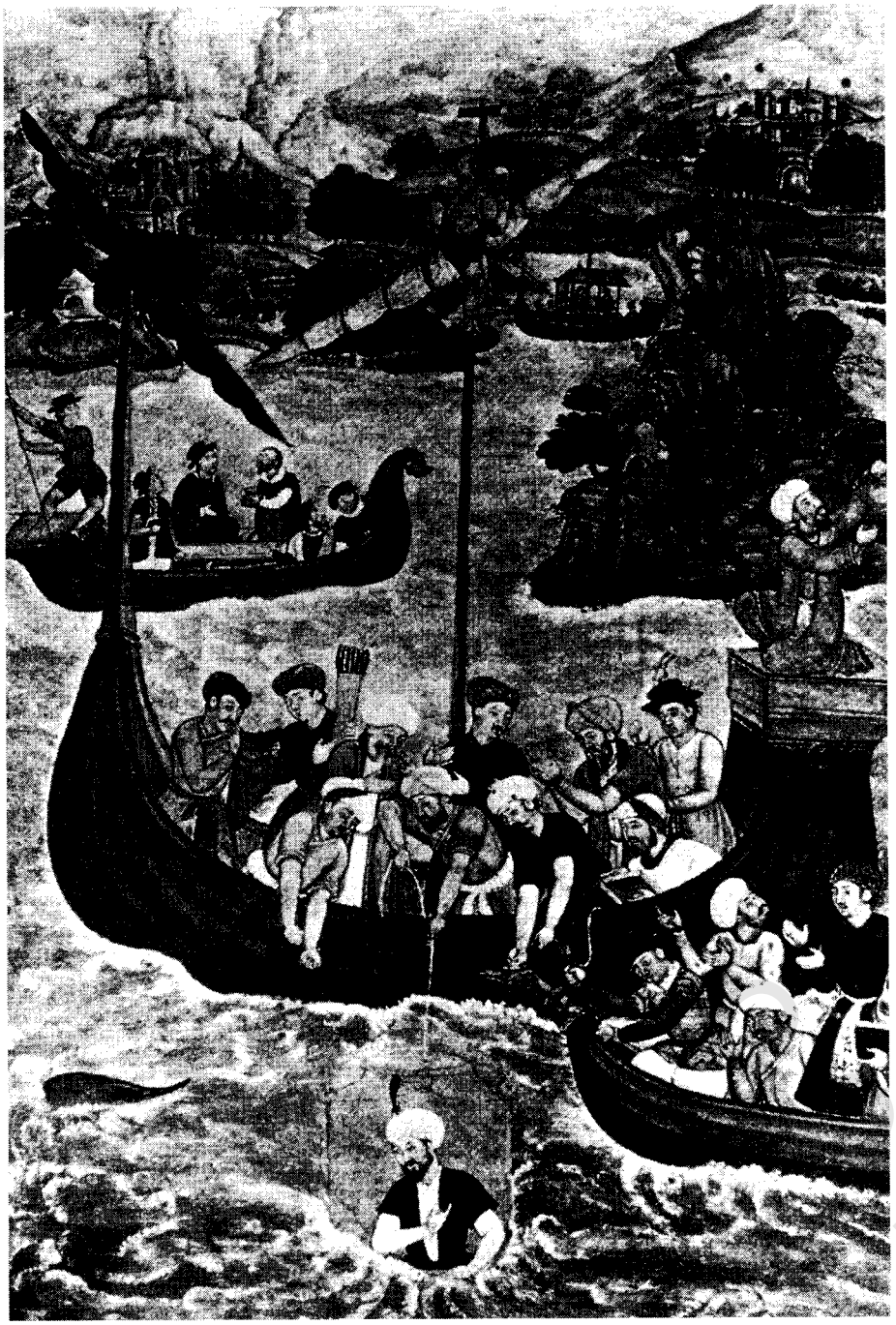
2

الحياة تحت الضغط

«أولئك الذين يمخرون بالسفن العباب
ويقومون بأعمال في المياه العظيمة هم الذين
يرون أعمال الإله وأعاجيبه في الأعماق»

المزمور 107

obeikandl.com



النزول الأسطوري للإسكندر الكبير في مضيق البوسفور في برميل زجاجي

تبدو الأرض من الفضاء كرة زرقاء قزحية اللون جميلة، معلقة في الظلام. فندرك، ونحن نرى كوكبنا بهذه الطريقة، أننا نعيش في عالم من الماء. أما ما يشغله الإنسان من البر فلا يشكِّل إلاَّ جزءاً صغيراً وهو تقريباً ربع مساحة سطح الأرض، ويتركز معظمه في أحد جانبيها. تؤثر المحيطات في حياتنا حتى لو لم تطأ شواطئها أقدامنا، ففي المحيطات تشكل الطقس وتولد الأعاصير، أما التغيرات في تيارات المحيط، وأكثرها شهرة «النينو»، فتبسط تأثيراتها على الكرة الأرضية كلها، محدثة قحطاً ومجاعة في بعض المناطق وأمطاراً جارفة في مناطق أخرى. إن إنكلترا التي أعيش فيها إنما هي بلاد خضراء سارة، طقسها لطيف وفصولها طويلة وذلك بسبب تيار الخليج الذي يدفئ سواحلها. مع ذلك، ورغم حجم المحيطات الشاسع الواسع ـ 260 مليون كم^2 من سطح الكوكب ـ ورغم أهميتها، فإننا ما نزال لا نعرف إلاَّ القليل عن المحيطات. كما تقتصر معظم معرفتنا على المسطحات الضحلة الواقعة على حواف القارات، بل حتى اليوم، ورغم أن الإنسان سار على سطح القمر، لا تزال أعمق مناطق البحار مجهولة لم يكتشفها أحد بعد.

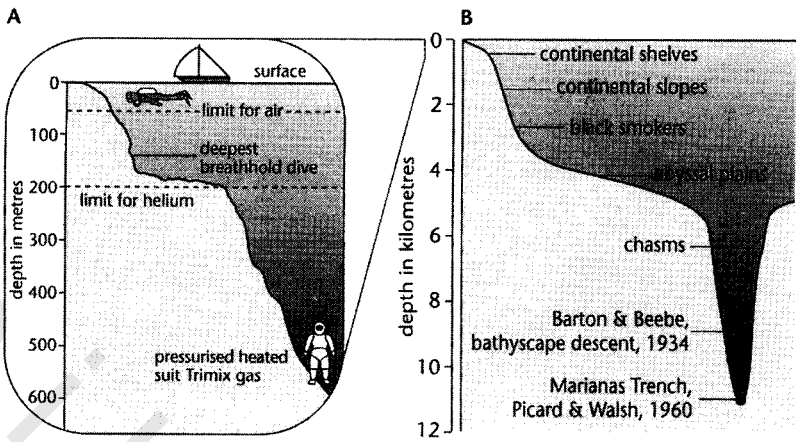
يقع خندق ماريانا في المحيط الهادي على عمق 10914 متراً (35800 قدم) وهو أعمق جزء في المحيط، بل هو بالواقع عميق إلى درجة يمكن

معها إلقاء جبل إيفرست فيه ويظل فوقه 2000 متر. إنه مكان قلما يزوره الإنسان بل حتى متوسط عمق البحر، أي نحو 4000 متر، فإنه أبعد من أن نصل إليه إلاّ بعملية غطس. مع ذلك، وربما بسبب تعذر الوصول إليها، فقد كانت الهاوية تسحر الناس دائماً. كما راجت قصص عن مخلوقات أسطورية تعيش بعيداً هناك تحت الأمواج في كثير من الثقافات. فهنا يقع قصر پوسيدون ومنزل حوريات البحر ومهاجع الكركن[1] (وحش بحري خرافي في الأسطورة الاسكندينافية) واليوياشان (وحش بحري ضخم في الأسطورة الفينيقية)، وقد لجأت جميعاً إلى هنا بعد أن هزمها الخالق. غير أن الحقيقة، كما يحدث في غالب الأحيان، ما تزال أكثر غرابة.

لقد أصيب عالم اليوم بالدهشة عندما اكتشف سنة 1938 سمكة كولاكانث حية، هي التي كانت معروفة في السابق من سجلات المستحاثات فقط. أما الحبار العملاق ذو الأذرع التي يصل طولها إلى 18 متراً، والذي لم يره أحد حياً قط، فقد بات مؤكداً أنه موجود، إذ انتشلت أجساد هذا الحبار من الأعماق كما وجدت خطومه في معد الحيتان، على أن الأكثر غرابة هي الجراثيم التي نأتي على ذكرها في الفصل السابع والتي تعيش حول المداخن السوداء للسلاسل الصخرية وسط المحيط بدرجات حرارة تزيد عن 100 درجة مئوية، وضغوط تتجاوز 1000 وحدة ضغط جوي.

ومع أن الناس لا يعيشون على الدوام تحت الماء، إلاّ أن بعضهم، كالغواصين ذوي الصلة بمنصات نفط بحر الشمال مثلاً، يمكن أن يقضوا شطراً هاماً من حياتهم هناك. كما أن هناك الكثير من الناس ممن يغوصون بطريقة ـ السكوبا (مزودين بأجهزة للغطس) أو يسبحون تحت الماء مزودين بأدوات للتنفس أو يغوصون عميقاً (مزودين بجهاز تنفس) في أيام العطل.

(1) الكراكن هو وحش بحري خرافي هائل الحجم يقال إنه يعيش قرب شواطئ النرويج. ولقد خلده ألفريد تينسون بقصيدة تحمل الاسم ذاته.



تشكل الرفوف الصخرية القارية التي تحيط بكتل اليابسة سهولاً خصيبة تنيرها الشمس، وتكون غنية بالحياة الحيوانية والنباتية. إنها تنحدر تدريجياً نزولاً إلى عمق 200 ـ 300 متر. بعدئذ ينكسر قاع البحر انكساراً أكثر حدة إلى أن يصل إلى سهول الهاوية، على عمق 3 ـ 6 كم (أو 2 ميلان) حيث يكون القاع مغطى بطين ناعم (راسب الطين). تنقطع هذه بشقوق عميقة كخندق ماريانا مثلاً في شمالي المحيط الهادي (وعمقه 10914 متراً) وخندق پورتوريكو في شمالي الأطلسي (وعمقه 8384 متراً).

ما هي المشكلات التي يواجهونها؟ وما العمق الذي يمكنهم الوصول إليه وتحمله بدنياً؟ هذا الفصل يلقي نظرة على الطريقة التي تم بها ربط معرفة الفيزيولوجية البشرية ربطاً وثيقاً بمقدرتنا المتزايدة على قضاء الوقت في الأعماق كما يتساءل، مرة أخرى، لماذا تبدو الحيوانات قادرة على فعل ذلك بقدر من الجهد أقل بكثير؟

فيزياء الضغط

يعاني الغواص، بغض النظر عن الافتقار للهواء، من صعوبة رئيسية تتمثل في ازدياد الضغط، ذلك أن الضغط يزداد طرداً مع العمق بسبب الثقل الضاغط للماء من الأعلى إلى الأسفل. ولما كان الماء أثقل بنحو 1300 مرة من الهواء على المساحة الشاقولية ذاتها، فإن اختلاف الضغط في الماء يكون أكبر بكثير مما هو في الهواء، إذ ينقص الضغط بمقدار الثلثين بين مستوى

سطح البحر وقمة إيڤرست (8848 متراً)، لكنه يزداد بمقدار 885 مرة حين ينزل من سطح البحر، وبالعمق نفسه. ثمة عوامل ثلاثة تحدد مقدار الضغط في أسفل عمود من السائل هي: ارتفاع العمود، كثافة السائل وقوة الجاذبية. ففي ماء البحر يزداد الضغط بمقدار وحدة ضغط جوي تقريباً كلما نزلنا عشرة أمتار (يقيس الغواصون الضغط عادة بوحدات الضغط الجوي التي تعرف «بالبار»)، فعلى عمق 30 متراً يكون الضغط «4» بار لأن مقدار الضغط على السطح هو «1» بار وتحت الماء «3» بار.

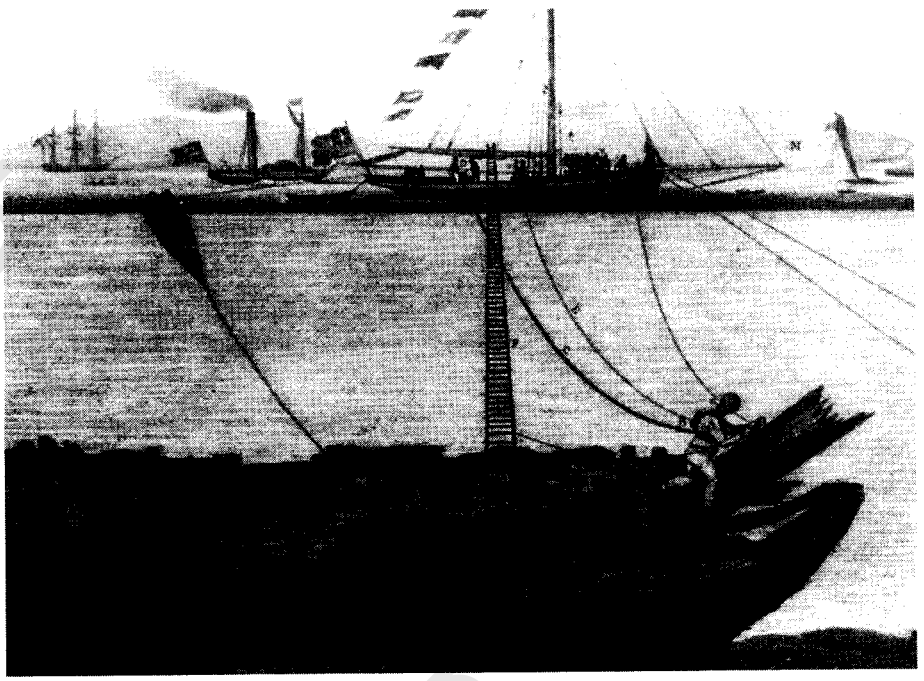
يتغير حجم «البار» بتغير الضغط. ولقد وصف روبرت بويل (1627 ـ 1691) هذه الظاهرة طبقاً لقانون شهير صاغه في مختبره في أوكسفورد الذي لا يبعد كثيراً عن مختبري. إذ تبين أنه بدرجة حرارية معينة، يكون حاصل ضرب الضغط بالحجم ثابتاً دائماً، أي بعبارة أخرى: الضغط × الحجم = ثابت. وهكذا على عمق 30 متراً، حيث الضغط 4 بار، ينقص حجم الغاز إلى ربع حجمه عن السطح. وكما سنرى لاحقاً، فإن انضغاط الغاز هذا في العمق، وتمدده عند تحرره من الضغط لدى الصعود إلى السطح، له دلالات عميقة بالنسبة إلى الغواص.

الغواصون الأوائل

يعد الغوص من أجل الغذاء، الإنقاذ والأغراض العسكرية، تقليداً قديماً. وإحدى أقدم الإشارات إلى الغوص موجودة في الإلياذة، حيث يقارن المحارب الإغريقي «پاتروكليس»، وعلى نحو ساخر، بين الطريقة التي يسقط بها سائق هكتور من مركبته عندما يصاب بحجرٍ هاوٍ وبين رجل يغوص طلباً للمحار. كما تشير كتابات إغريقية أخرى إلى غواصي الاسفنج واستخدامهم للأثقال الرصاصية والحبال كي يعجلوا في صعودهم وهبوطهم. أما الحلى المزخرفة بأم اللآلئ فتدل على أن الناس كانوا يجمعون المحار في بلاد ما بين النهرين منذ سنة 4500 ق.م. وكانت النساء المحترفات يغصن طلباً

للمحار والطحالب واللآلئ في اليابان وكوريا على مدى ألفي سنة على الأقل لأنهن مذكورات في كتاب «جيشي ـ واجن ـ دين» الذي يعتقد أنه كُتب نحو 250 ق.م. كذلك من المعروف أن الإغريق استخدموا منذ تاريخ مبكر يعود إلى 400 ـ 300 ق.م. الغواصين في الحروب البحرية الهجومية، وأشهر أولئك الغواصين هو سيلياس الذي، كما يقول هيرودوت، كلفه الفرس باستعادة كنز من سفن غارقة لكنه فرَّ إلى الإغريق وساعدهم في كسب المعركة ضد الفرس بعد أن زودهم بمعلومات قيِّمة عن أسطول العدو وبعد قطعه حبال سفن العدو تحت الماء.

تستخدم عناكب الماء أجراس الغوص، التي تصنع من شبكة من خيوط حرير تثبت بواسطة حبال مشدودة إلى جذوع نبات تحت الماء. إنها تأتي بالهواء من السطح لتموين الجرس وذلك باحتجاز فقاعة صغيرة بين زوجين من قوائمها الخلفية: وقد يستغرق الأمر عدة رحلات قبل أن تتمكن من توفير مؤونتها من الهواء بشكل كامل. إن عنكبوت الماء صياد يختفي في قبته الحرير الملأى بالهواء وقوائمه الأمامية تمتد داخل الماء، بانتظار أن ينقض على أي فريسة تمر به مطمئنة لا تشك بشيء.



رسم معاصر للسيد دين، مهندس الغواصة ذات النظام الذاتي، وهو يعمل في حطام السفينة «جورج الملكية» (ذات الـ 108 مدافع) التي غرقت قرب جزيرة وايت في إنكلترا سنة 1782. إنه «مجهز بجهاز الغوص المخترع حديثاً» وهو منهمك في انتزاع أحد أطواق الدقل، في آب سنة 1832.

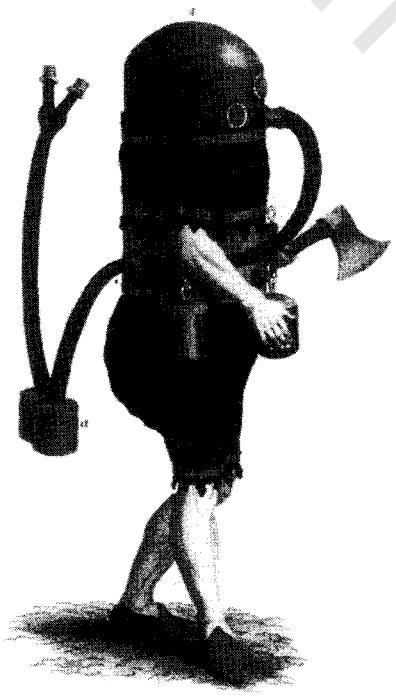
كذلك، استخدمت أجراس الغطس وأوعية الغوص محكمة الإغلاق منذ القديم القديم، ففي القرن السادس عشر، تم اختراع جرس الغوص، بشكله البسيط، لكنه لم يستخدم حقيقة إلاّ بعد أن اخترع الألماني أوتو ڤون غيريك سنة 1654 المضخة اليدوية، فأصبح بالإمكان إعادة ملء الخزان وأضحى بالإمكان عملياً استخدام أجراس الغوص. أما المبدأ الذي يعمل وفقه جرس الغوص فيتضح بسهولة إذا أخذت مرطبان حلوى وقلبته في حوض ماء. فوجود الهواء، كما سنلاحظ، يمنع دخول الماء، على أن إحدى المسلمات التي تواجه هذا الشكل البسيط من أجراس الغوص هي أن عليك إبقاءه عمودياً تماماً وإلاّ خرج الهواء من حافة الجرس ودخل بدلاً من الماء (حاول إمالة المرطبان). ثم هناك صعوبة أخرى وهي أن حجم الهواء

الذي يحتويه الجرس ينقص عندما يزداد الضغط، وتبعاً لقانون بويل: على عمق عشرة أمتار، مثلاً، ينقص الهواء إلى نصف حجمه الأصلي، لذا من الضروري تزويد جرس الغوص بالهواء بواسطة مضخة يدوية من السطح.

أما بذلات الغوص فقد تطورت لأول مرة من أجل الإنقاذ البحري. بين أوائل الرواد الأخوان جون وشارلز دين اللذان بدآ العمل كمهندسي غواصات في منطقة بورتسماوث في إنكلترا نحو سنة 1832. ولقد حدث ذلك بطريقة خارقة للعادة تماماً، إذ خطرت لهما، أثناء محاولتهما إنقاذ مجموعة من الخيول من حظيرة تحترق، فكرة ذكية وهي استخدام خوذة من بذلة درع مزودة بالهواء عن طريق خرطوم ومضخة يدوية كجهاز تنفس. نجحت العملية نجاحاً كبيراً ونالا براءة اختراع جهاز إطفاء. وعلى الفور أدركا أن ذلك الجهاز يمكن أن يكون ملائماً للغوص أيضاً. وبحلول سنة 1828 أنجزا جهازاً للغوص مؤلفاً من خوذة مفتوحة ثقيلة تتوازن على كتفي الغواص وتزود بهواء مضغوط عبر خرطوم جلدي يتصل بمضخة على متن سفينة الدعم. تعمل الخوذة، إذا افترضنا أن الرأس كان منتصباً، كجرس غوص قابل للحمل ويمنع الماء من الدخول إلى أسفل الخوذة بفضل الهواء المستمد من الأعلى. بعد عدد من السنوات، استخدم هذا الجهاز بنجاح للغوص إلى أعماق تصل حتى عشرة أمتار ولفترات معينة تصل إلى 30 دقيقة. لكن كان له عيب واضح وهو أنه إذا انقلب الغواص امتلأت خوذته ماء وتعرض للغرق. هذه المشكلة حلت باستخدام بذلة غوص جديدة محكمة الإغلاق، الخوذة فيها مثبتة بإحكام على بذلة مضادة للماء، بحيث يتم ملء البذلة والخوذة بالهواء من السطح. هنا برزت مشكلة جديدة فالغواص إذا نزل بسرعة كبيرة في الماء أو على نحو مفاجئ، قد لا يتمكن مساعده من زيادة ضغط الهواء إلى ما يوازي ضغط الماء المحيط بالسرعة الكافية، وبالتالي فإن حجم الهواء داخل البذلة يتناقص (نذكر أن الضغط × الحجم = ثابت). صحيح أن رأس الغواص محمي بخوذته النحاسية لكن ضغط الماء الخارجي

يضغط على البذلة من حوله إلى درجة تعصره عصراً مؤلماً وتضغط أحياناً على صدره ضغطاً شديداً مما يلحق الأذى برئتيه، وكثيراً ما يشعر الغواص وكأن جسمه كله حشر بقوة في خوذته، وفي أسوأ الحالات، أي عندما يتعطل الصمام أحادي الاتجاه الواقع بين خرطوم الهواء وبذلة الغواص بسبب الضغط، فإن دمه وكثيراً من لحمه يصعدان في أنبوبة الخرطوم، وكل ما يبقى في البذلة إنما هو بعض من العظام ونتف من اللحم.

تحدد كمية الهواء في البذلة قابلية طفو الغواص، لذا يمكن إنقاصها قليلاً كي تساعده في النزول أو زيادتها كي تساعده في الصعود، وهي العملية التي ينظمها الغواص، إذ يعدل الهواء الذي يزود به بمعدل ثابت عادة، فيغير نسبته التي تتسرب خلال الصمام أحادي الاتجاه والواقع على جانب الخوذة. وفي حين يسبب وجود هواء قليل جداً في البذلة «عصر» الغواص، فإن الكثير من الهواء يعد مشكلة أيضاً.



نموذج من نماذج بذلات الغوص القديمة الأكثر غرابة.

obeikandl.com

ذلك أنه إذا ما امتلأت رجلا البذلة بالهواء، كما يحدث أحياناً عندما يتحول الغواص زاحفاً على القاع، فإنه قد يجد نفسه فجأة وقد انقلب رأساً على عقب. في هذه الوضعية، لا يمكن للهواء أن يخرج بسهولة، لذا يندفع الغواص، دون حول أو طول، إلى السطح. مع ذلك، يمكن تفادي هذه الصعوبات إذا كان الغواص خبيراً والفريق الداعم خبيراً أيضاً. وبصورة متزايدة، فإن الغواصين مطلوبون ليس من أجل العمليات العسكرية وعمليات الإنقاذ فحسب، بل أيضاً من أجل أعمال البناء.

في منتصف القرن التاسع عشر، بشَّر اختراع القاطرة البخارية ببزوغ فجر جديد هو عصر السكك الحديد العظيم. إذ بدأ المشهد العام يتبدل مع مد الخطوط الحديد من أدنى البلاد إلى أقصاها، كما توسعت المدن القائمة بنسب لم يتصورها أحد سابقاً. كذلك بنيت مدن جديدة أيضاً. وفجأة أصبح بالإمكان انتقال الأشخاص والبضائع من مكان إلى آخر بسرعة كبيرة وكميات كبيرة أيضاً. ولا بد أن الزيادة المفاجئة في سهولة المواصلات بدت بالنسبة لأُناس ذلك العصر، أشبه بنمو الإنترنت هذه الأيام. إذ سرعان ما انتشر ذلك الذي بدأ في بريطانية إلى كل مكان من أوروبا الشمالية. ثم ما إن جاءت سنة 1850 حتى كانت قد أقيمت شبكة خطوط حديد تصل بين المدن الرئيسية في فرنسا، ألمانيا، بلجيكا، وبريطانيا. لقد كان المهندسون رجالاً أفذاذاً، أقاموا الأنفاق ضمن الجبال وتحت الأنهار كما مدوا جسوراً عبر الأنهار الكبيرة والمصبات لكن خلال إقامتهم لتلك الجسور والأنفاق وجدوا أن عمالهم يصابون بمرض عرف على الفور باسم شلل الغواص أو مرض القيسون.

فالقيسون، الذي أدخل نحو سنة 1840، كان يستخدم في إقامة الأساسات الخاصة بركائز الجسور التي تقام فوق الأنهار، والقيسون هو أنبوب فولاذي مزدوج الجدار مفتوح عند القاعدة، يشكل في النهاية جزءاً من ركيزة الجسر ذاتها. يؤمن الأنبوب الداخلي حرية الحركة للعمال والمواد

ويعبأ بالهواء المضغوط للحيلولة دون دخول الماء بينما تعبأ الجدران الخارجية المتحدة المركز شيئاً فشيئاً بالإسمنت ومن الأعلى فيما يغوص القيسون في سرير النهر. في الحالات التي يكون العمل فيها أبسط، كما هو الحال في سرير نهر أو قاع مرفأ، تستخدم أجراس الغطس التقليدية، إذ تدلى إلى القاع والعمال جالسون داخلها، ونظراً لأنهم يزودون بالهواء المضغوط، يكون بإمكانهم العمل في شروط جافة. أما إذا احتاجوا للتحرك بحرية تحت الماء هنا وهناك، فإنه يستعان بغواصين متخصصين، كما يضخ الهواء المضغوط لمنع تسرب الماء عبر الصحون المنفردة إلى النفق أثناء البناء. وهكذا كان كثير من عمال بناء الجسور وشق الأنفاق يعملون في جو من الهواء المضغوط فترات من الزمن تصل إلى ثماني ساعات يومياً.

لقد لوحظ عند البدء أن عمال القيسون والأنفاق غالباً ما يصابون بالمرض إثر عودتهم مباشرة إلى الضغط الجوي الطبيعي. وبصورة عامة، كانوا يشكون من حكة جلدية، لكن على نحو أقل كانوا يعانون من آلام حادة في الأطراف تمنعهم من بسط مفاصلهم، لهذا أطلق العمال على نوبات كهذه اسم «الالتواء». لم يكن مرض «الالتواء» يحدث قط والعامل تحت الضغط عملياً بل يحدث فقط إثر العودة إلى مستويات الضغط الجوي العادي، طبقاً لما أشار إليه كل من پول وواتيل في وصفهما الطبي الأول لمرض القيسون «لا يصاب به المرء إلاَّ عندما يخرج»[2]. أما خطر النوبة وشدة الأعراض فإنهما يزدادان بازدياد الضغط ومدة التعرض له. لقد عانى الغواصون، الذين كانوا باستمرار عرضة لضغوط أكبر، أكثر مما عانى عمال القيسون. وفي الحالات الأسوأ، كان الضحية، لدى عودته إلى السطح، يشعر بالإغماء، ثم سرعان ما يشعر بفقدان الوعي بعد ذلك ويموت. وكل ذلك خلال بضع دقائق.

(2) أنت فقط تدفع حين تغادر.

فقاعات في الدم

لقد حدَّد العالم الفرنسي پول بيرت سنة 1878 سبب هذه التوترات. إذ أوضح أنها تحدث حين يتعرض الغواص أو عامل القيسون الذي يتنفس هواءً مضغوطاً لانخفاض سريع جداً في الضغط، ذلك أن الغازات التي تكون قد انحلت في الدم والنسيج تتحرر على شكل فقاعات محدثة انسدادات في الأوعية الدموية. فالغاز الذي يتنفسه المرء تحت الضغط ينحل أكثره في سوائل الجسم، بحيث يضاف كثير من الآزوت، مثلاً، لكل عشرة أمتار نزولاً (والعملية تستغرق وقتاً، انظر لاحقاً). على أن وجود الغاز الإضافي في سوائل الجسم وأنسجته ليس مشكلة طالما ظل على شكل محلول. المشكلة هي في سرعة انطلاق الغاز عند زوال الضغط. إذ عندما يصعد الغواص ببطء، فإن رئتيه تطرحان الغاز الإضافي المنحل في دمه بكل بساطة دون أن يحدث له أي مضاعفات، لكن إذا ما كان صعوده سريعاً جداً، فإن السرعة التي يمكن للغاز المنحل في دمه أن يطرح عبر رئتيه ستكون مفرطة إلى درجة يصبح معها النسج وكذلك الدم مشبعاً فوق العادة بالغاز. وعند نقطة معينة يخرج هذا الغاز من حالة الانحلال وعلى نحو مفاجئ على شكل فقاعات[3].

هذه الظاهرة يعرفها كل من فتح زجاجة ماء فوار إذ ما إن يزول الضغط حتى يتمدد الغاز في فورة من فقاعات. وتغدو الحال أكثر دراماتيكية بكثير إذا ما فتحت السدادة فجأة (زوال ضغط سريع)، مما لو سمحت للغاز بالتسرب على نحو تدريجي جداً وذلك بفتح الغطاء على مهل وببطء شديد. إن الغاز المنحل في المياه المعدنية هو ثاني أوكسيد الفحم. لكن بالنسبة إلى الغواص الذي تنفس هواءً مضغوطاً، يكون الآزوت هو المسؤول بصورة

(3) من أوائل من وصف هذه الظاهرة روبرت بويل الذي لاحظ سنة 1670 كيف تشكلت فقاعة في عين ثعبان من نوع الڤايپر لدى إزالة الضغط.

رئيسية عن تشكل الفقاعات، وذلك لأن ثاني أوكسيد الفحم يكون منخفض التركيز جداً والأنسجة تستهلك الأوكسجين بسرعة.

لماذا لا تصاب حيتان العنبر بحالات الالتواء؟

تغوص كثير من الثدييات البحرية إلى أعماق أكثر بكثير مما يمكن للكائنات البشرية أن تتحمل. فذات مرة وجد صوت عنبر على عمق 1134 متراً وقد علق فكه السفلي بسلك اتصالات عابر للمحيط. والفقمة ـ الفيلة أكثر شهرة حتى كغواصة إذ سجلت أعمق غوصة لها في نزولها إلى 1570 متراً حيث الضغط أكبر بـ 150 مرة من الضغط على سطح الماء. وهو أمر يتجاوز كثيراً حدود احتمال الإنسان. والأكثر من ذلك، يمكن للفقم أن يغوص المرة تلو المرة دون أن يكون لذلك أثر سيِّئ عليه. والحقيقة يمكن أن تدعى الفقمة ـ الفيلة، وعلى نحو أوضح، حيواناً يصعد إلى السطح أكثر مما يغوص نظراً لأنها تقضي أكثر من 90 بالمئة من وقتها في البحر تحت سطح الماء، ولقد روقبت إحدى هذه الفقمات ذات مرة فتبين أنها لم تقض أكثر من ست دقائق فوق سطح الماء خلال أربعين يوماً في البحر. إذن، لماذا لا تصاب حيتان العنبر والفقم بالالتواءات؟

الجواب هو أن الثدييات البحرية طورت أساليب لتخفيض كمية الآزوت الذي ينحل في أنسجتها. وخلافاً للبشر، فإن الفقم والحيتان تزفر ما لديها من أنفاس قبل أن تغوص، الأمر الذي يحد من كمية الهواء التي تحملها معها، وعلى عمق نحو خمسين متراً، تغدو الجيوب الهوائية في الرئتين منقطعة تماماً. لذلك لا يمكن لمزيد من الغاز أن يدخل مجرى الدم. إن الضغط في الأعماق يجعل رئتي الحوت تنطبقان تماماً بحيث تطردان كل ما هناك من هواء في المجاري التنفسية العليا التي تكون مدعومة بأقراص دائرية غضروفية ولذلك تكون أقل قابلية للانضغاط. بل حتى تدفق الدم إلى الرئتين ينخفض بشكل ملحوظ أيضاً. تضمن آليات التكيف هذه عدم دخول أي غاز من رئتي الحوت إلى مجرى الدم خلال الغوص، الأمر الذي يعني أن قليلاً من الآزوت الزائد ينحل في سوائل الجسم. وبذلك لا يكون هناك أي خطر لتشكل فقاعات عندما يصعد الحيوان إلى السطح ويزول عنه الضغط.

تتسبب الفقاعات في الدم بمشكلات خطيرة، إذ ما إن تتشكل حتى يكبر حجمها مع انتشار مزيد من الغاز داخلها. وبالتالي، يمكن أن تصبح

كبيرة إلى درجة تكفي لسد الأوعية الدموية الدقيقة مانعة تدفق الدم إلى الأنسجة، مؤدية إلى نقص الأوكسجين والمواد المغذية، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى موت الخلية. كذلك يمكن لفقاعات الغاز، إذا وجدت في الدم، أن تنشط الخلايا الرئوية المعدة أصلاً للاستجابة للهواء، كالصفيحات، تلك التي مهمتها تخثير الدم، مثلاً. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تتلف الأنسجة إذا ما تشكلت فقاعات الغاز داخلها، نظراً لأن هذا يمكن أن يشوه أو يباعد ما بين الخلايا وبالتالي يعطل وظيفتها.

لقد ابتكر الغواصون أسماء خاصة لوصف مختلف الأعراض التي تتوافق مع تشكل الفقاعات في الأنسجة المختلفة. «فالخناق» chokes كلمة تدل على الصعوبة في التنفس التي يمر بها المرء حين تقف فقاعات كبيرة في الأوعية الشعرية الرئوية، وهو ما يخفض مساحة السطح المتاحة لتبادل الغازات ويؤدي إلى الشعور بانقطاع الأنفاس. و«الدوار» staggers ينجم عن فقاعات في الجهاز الدهليزي للأذن الداخلية التي هي معنية عادة بحفظ التوازن. أما الفقاعات في الركب ومفاصل الكتف، وهي المواضع الأكثر عرضة لمرض زوال الضغط، فتؤدي إلى «الالتواء»، وهي تتشكل في العمود الفقري. إن الفقاعات تسبب ما يشبه الإبر والدباسيس أو الشلل وفي الحالات الخطيرة يمكن أن تؤدي إلى تلف الألياف العصبية. في حين أن الالتواءات الدماغية ـ الفقاعات في الدماغ ـ تكون مصحوبة باضطرابات في البصر والعلاج وقد تكون قاتلة.

ثمة قصة، ربما يشك بصحتها، مفادها أنه حين شق أحد الأنفاق الأولى تحت نهر «التايمز»، قرر المشرفون أن يحتفلوا ببلوغ العلامة المنصَّفة بإقامة حفل غداء في النفق. ولأنه لم يكن قد اكتمل بعد، فإن النفق كان ما يزال ممتلئاً بالهواء المضغوط، مما اضطر معه الضيوف لأن يتناولوا غداءهم «تحت الضغط». ومما زاد في غمهم، فإن زجاجة الماء الفوار لم «تفرقع» حين فتحوها، ولم يكن هناك أي من الفقاعات المعهودة، ذلك أن الضغط

في زجاجة الماء الفوار كان مساوياً للضغط في النفق. مع ذلك، ورغم انعدام نكهتها فإنهم جميعاً شربوا المياه الفوارة. لكن، فيما بعد، لقبوا «بالفقاعيين»، إذ أنهم حين عادوا وضيوفهم إلى سطح الأرض، حيث الضغط الجوي العادي، بدأت المياه الفوارة، التي شربوها، تفور مطلقة الفقاعات من أفواههم.

أهمية الصعود البطيء

سرعان ما اكتشف عمال الهواء المضغوط بأنفسهم أن الأعراض التي تصيبهم يمكن الخلاص منها بالعودة إلى الضغط الجوي الأعلى الذي كانوا يعملون فيه، وهو ما جعل السير إيرنست موير يقترح غرفة إعادة ضغط يمكن استخدامها لمعالجة مرض القيسون. وقد استخدمت أول مرة نحو 1890 أثناء شق نفق بلاكويل تحت نهر التايمز، وكذلك في نفق نهر إيست في نيويورك، وعلى نحو برهنت فيه عن نجاح باهر. لكن غالباً ما استغرق الأمر ساعات كثيرة لإزالة الضغط عن شخص يعاني من الالتواء. وكان من الواضح أن ثمة حاجة ماسة لطريقة ما تمنع النوبة في المقام الأول. ونتيجة لعمل پول بيرت، بات الحل واضحاً: على الغواص أو عامل القيسون أن يصعد (أو يزيل الضغط) ببطء كافٍ بحيث يتيح للرئتين أن تطردا الغاز المنحل. الصعوبة الوحيدة كانت تكمن في تحديد المعدل الآمن لسرعة زوال الضغط. سنة 1904، باتت المشكلة حادة إلى درجة أن البحرية البريطانية طلبت من البروفيسور جون سكوت هالدين من جامعة اكسفورد، وهو عالم نفساني اشتهر سابقاً بعمله في قضايا التنفس (انظر الفصل الأول)، أن يعمل على حلها.

لقد قام هالدين، جنباً إلى جنب مع الملازم رامانت والپروفيسور بويكوت، بسلسلة من التجارب في معهد ليستر في لندن، مستخدمين غرفة فولاذية كبيرة يمكن منها التحكم بالضغط بسهولة. وبإجرائهم التجارب على

الماعز، وجدوا أنه لا توجد آثار سيئة بإزالة الضغط بصورة مفاجئة عن هذا الحيوان من 4 إلى نحو 2,6 وحدتي ضغط. لكن إن هم خفضوا الضغط بالمقدار المطلق نفسه، من 4,4 إلى 1 ضغط جوي (أي مستوى سطح البحر) كانت النتيجة مختلفة للغاية. إذ أن 20 بالمئة فقط من الماعز لم تتأثر، أما البقية فقد عانت كلها من «الالتواء». بل إن بعضها كانت إصابته حادة للغاية ثم نفق. بعد سلسلة من تجارب المحاولة والخطأ، اكتشفوا أن الأسلم هو تنصيف الضغط المطلق بسرعة ولكن، بعد ذلك، ينبغي تخفيض الضغط بصورة أبطأ بكثير. وبذلك، فإن العمق الذي يمكن للغواص أن لا يحتاج لإزالة ضغط معه يصل إلى حدود 10 أمتار (2 وحدتي ضغط جوي). وطبقاً للتقليد المتّبع في حينه لعلماء النفس التجريبيين، فإن أعضاء الفريق كرروا التجارب على أنفسهم. وكانت لحسن الحظ دون أثر ضار. بعدئذ أجريت المراحل الأخيرة من التجارب في البحر قريباً من جزيرة بوت على شاطئ سكوتلاندا الغربي، وعلى متن السفينة الملكية سپانكر. لقد جعلها هالدين عطلة عائلية وسمح لابنه جاك، ابن الثالثة عشرة، الذي طوَّر فيما بعد اهتمامه الشديد بقضايا التنفس، أن يغطس نحو 12 متراً[4].

لقد تأكد هالدين أن المعدل الذي ينحل فيه الآزوت في الجسم يختلف من نسج إلى آخر. فالخلايا الدهنية، مثلاً، لها قدرة تخزين عالية في حين أن خلايا الدماغ تختزن القليل من الآزوت (وبصورة اعتراضية، هذا يعني أن النساء والأشخاص البدينين يتطلبون لإزالة الضغط زمناً أطول مما يتطلبه الرجل العادي). زيادة على ذلك، فإن المعدل الذي يتراكم فيه الآزوت

(4) فيما بعد، روى هالدين أن تلك التجربة كانت أبعد من أن تكون مريحة، فبذلة غوص كانت تنتهي عند الرسغين بأكمام مطاطية للحيلولة دون دخول الماء. وبسبب حجمه الصغير فإن الأكمام سربت الماء بحيث غمر بذلة الغوص من الداخل حتى العنق. لكن لحسن الحظ أن الهواء كان يضخ إليه لمنع الماء من الارتفاع أكثر على الرغم من أنه أصيب ببرد شديد بالحقيقة.

يتوقف على كمية الدم التي تزودت بها الأنسجة ويكون أكثر بطئاً في الأنسجة ذات معدلات الإشباع البطيئة. نتيجة لذلك، فإن إشباع جسم الإنسان بالآزوت تستغرق ما ينوف على خمس ساعات. وعند إزالة الضغط، ينبغي إزالة الآزوت المنحل عن طريق التزويد بالدم. والسرعة التي يمكن بها إزالته بصورة سليمة تتوقف على قدرة التخزين ومعدل الإشباع لمختلف الأنسجة، ولنقل بصراحة إنه يستغرق من الوقت ما يماثل الوقت الذي تستغرقه للتراكم. هذا يعني أن أفضل طريقة هي أن يغوص الغواص بسرعة، يقضي وقتاً محدوداً في الأسفل ثم يصعد ببطء إلى السطح وعلى مراحل.

إن الغطس السريع الذي أوصى به هالدين وزملاؤه ناقضته الممارسات السابقة، لكنه كوّن نوعاً من الإحساس السيكولوجي السليم، نظراً لأنه كلما قصرت المدة المقضية في الأعماق، كان الغاز المنحل في الدم أقل، كذلك أوصوا بأن الجزء الأول من الصعود يجب أن يكون سريعاً، بحيث يجتاز الغواص فيه نصف المسافة التي غطسها، وهو المستوى الذي عرفوا، بالتجربة، أنه آمن تماماً وسليم. بعد ذلك على الغواص أن يصعد ببطء، وأن يتوقف فترة محددة في مستويات مختلفة، بحيث تتاح فترة تدريجية لإزالة الضغط. السبب في إزالة الضغط التدريجية هذه هو أن الزيادة في حجم الغاز هي نفسها، بغض النظر عما إذا كان الضغط ينخفض من 8 إلى 4 وحدات ضغط أم من 2 إلى واحد (تذكر القاعدة: الضغط × الحجم = ثابت، وبذلك فإن تنصيف الضغط س يضاعف الحجم). والفائدة العظيمة لما توصلوا إليه هو أنه بات بإمكان الغواص أن يصعد بسرعة، دون أذى، إلى أن ينزل الضغط إلى النصف، مما يسمح له أن يقضي وقتاً أطول في المياه الأقل عمقاً من أجل إزالة الضغط. وكما لاحظ هالدين نفسه: «إزالة ضغط منتظمة موحدة... لا ضرورة لأن تكون بطيئة في البداية وسريعة وفي النهاية، وهو أمر خطر عادة».

بمجيء سنة 1908، بات هالدين وفريقه قادرين على تزويد الأسطول

الملكي بمجموعة تفصيلية من جداول إزالة الضغط التي تحدد تماماً كم من الزمن على الغواص أن يتوقف عند كل عمق خلال إزالة الضغط، إثر غوصات ذات أعماق وأزمنة مختلفة. بعد إدخال هذه الجداول، انخفضت حوادث «الالتواءات» انخفاضاً سريعاً ولم تعد تظهر إلاّ عندما تقرر الغواص ـ لأي سبب من الأسباب ـ عدم الالتزام بخطوط الإرشاد ويصعد بسرعة أكبر. إذ لم يقتنع كل الناس مباشرة بفوائد عمل هالدين. وكما علق لاحقاً، بعد نحو عشر سنوات: «لسوء الحظ أنه من غير الممكن إدخال إزالة الضغط التدريجي في بعض البلدان بحجة أن هناك أنظمة قديمة متوارثة تقضي بإزالة الضغط بمعدل ثابت أو حتى بإزالته في البدء ببطء كبير ثم زيادة سرعته عند الاقتراب من الضغط الجوي العادي. لكن لحسن الحظ، بدأت نتائج أعمال هالدين تبحث عن نفسها بنفسها، إلى أن بات أسلوبه هو المستخدم الآن بصورة منتظمة. مع ذلك، ما تزال هناك مآسٍ تقع وحوادث تحدث مما يعني أنه لا يتم الالتزام بقواعد الإرشاد الخاصة بإزالة الضغط. إحدى الكوارث التي اشتهرت كثيراً هي كارثة كريس وكريسي راوز، فريق من أب وابنه لهما باع طويل في الغوص قضيا نحبهما بسبب مرض إزالة الضغط سنة 1992 فيما كانا يستكشفان حطام غواصة ألمانية.

إن من المفيد أن نقارن بين زمن إزالة الضغط المعمول به سابقاً من قبل عمال الأنفاق والقيسون، وبين ذلك الذي اقترحه هالدين وفريقه. فعمال القيسون كانوا يتعرضون عادة لضغط أعلى بثلاث مرات من الضغط الجوي (أي 3 بار) وتتم إزالة الضغط خلال عشر دقائق أو أقل، بالمقارنة. وبعد ثلاث ساعات يقضيها المرء وهو يعمل تحت هذا الضغط، فإن الزمن الإجمالي الذي أوصى به هالدين لإزالة ضغطه هو تسعون دقيقة. إذن لا عجب أن كثيراً من عمال القيسون كانوا يصابون بالالتواءات.

كذلك على الغواصين أن يتجنبوا الطريق لبعض الوقت بعد الغوص، نظراً لأن الضغط في الطائرة أقل منه عند مستوى سطح البحر (انظر الفصل

الأول) والمزيد من تخفيض الضغط يمكن أن يتسبب في تشكيل الفقاعات. لهذا ينصح الغواصون بألاَّ يطيروا قبل انقضاء اثنتي عشرة ساعة على غوصة واحدة قاموا بها وزمن أطول أيضاً بعد غوصات متعددة، أو غوصات تشتمل على توقفات أثناء الصعود لإزالة الضغط، كما قد يصاب من يقضون معظمهم ممن لا عهد لهم بمشاكل إزالة الضغط عبر حدوث الالتواء إذا هم قضوا صباحهم في غوص سكوبا (Scuba) ثم ركبوا الطائرة عصراً إلى مواطنهم. كذلك يمكن للطيارين العسكريين الذين يطيرون بطائرات غير مضغوطة الهواء أن يصابوا أيضاً بالتواءات إذا هم صعدوا بسرعة شديدة إلى ارتفاعات عالية عن سطح البحر.

الغوص العميق والالتواء

لا يصاب غواصو الأعماق الذين يهبطون إلى الأعماق الكبيرة بالالتواءات ما داموا يغطسون لفترة زمنية قصيرة غير كافية لانحلال الآزوت في سوائلهم الجسدية والتسبب في مشاكل عند صعودهم. مع ذلك، فإن غوصات الأعماق المتكررة مسألة مختلفة، طبقاً لما اكتشفه الدكتور پ. پوليڤ من الأسطول الدنماركي الملكي وعلى حسابه. ففي مطلع الستينيات من القرن العشرين، قام بنحو ستين غوصة مدة كل منها دقيقتان، وبفاصل ما بين دقيقة ودقيقتين في خزان غواصة تدريب ـ 4 ـ الفراشة وبعمق عشرين متراً. بعد نحو ثلاثين دقيقة من آخر غوصة أحس بألم حاد في وركه الأيسر. رأى أن يتجاهله، لكن بعد نحو ساعتين أحس بآلام صدر حادة وبتشوش في الرؤية وشلل في يده اليمنى وضيق في التنفس. بعدئذ وجده أحد زملائه وهو في حالة صدمة. بسرعة وضعه في غرفة ضغط معيداً رفع ضغطها إلى 6 وحدات ضغط جوية. وسرعان ما زالت الأعراض. بعدئذ استغرقت إزالة الضغط من جديد ما ينوف على التسع عشرة ساعة، لكن پوليڤ كان حسن الحظ، لأنه شفي تماماً ليكتب فيما بعد قصة تلك التجربة.

يعاني غواصو اللؤلؤ في أرخبيل تواموتو في جنوب المحيط الهادئ من حالة تدعى «تراڤانا»، وهي الحالة التي تذكرك كثيراً بالحالة التي وصفها پوليڤ تترجم كلمة تراڤانا بعبارة «يسقط بجنون» والأعراض تراوح ما بين الاضطرابات البصرية وفقدان الوعي. أحياناً، يصاب الضحية بالشلل أو يموت حتى، (فالتواموتو، خلافاً لپوليڤ، ليس لديهم غرفة إعادة ضغط لتدبر الأمر). أحد الزوار كتب ملاحظة تقول «أذهب قرب الساحل في مكان كجزيرة البرهين في إيسلندا مثلاً، حيث أكبر عدد للسكان على مرأى، ولسوف يبدو لك أنه مدفن لغواصي الأعماق الذين ماتوا». غير أن التراڤانا مرض أكثر وقوعاً وأشد هولاً. ففي يوم واحد فقط، ظهرت أعراض على 47 من أصل 235 غواصاً عاملاً، بعض تلك الأعراض كان حاداً تماماً، إذ أصيب بالشلل ستة منهم فيما قضى اثنان نحبهما. لحسن الحظ، ليست كل الأيام دراماتيكية هكذا، لكن معدل الإنهاك ما يزال عالياً نوعاً ما.

ورغم أن الطبيعة الموحية للتراڤانا ظلت غامضة سنوات كثيرة إلاَّ أن عمل پوليڤ وآخرين بعده، يقول إنها تشبه إلى حد كبير شكلاً من أشكال مرض إزالة الضغط. فغواصو اللؤلؤ التواموتو يدفعون بأجسادهم إلى الحدود القصوى إذ يغوصون إلى أعماق تصل إلى 40 متراً (4 بار) وكل غوصة تدوم نحو دقيقتين. كما يقومون بست إلى أربع عشرة غوصة كل ساعة ويبقون على السطح ما بين أربع إلى ثماني دقائق بين الغوصة والأخرى. ولعل هذه فترة أقصر بكثير من أن تسمح لكل الآزوت الذي ينحل في أنسجتهم خلال الغوصة بأن يطرح خارجها، لهذا السبب، يتراكم مع كل غوصة ليؤدي أخيراً إلى مرض إزالة الضغط عند الصعود (فالتراڤانا لا تحدث في الأعماق بل فقط لدى الصعود إلى السطح). إن الأفراد الذين يقومون بغطسات كثيرة وبفواصل قصيرة يكونون أكثر عرضة للموت. ولعل من المثير للاهتمام، أن التقاليد في جزيرة منغريڤا القريبة، حيث التراڤانا غير معروفة، تقضي بأن يمضي الغواص على السطح عشر دقائق على الأقل بين الغوصة والأخرى.

لدى دخول الماء

ليس مرض إزالة الضغط هو الصعوبة الوحيدة التي تواجه الغواص. إذ حتى تغطيس الجسد في الماء حتى العنق فقط يسبب تغيرات فيزيولوجية. فحين تقف منتصب القامة على الشاطئ، يكون هناك عنصر ضغط على جسدك، مرده قوة الجاذبية التي تجعل الدم يتجمع في ساقيك، فإذا غطست حتى العنق في البحر، فإن هذا الأثر سينعكس بفعل الضغط الخارجي للماء، بحيث يتحرك نصف ليتر من الدم صعوداً من الساقين إلى الصدر، موسعاً الأوردة الكبرى والأذين الأيمن للقلب زائداً ضخ قلبك. إحدى نتائج توسع جدار الأذين هذا هي أنها تغير مستوى هرمونين يؤثران في ما تأخذه الكلية من الجسم وبالتالي تحرض على إفراز البول، وهو ما يفسر لماذا تشعر غالباً وعلى نحو مزعج، بحاجتك للتبول إثر دخولك الماء تماماً.

بل حتى تغطيس وجهك في الماء يؤدي إلى رد فعل فيزيولوجي. إنه يبطئ معدل دقات القلب. وهي الظاهرة التي تعرف بمنعكس الغوص، وعلى الرغم من أنها لا تظهر كثيراً جداً لدى الإنسان، إلاَّ أنها غاية في الأهمية لدى الثدييات التي تغوص كالفقم مثلاً وكما سنرى لاحقاً. بإمكانك أن تتحقق بنفسك من منعكس الغوص، وذلك بأن تأتي بصديق يقارن بين نبضك العادي ونبضك بعد أن تغطِّس وجهك في حوض ماء بارد. مع ذلك لا تعطي هذه التجربة أُكُلُها دوماً. ذلك أن التوفز العصبي (أو الإثارة) تطلق هرمون الأدرينالين الذي يقوم بتسريع دقات القلب.

آما: صيادات السمك اليابانيات

أشهر غواصي الأعماق جميعاً هم آما اليابان أي الصيادات اللواتي يحصدن تحت الماء حدائق قاع المحيط، جامعات المحار، البزاق البحري، الأخطبوط، قنفذ البحر وأعشاب البحر. وهذه، رغم أنها ليست شائعة كطعام في العالم الغربي، إلاّ أنها أطعمة تقليدية شهية في اليابان. كذلك يجمعن الأصداف أمهات اللؤلؤ المعروفة باسم آكويا ـ غاي التي تستخدم لتربية اللؤلؤ. وهؤلاء الآما موجودات منذ أكثر من ألفي سنة؛ وطبقاً للتقاليد المعروفة، هن جميعاً من النساء وقد خلدتهن اللوحات الخشبية التي تركها رسامو اليوكيوي ـ إي والتي تصور صبايا جميلات، عاريات من خصورهن وما فوق يغصن بحثاً عن «الأوابي» (أذن البحر) غالي الثمن. لكن هذه اللوحات خادعة، ذلك أن نساء الآما كن يمارسن مهنتهن حتى سن الخمسين. كذلك، ليست مهنتهن بالمهنة المريحة. فقبل نحو ألف سنة، قامت شاي شوناغون، وهي وصيفة في بلاط الأمبراطورة اليابانية ساداكو، بوصف هذه المهنة على النحو الآتي:

البحر شيء مخيف في أحسن الأوقات. وكم ينبغي أن يكون مخيفاً أكثر بالنسبة لأولئك النسوة المسكينات الغواصات اللواتي عليهن أن يغطسن إلى أعماقه لكسب معيشتهن وإن المرء ليتعجب ما تراه يحدث إذا ما انقطع الحبل المربوط حول خصر واحدتهن، ذلك أنه بعد إنزال المرأة في الماء يجلس الرجال مرتاحين في قواربهم ومن قلوبهم يغنون الأغاني فيما يرقبون بعيونهم الحبل الذي يطفو على السطح. إنه لمنظر مدهش، ذلك أنهم لا يبدون أدنى اهتمام بما يمكن أن تتعرض له المرأة من أخطار. أخيراً، وحين تريد أن تصعد، تشد المرأة حبلها بشدة تجعل الرجال يسحبونها من الماء بسرعة يمكنني أن أفهمها جيداً. إذ ما إن تتعلق بجانب الزورق حتى تبدأ التنفس وهي تشهق شهقات مؤلمة. إنه لمنظر يكفي لأن يجعل حتى المتفرج الغريب يذرف الدموع. كذلك، ليس باستطاعتي أن أتصور أن هناك كائناً يشتهي مثل هذه المهنة».

إن كلماتها لتبدو عصرية على نحو مدهش. إذا ما أخذنا بالاعتبار ما انقضى عليها من زمن ومسافة.

فتيات يرقبن غواصات أذن البحر في إينوشيما، من لوح ثلاثي رسمه فنان اليوكيوي ـ إي العظيم، أوتا مارو، نحو سنة 1789.

ذات، يوم، كان هناك آلاف كثيرة من نساء الآما في اليابان ـ فحسب إحصاء 1921، كان الرقم يصل إلى 13000 ـ غير أن عددهن تناقص تناقصاً حاداً في السنين الأخيرة. إذ نزل إلى 6000 سنة 1963 أو ربما إلى أقل من 1000 هذه الأيام. ومعظم نساء الآما الآن هن كبيرات في السن، لأن القلة من الفتيات الآن يرغبن في امتهان مهنة دقيقة صعبة كهذه المهنة، علاوة على أن الكثير من المحار يربى الآن تربية اصطناعية، مما يلغي الحاجة للغواصات. ومن المحتمل على ما يبدو أن مهنة الآما في طريقها إلى الانقراض، ليظل شبح وجودها فقط في أسماء القرى المحلية (مثل قرية آما ـ ماشي).

هناك، تقليدياً، نوعان من الآما: الكاشيدو والفونادو. الكاشيدو هن الفتيات الشابات اللواتي ما يزلن قيد التدريب، واللواتي يغطسن بغير مساعدة إلى عمق 5 ـ 7 أمتار، ويقضين نحو 15 ثانية في الأسفل. وعلى الرغم من أن واحدتهن قد تقوم نحو ستين غطسة في الساعة، إلاَّ أن فتاة الكاشيدو ليست عرضة لخطر الالتواء وذلك بسبب ضحالة العمق الذي تنزل إليه.

الغواصات الأكثر مهارة وخبرة هن «الفونادو» اللواتي يغصن إلى أعماق أكبر بكثير، متوسطها نحو 20 م. كل فونادو، حسب وصف ساي شو ناغوني، يساعدها مراكبي. إنها تغوص، بعد أن تعبَّ الهواء عبّاً كي تملأ رئتها به، غوصاً شاقولياً إلى عمق البحر، متمسكة بثقل ذي وزن يساعدها في الهبوط إلى الأسفل محافظة على ساقيها مضمومتين معاً وذلك لتخفيف مقاومة الماء لها، لكن ما إن تصل إلى القاع حتى تترك الثقل وتجمع غلتها، واضعة إياها في سلة شبكة صغيرة. وحين تكون جاهزة للصعود، تعطي إشارة إلى شريكها بشد الحبل المربوط بالثقل، فيسحبها مستخدماً حبل الحياة المشدود حول خصرها. كل غوصة تدوم نحو دقيقة، تقضي الغواصة حوالي نصفها في القاع. وقبل أن تغوص ثانية، تستريح الفونادو في الماء بجانب القارب نحو دقيقة، تقوم الفونادو عادة بخمسين غوصة كل صباح وأكثر من خمسين عصراً، لكن شأنها شأن الكاشيدو، لا بد لها من التوقف لتدفئة جسمها بعد سلسلة من الغطسات.

لا يبدو على نساء الآما أنهن يصبن بمرض إزالة الضغط لكنهن يعانين من مشاكل في الأذن أكثر مما تعاني منه رفيقاتهن اللواتي لا يغصن. لقد بينت دراسة أجريت سنة 1965 أن ما يقارب 60 بالمئة من الفونادو اللواتي هن فوق سن الخمسين يصبن بفقدان السمع، إضافة إلى أن طنين الأذن وتمزق الغشاء الطبلي هما من الشكاوى الشائعة.

ثمة أسباب فيزيولوجية تفسر لماذا يمكن للمرأة أن تكون غواصة أفضل ـ إذ يمكنها أن تحبس أنفاسها مدة أطول وتتحمل البرد أكثر ـ لكن بشكل ما، يبدو من غير المعقول أن هذا هو السبب الحقيقي في أن الآما كلهن من النساء.

حين تخرج من البحر، يكف الماء عن دعم جسدك فيعود الدم للتوزع من الصدر إلى الساقين، ولهذا دلالات هامة، فقد كان معروفاً لسنين طويلة، أن الأشخاص الذين تلتقطهم حوامات الإنقاذ من البحر يكونون عرضة لما يسمى بانهيار ـ ما بعد ـ الإنقاذ. إذ رغم أنهم يكونون أحياء وغير مصابين بأي أذى وهم في الماء، على ما يبدو، إلاَّ أنهم يصابون بتوقف القلب حالما يرفعون إلى العوامة، لقد ساعدت معرفة فيزيولوجية الجسم البشري في حل هذه المشكلة، فقد تم التحقق من أن إعادة توزيع الدم أثناء الغطس في الماء يخفض الدم المتدفق إلى الأطراف السفلية مما يجعلها تبرد ودرجة حرارتها تنخفض إلى مستوى أقل بكثير من درجة حرارة لب الجسم. لقد كان يتم إنقاذ الناس، حتى بضع سنوات خلت، وهم في وضع المنتصب، وذلك باستخدام أحزمة رافعة توضع حول الصدر وتحت الإبطين. وهكذا حين يخرج الضحية من الماء، يحدث نوع من الموج الدافق للدم إلى الساقين. هذا الدم يبرد بسرعة ونتيجة لذلك، يسبب لدى عودته إلى القلب توقف القلب. الحل هو أن نضع حزاماً ثانياً تحت ساقي الضحية يتيح لهما أن ترتفعا من الماء بصورة أفقية، وبذلك يمنع الدم من إعادة توزعه، ثم يجب إبقاء الضحية مستلقياً على ظهره إلى أن تسخن الأطراف من جديد، وللعلم فقد انخفضت حوادث توقف القلب انخفاضاً حاداً منذ تبنت مصلحة الإنقاذ الجوية في البحرية البريطانية هذه الإجراءات.

انفجار الأعضاء داخلياً وخارجياً

يتكون معظم الجسم البشري من الماء غير القابل للانضغاط عملياً، لهذا يظل في درجة الضغط نفسها للماء المحيط به ولا ينسحق في الأعماق،

لكن لا يمكن قول الأمر ذاته عن الغازات المتواجدة في تجاويف الجسد (الرئتان، الأذنان، الجيوب) التي، لكونها قابلة للانضغاط، تشغل حجماً أصغر في الضغط العالي، ولتقلص الهواء هذا في تجاويف الجسد عدة آثار معظمها تقريباً غير مرضي.

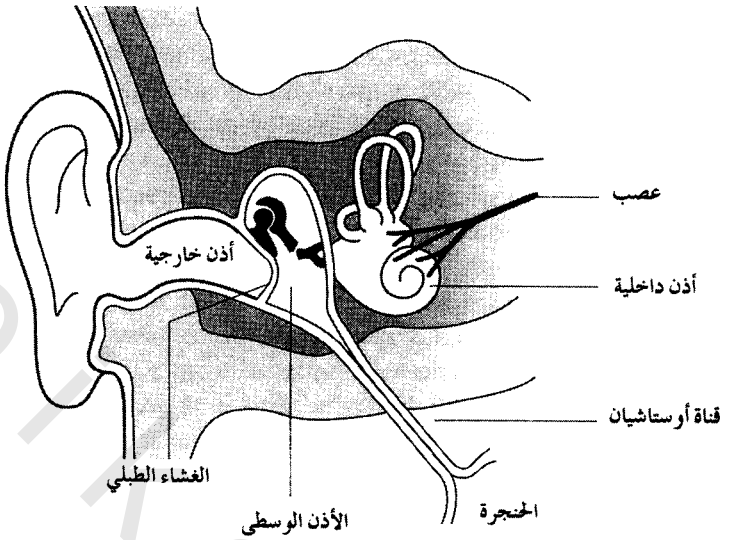
إن حجم الهواء في رئتي غواص الأعماق يتناقص مع تزايد العمق وذلك بسبب تزايد الضغط المحيط. ولقد تم الافتراض مبدئياً أن هذا يجب أن يحدد الأعماق التي يمكن للغواص الحر أن يبلغها. كما ناقش بعضهم بأن الضغط عند نقطة معينة ـ ربما نحو 100 م ـ، يمكن بكل بساطة أن يطبق الصدر، وبالطريقة نفسها التي يمكن أن تنطبق بها علبة فارغة أو تنسحق غواصة على عمق معين. بيد أن نظرية بديلة أخرى قالت إن القفص الصدري يمكن أن يظل سليماً لا يمس لكن الرئتين يمكن أن تنكمشا وتتقلصا على نحو يمزق أغشية الجنب الدقيقة التي تربطها بجدار الصدر. غير أن بعض الغواصين، متجاهلين تحذيرات الفيزيولوجيين، غامروا بالغوص إلى أعمق وأعمق ووجدوا أنهم لم يصابوا بأي آثار ضارة. السبب على ما يبدو، هو أن الإنسان، في هذا المجال، قد يكون أشبه بالحيتان والدلافين وعلى نحو أكثر مما كان متوقعاً.

ثمة قصص كثيرة عن فارين هربوا من التفتيش بتغطيس أنفسهم في نهر أو بحيرة متنفسين الهواء من خلال قصبة جوفاء. إن التأمل في هذه المشكلة يدل على أنهم كانوا محظوظين، ليس لأنهم نجوا من الاكتشاف، بل لأنهم لم يستطيعوا الغوص عميقاً جداً. إذ من غير الممكن جسدياً وبكل بساطة، أن تتنفس هواء الجو وفوق رأسك أكثر من متر من الماء، بل إن معظم الناس لا يستطيعون ذلك حتى على عمق نصف متر. السبب هو أن ضغط الماء الخارجي على الصدر يجعل التنفس أصعب وأصعب. زيادة على ذلك، فإن الهواء في أنبوب التنفس يجب أن يتبدل أيضاً. ورغم أن إنقاص قطر الأنبوب ينقص كمية الهواء فإنه يزيد أيضاً المقاومة، مثلما ستكتشف ذلك،

إذا ما قارنت صعوبة التنفس عبر قشة وكذلك عبر أنبوبة «شْنُرْكِل» في حوض سباحة. نادراً ما تغمر أنابيب «الشْنُرْكِل» بالماء على أي عمق، بل تظل ظاهرة فوق السطح، وظيفتها الأولية تمكين السباح من التحرك قدماً ووجهه غاطس في الماء.

لهذا السبب، على غواص الأعماق التي تزيد عن نصف متر أن يتزود بهواء ضغطه مساوٍ لضغط الماء المحيط. بل حتى حينذاك، قد لا يؤدي المهمة بالكفاءة نفسها وهو على البر، لأن كثافة الغاز (الكتلة في حجم وحدة) ترتفع أيضاً مع تزايد العمق وهو ما يزيد جهد التنفس. أحد الحلول هو إحلال غاز داخلي أقل كثافة كالهليوم مثلاً، محل الآزوت في الهواء المستنشق.

ليست الرئتان بالتجويفين الوحيدين في الجسم اللذين يمتلئان بالهواء. فأحد أشد آثار الغوص، وضوحاً، الذي يعرفه الكثير من الناس، هو الشعور بالضغط أو الألم في الأذنين. هذا يحدث لأن الهواء الذي تحتويه الأذن الوسطى، غير متصل اتصالاً مباشراً بالخارج. نتيجة لذلك، حين يتقلص الهواء لدى الهبوط، يشتد الضغط على طبلة الأذن مما يجعلها تنثني إلى الداخل. ولمنعها من التمزق، لا بد من موازنة ضغط الأذن الوسطى مع ضغط الأذن الخارجية، أي بعبارة أخرى، مع ضغط الماء الخارجي. يتم هذا بإدخال الهواء عبر قناة أوستاشيان، وهي الممر الذي يصل البلعوم بالأذن الوسطى. تكون قناة أوستاشيان عادة مغلقة كما تتطلب عادة بعض العمل الموضعي لفتحها. الطريقة الأكثر شيوعاً للقيام بذلك هي قرص الأنف بين الإبهام والسبابة وأن تنفخ الهواء عبر أنفك. يساعد في ذلك التثاؤب أيضاً، والبشارة بالنجاح تأتي من خلال «فرقعة» الأذنين، والهواء يمر داخلاً إلى الأذن الوسطى. وقد يكون من الصعب موازنة الضغط إذا كانت قنوات أوستاشيان مسدودة بإفرازات النزلة الالتهابية، الأمر الذي يفسر النصيحة بأن لا تغوص إن كنت مصاباً بالترشح، وهو أيضاً ما يفسر لماذا يمكن أن يكون



الأذن الوسطى هي تجويف مليء بالهواء، تحيط به العظام ويصل ما بين الأذن الخارجية والأذن الداخلية. يفصلها عن الأذن الخارجية الغشاء الطبلي وعن الأذن الداخلية الملأى بالسائل فتحة بيضوية. والصوت، بكل بساطة هو أمواج ضغط في الهواء تجعل الغشاء الطبلي يهتز. هذا الاهتزاز ينتقل إلى الأذن الداخلية، حيث يتم تدقيق الصوت، بواسطة ثلاث عظيمات صغيرة تدعى بصورة تخيلية، المطرقة، السندان، الركابي (وقد سمي كذلك لأن لديه شكل الركاب) قد يعاني الغواصون من آلام الأذن حين يغطسون بسبب تمدد الهواء في الأذن الوسطى، لكن لحسن الحظ أن هذا التجويف ليس مختوماً تماماً. فقناة أوستاشيان، التي سميت كذلك تيمناً باسم عالم التشريح الإيطالي الذي اكتشفها، تصل الأذن الوسطى بمجاري الهواء الواقعة خلف الأنف وتعمل كناقل لموازنة ضغط الهواء في الأذن الوسطى مع ضغط الهواء الخارجي.

الطيران غير مريح، ذلك أن الطيارات التجارية تكون مضغوطة الهواء حتى ارتفاع نحو 2000 م.

وإذا حدث الضغط بسرعة إلى درجة يتعذر معها على المرء أن يوازنه بضغط الأذن الوسطى، قد تحدث له عواقب وخيمة؛ ففي أثناء إعادة الضغط لغواص كان يعاني من التواء حاد، زيد ضغط الحجرة إلى 6 وحدات جوية خلال ثلاث دقائق ونصف، الأمر الذي مزق مباشرة كلتا طبلتي الأذن لدى الطبيب الذي يعالجه.

كذلك قد تقع مفاجأة مزعجة على نحو خاص للغواص، إذا ما تسربت

فقاعة هواء إلى حشوة سن أو إلى سن منخورة، نظراً لأن تقلص الغاز في الأعماق يمكن أن يسبب انفجار الحشوة أو السن داخلياً. العكس يمكن أن يحدث في الارتفاعات العالية جداً، حيث يؤدي الضغط المنخفض إلى انفجار السن انفجاراً خارجياً. ولكي تتجنب كارثة كهذه، استبدلت جودي ليدن كل حشوات أسنانها أثناء استعداداتها للطيران على ارتفاعات عالية.

كذلك يمكن لتمدد الغازات، حين يتحرر الضغط، أن يسبب مشكلة، فالسمك الذي يعيش في الأعماق الكبيرة تقلب أحشاؤه لدى إخراجه إلى السطح وذلك بسبب تمدد الغاز الذي يحتويه كيسه الهوائي الخاص بالسباحة، مما يجعله يلفظ أحشاءه تلك عبر فمه. كما يمكن أيضاً لغواص ـ سكوبا غير حذر أن يلاقي صعوبات عند الصعود. فعلى عمق 10 م، يكون الضغط ضعف ضغط السطح والهواء الذي يتنفسه في هذا العمق سيتمدد إلى ضعف حجمه لدى بلوغه السطح، لهذا، فإن الصعود إلى السطح، والرئتان تمتلئان هواء، فيفجِّر الرئتين. كما أن تمزق الأكياس الهوائية يسمح للغاز بالتسرب إلى تجويف أغشية الجنب المحيطة، بالرئتين، أو إلى مجاري الدورة الدموية حيث يمكن أن يسد مجرى الدم ويمنع تدفقه إلى الدماغ، نظراً لأنه يؤثر التحرك صعوداً. الأمر الذي قد يكون قاتلاً. إن قدرة الرئتين على استيعاب الهواء المتمدد محدودة جداً، وتفجر الرئة قد يحدث بسبب غوصة إلى عمق مترين فقط. لكن مثل هذا الأذى الضغطي أمر نادر، شريطة أن يتنفس الغواص بصورة عادية عندما يصعد، وأن يتم تعديل «حجم الهواء» في الرئتين بصورة تدريجية. لكن حين نضطر لأن نصعد صعوداً طارئاً، علينا أن نتذكر أنه ينبغي أن نزفر مطلقين الأنفاس باستمرار ونحن في طريقنا إلى الأعلى.

حبس أنفاسك

على غواص الأعماق أن يتغلب على صعوبتين: الهبوط إلى أسفل

والتنفس. ولقد سجل أمبرتو بيليزاري من إيطاليا سنة 1992، أعلى رقم حتى الآن لغوصة حرة (من غير مساعدة) وبنفس واحد، ذلك الرقم هو 72 م (236 قدماً). غير أن غواصي «اللاحدود» بلغوا أعماقاً أكبر لكن مع استخدام أوزان ثقيلة تساعدهم في الهبوط وهواء مضغوط لدفعهم صعوداً إلى السطح. بوجود هذه المساعدات، نجح بيليزاري في الهبوط إلى 118 م سنة 1991 وهو الرقم الذي تجاوزه فيما بعد الكوبي فرانسيسكو فريراس الذي وصل إلى عمق مذهل هو 133 م.

إن جسم الإنسان قابل للطفو بصورة طبيعية نظراً لأن كثافته قريبة من كثافة الماء، وعلى المرء، لكي يغوص، أن يسبح بفعالية نزولاً أو يضيف أثقالاً إلى جسمه. ثمة عامل تغذية استرجاعية إيجابي ما بين العمق وقابلية الطفو، وذلك بسبب الدور الذي يلعبه الهواء في الرئتين: إذ بقدر ما يغوص الغواص الذي يحبس أنفاسه أعمق، يصبح أشد كثافة، لأن الهواء في رئتيه ينضغط لتغدو قابلية طفوه أقل. لهذا يغوص بسرعة أكبر. والعكس بالعكس، بقدر ما يرتفع الغواص إلى الأعلى يتمدد الهواء في الرئتين أكثر مما يجعل جسده أخف وسرعته في الصعود أكبر. هذا يعني أنه بالرغم من أن غطس الأقدام القليلة الأولى قد يأخذ الكثير من الجهد، إلاّ أنه يصبح أسهل بصورة تدريجية إلى أن يصل إلى نحو 7 أمتار حيث يغوص جسده بعد ذلك بصورة طبيعية. لذلك يصبح صعوده من المياه الأعمق أصعب وأصعب. وهو ما يفسر السبب في أن معظم غواصي الأعماق (كصيادي المحار اليابانيين مثلاً) يرفعهم إلى السطح مساعدون.

إن المشكلة الكبرى التي يواجهها غواصو الأعماق، طبعاً، هي افتقاد الهواء. ذلك أن معظم الناس لا يستطيعون حبس أنفاسم أكثر من دقيقة أو دقيقتين، لكن بالتدريب، يمكن التوصل إلى فترات أطول. الرقم العالمي الذي تم تسجيله هو ست دقائق وإحدى وأربعون ثانية وقد سجله أليخاندرو راڤيلو سنة 1993، وهو يستلقي بهدوء في قاع حوض للسباحة. إن من

الضروري، بغية التوصل لأرقام كهذه، أن يعب المرء أقصى ما يستطيع من الهواء قبل أن يغوص، وذلك أن ثاني أوكسيد الفحم، كما سبق وشرحنا في الفصل الأول، يوفر الحافز الأساسي للتنفس، لهذا فإن ملء الرئتين بالهواء تماماً يطرد ثاني أوكسيد الفحم الزائد ويطيل الفترة قبل أن يرتفع تركيز ثاني أوكسيد الفحم إلى مستوى يحرص على أخذ النفس التالي، غير أن عب الهواء المفرط قبل الغوص خطر جداً نظراً لأن الغواص قد لا يعرف أن مستوى الأوكسجين في دمه قد هبط إلى حد أدنى من أن يستطيع الدماغ العمل، ونتيجة لذلك قد يبقون تحت الماء ويغرقون، وهو ما يسبب حتى اليوم وفيات غير ضرورية تحدث عادة بين الأطفال الذين يتنافسون ليروا كم من الزمن يمكنهم البقاء تحت الماء.

قابلية الطفو

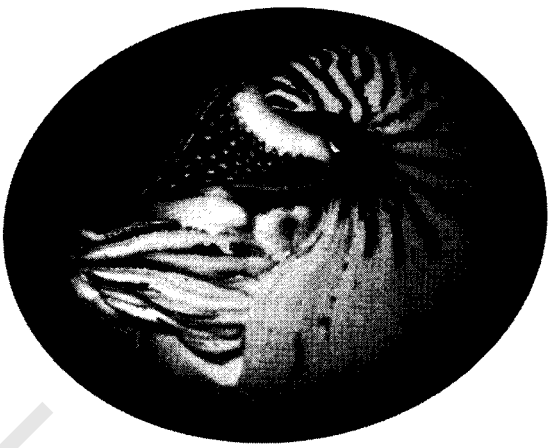
تستخدم الحيوانات الكثير من الوسائل الغريبة للحفاظ على وضعها الشاقولي في المحيط. كما يتجنب معظمها إنفاق أي طاقة غير ضرورية وذلك بأن تضمن أن تضاهي كثافتها كثافة الماء المحيط. وهذا هو دور كيس الهواء الخاص بالسباحة، وهو كيس فضي مليء بالهواء يمكن رؤيته متمدداً داخل تجويف الجسم حين تنزع أحشاء السمكة. يتيح هذا العضو للسمكة إمكانية تكييف قدرتها على الطفو مع العمق الذي تعيش فيه والطفو الحيادي أمر مفيد للغاية، ذلك أن السمكة لا تحتاج معه لأن تنفق أي طاقة لكي تحافظ على وضعها الأفقي، لكنه، في الوقت نفسه له سيئات متأصلة فيه، فالسمكة، شأنها شأن الإنسان، غواص الأعماق الذي يغوص ورئتاه مليئتان بالهواء، إذا ما سبحت تحت الأعماق التي اعتادتها، ينضغط الغاز في كيس سباحتها الهوائي وبالتالي يتعين عليها أن تبذل جهداً أكبر في السباحة لكي تمنع نفسها من الغرق. والعكس بالعكس، إذا سبحت السمكة فوق أعماقها المعتادة حيث يكون طفوها حيادياً معتاداً، فإن الغاز يتمدد ويزودها بقوة رفع إضافية بحيث يتوجب على السمكة حينذاك أن تسبح نزولاً كي تتفادى إمكانية حملها إلى السطح. ورغم أن بإمكان السمكة أن تكيف طفوها الحيادي المعتاد باختزان الغاز أو طرده من كيسه الهوائي، إلاّ أن هذه تظل عملية بطيئة.

وبذلك تطفو السمكة محصورة بصورة أساسية ضمن مسافة معينة من عمق المحيط، وشأنها شأن الطائرة التي تحوم محلقة في الجو ضمن مدى وارتفاع محددين، فإن لكل جنس من الأسماك عمقاً للتحرك يخصه وحده. كما أن لكثير من الأسماك أكياس سباحة هوائية مغلقة دون أن يكون لها أي فتحة خارجية، وإذا ما نقلت بسرعة إلى السطح، يمكن أن يتمدد الغاز بسرعة أيضاً إلى درجة أن الكيس الهوائي يتمزق أو يدفع للخروج عبر الفم. على أن بعض الأسماك (كالقرش مثلاً) ليس لها أكياس هوائية على الإطلاق ويتعين عليها أن تسبح باستمرار لكي تحافظ على وضعها في الماء، إنها تغرق إذا ما توقفت. مع ذلك فإن القرش المتشمس يقضي، طبقاً لما يدل عليه اسمه، وقتاً أقل وهو يسبح ويدور، نظراً لأن له كبداً زيتياً كبيراً يساعده في تحقيق الطفو الحيادي المتعادل.

يكون كيس السباحة الهوائي ممتلئاً بصورة كاملة تقريباً بالأوكسجين الذي يمنع من الانتشار خارجاً بسبب واحد هو أن ذلك العضو بُطِّن بطبقات مضاعفة من البلورات الغوانية.

يمكن لهذه الطبقات البلورية أيضاً أن تحمي الخلايا التي تشكل جدران الكيس الهوائي من الآثار السامة للأوكسجين على عمق معين. والبلورات الغوانية نفسها هي الجزيئات الأكثر أهمية لأنها تمنح الحراشف لمعاناً، وتوجد في براز الطير (بل هي العنصر الرئيسي لدى طير الغوان) على أن الأهم من كل شيء آخر هو أنها أحد الأسس الأربعة التي يتكون منها الـ (د.ن.أ).

يعد النوتي اللؤلؤي مخلوقاً جميلاً ذا صلة وثيقة بعمونيي العصور القديمة (سكان شرقي الأردن) وكذلك بالأخطبوط، والحبار هذه الأيام. إنه يشتهر أيضاً باسم النوتي ذي الحجرات، ذلك أن له قوقعة خارجية مقسمة إلى الكثير من الحجرات. وكلما نما الحيوان وكبر أضاف حجرات جديدة إلى قوقعته وذلك بمعدل حجرة واحدة كل ثلاثة إلى أربعة أشهر. تنفصل كل حجرة عن جارتها بجدران تعرف باسم الحجب الحاجزة التي تقوي القوقعة وتساعد في منع انسحاقها تحت ضغط الماء الخارجي. يعيش هذا الحيوان في الحجرة الأخيرة، أمّا الأخريات فتكون ملأى بالغاز، بضغط كالضغط الجوي، يستخدم للطفو. تكون الحجرة، حين تتشكل أولاً، مليئة بالمحلول الملحي لكن شيئاً فشيئاً تطرح الأملاح خارجاً لتسحب طبقاً لخاصية الارتشاح، الماء معها مما يسمح للغاز بأن ينتشر إليها حالاً محل السائل.

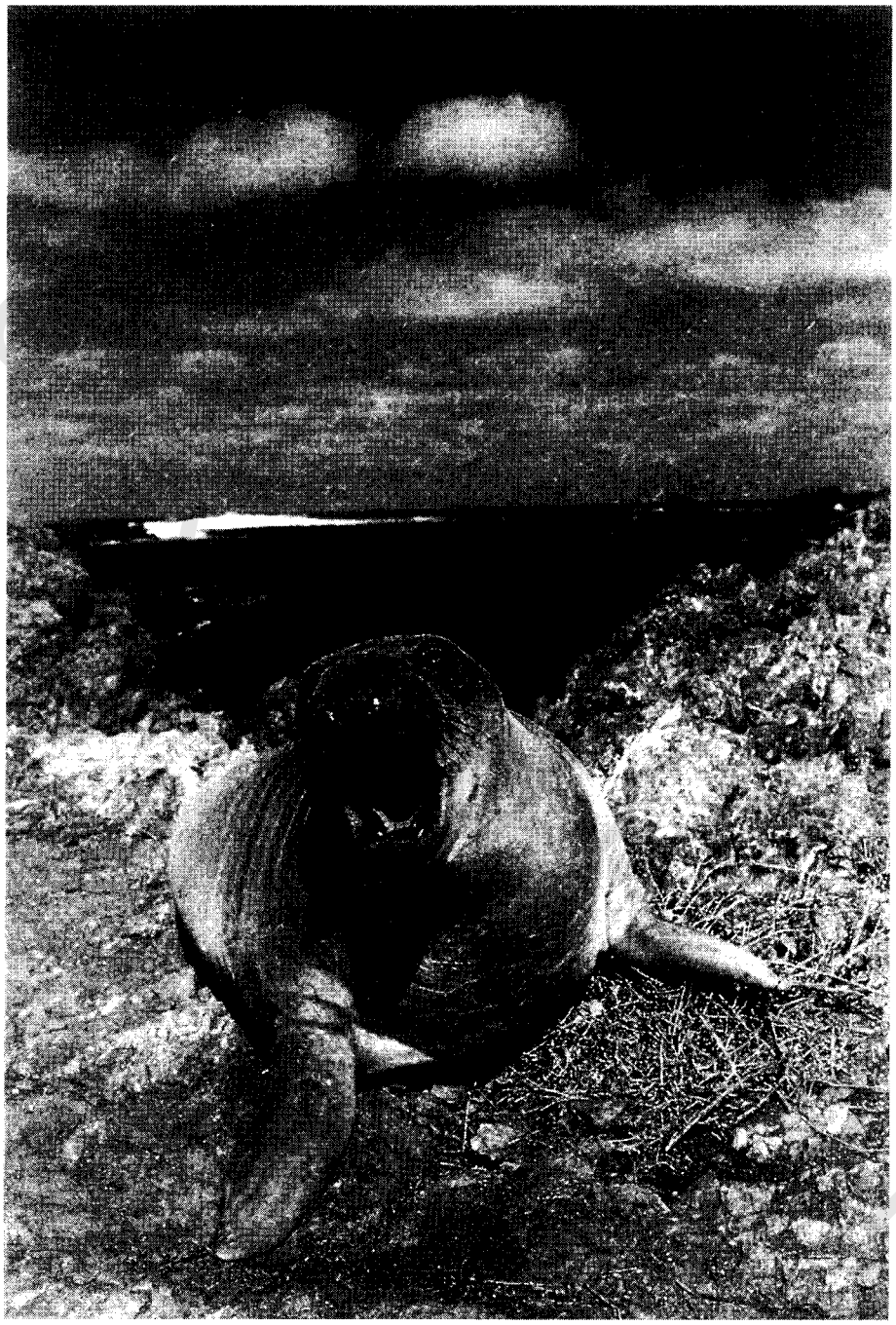


ونظراً لأن الغاز المستخدم للطفو محصور ضمن قوقعة صلبة، فإن النوتي يظل بمعزل عن التأثر بالتغيرات في الأعماق كما يكون حراً في الاصطياد شاقولياً في مياه المحيط، لكونه غير محدد إلاّ بالضغط الذي يمكن لقوقعته أن تثبته. إنه، خلال النهار، يهبط إلى عمق 400 م، لكنه في الليل يصعد إلى المياه الأقل عمقاً (بعمق 150 متراً) كي يتغذى. ولقد تم اصطياده في أعماق تصل إلى 600 م، لكن التجارب بيَّنت أن القوقعة تتحطم تحت ضغط الماء الخارجي بعمق نحو 750 م. هذا إذن، هو الحد النهائي للنوتي اللؤلؤي.

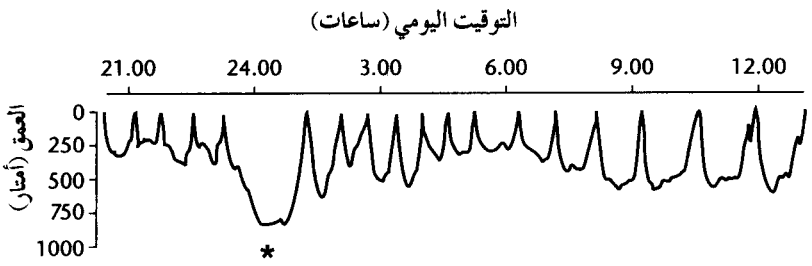
وعلى الرغم من أن الإنسان لا يستطيع أن يحبس أنفاسه أكثر ويضيع دقائق، فإن الثدييات الغواصة، البط والسلاحف، يمكنها أن تفعل ذلك مدداً أطول بكثير. إن الفقمة ـ الفيلة تحبس أنفاسها على نحو تضرب به الرقم القياسي. ولقد سجلت هذا الرقم فقمة ـ فيلة ظلت غائصة طوال ساعتين وهو أكثر بعشرين مرة مما سجله الإنسان. غير أن أغلب الغوصات هي أقصر بكثير. هذا التحمل الهائل للفقمة لا يعود لأنها تحمل في رئتيها أوكسجيناً أكثر، فهي كما سبق ورأينا، تزفر الهواء عملياً قبل أن تغطس لكي تتفادى الالتواء. بل لأن لدى الحيتان والفقمة، إذا ما تكلمنا نسبياً، مقداراً أكبر من الدم وقدرة على نقل الأوكسجين أعلى من قدرة الإنسان، وبالتالي فإن كمية الأوكسجين التي ينقلها دمها، أكبر بكثير. كذلك يُختزن

الأوكسجين لديها في العضلات ويتحد مع الميوغلوبين، وهو الجزيء المماثل بنيوياً للهيموغلوبين، خضاب الدم ناقل الأوكسجين، ولدى حيتان العنبر من الميوغلوبين لكل كيلوغرام من العضلات عشرة أضعاف ما لدى الإنسان وهو ما يفسر اللون الأحمر الغامق جداً للحم الحوت. إضافة إلى ذلك، تحوي عضلات الثدييات الغواصة قدراً كبيراً من فوسفات الكرياتين الذي يعمل كوقود للطاقة (أنظر الفصل الخامس)، هذه التكيفات توفر لفقم «الويدل» والحيتان زاداً من الأوكسجين يدوم نحو عشرين دقيقة، وهي بشكل ما أطول من مدة أية غوصة عادية.

بالمناسبة، يمكن لفقم «الويدل» أن يقوم بغطسات مطولة تصل مدتها إلى الساعة. وهذا ممكن ون العضلة بعد استهلاكها للأوكسجين المختزن في الميوغلوبين، تتحول إلى الاستقلاب اللاهوائي، وهو الاستقلاب الذي لا تستخدم فيه الأوكسجين (أنظر الفصل 5). غير أن الاستقلاب اللاهوائي يؤدي إلى تشكل حمض اللبن الذي يتعين طرده من الأنسجة لاحقاً بعملية تتطلب الأوكسجين. وهكذا، بقدر ما تمكث الفقمة غاطسة مدة أطول، يتكون حمض اللبن ويتراكم وبالتالي يزداد مقدار الأوكسجين المطلوب حين الصعود إلى السطح للتخلص منه. هذا يفسر لماذا تبقى فقمة الويدل، بعد غطسة طويلة الأمد زمناً أطول قبل أن تقوم بغطستها التالية. مع ذلك تظل الفقمة ـ الفيلة نوعاً من اللغز. إنها، كفقمة الويدل، تختزن الأوكسجين الذي يدوم نحو عشرين دقيقة فقط. مع ذلك تستطيع هذه الفقمة البقاء، تحت الماء ما يزيد على الساعة، ثم تغطس، مرة ثانية، وبصورة مباشرة بعد صعودها إلى السطح. من الواضح إذن أنه ليس لديها حمض اللبن كي تتخلص منه، مما يعني أن زادها من الأوكسجين لا بد وأن يدوم أطول بكثير مما يمكن التكهن به. إذ لا أحد يعلم حقاً كيف تتدبر أمرها وتقوم بهذه المأثرة، لكن ثمة اقتراحاً طرح وهو أن معدل الاستقلاب ينخفض انخفاضاً حاداً خلال الغوصات العميقة. ذلك أن معدل نبضات القلب، لدى كثير من



الفقمة ـ الفيلة أكبر الثدييات الغواصة



جزء من سجل الغوص لفقمة ـ فيلة ذات نطاق حر (ميرونغا أونغوستي) تم تسجيله بواسطة ناقل اللاسلكي. وقد قضت معظم الوقت تحت سطح الماء مع غوصة واحدة (أشرنا إليها بنجمة) دامت ساعتين.

الحيوانات الغواصة، بما فيها الفقمة ـ الفيلة، يهبط بصورة تلقائية عند الغطس وهي الظاهرة المعروفة باسم منعكس الغوص. كما أن الأوعية الدموية التي تخرِّم الجلد والأحشاء تتقلص مسربة الدم بعيداً عن تلك الأعضاء الأقل حيوية باتجاه الدماغ والقلب: كذلك فإن معدل الاستقلاب ينخفض في الأنسجة الأقل إشباعاً فتنخفض بذلك حاجتها من الأوكسجين. لهذا السبب، يمكن لإعادة توزيع الدم هذه أن تساعد في الحفاظ على المؤونة المحدودة من الأوكسجين، لكن هذا مجرد تخمين، أمّا كيف يمكن بدقة للفقمة ـ الفيلة أن تتدبر أمرها عملياً وتغوص فترات زمنية كثيرة هكذا، فأمر ما يزال غير واضح.

ما تزال هناك أيضاً عدة أسرار غامضة أخرى، فالپلاتيپوس (وهو حيوان مائي ثديي بيوض من حيوانات أستراليا منقاره كمنقار البطة) مثلاً، يبدو وكأنه يطيل التأمل تحت الماء، إذ غالباً ما يتخذ لنفسه مسكناً تحت جذور الأشجار ويستلقي في قاع جدول فترات طويلة من الزمن. كما أن السلحفاة الخضراء «شيلونيا ميداس» تقضي الشتاء في قاع خليج كاليفورنيا حيث تستلقي غاطسة في الوحل تحت الماء وحشيشة الأنقليس في حالة من السبات أشهراً عدة على الرغم من أن المعدل الاستقلابي ينخفض كثيراً خلال السبات، إلاَّ أنه ما يزال غير واضح كم هي كمية الأوكسجين التي يحتويها جسدها التي تكفي

لحاجتها منه. المحزن في الأمر، أنه قد لا تتاح لنا الفرصة بعد، لاكتشاف ذلك، نظراً لأن مواقع التشتية التي لم يكن يعرفها في الماضي إلاَّ السكان الهنود الأصليون (السيري) والذين كانوا يحافظون عليها بعناية شديدة، اكتشفها مؤخراً صيادو السمك المكسيكيون بمعداتهم الحديثة، مما أدَّى بسرعة إلى إنقاص أعداد هذه السلاحف.

غوص السكوبا

في منتصف القرن العشرين حدثت ثورة في الغوص، وذلك بإدخال جهاز التنفس تحت الماء المحتوى ذاتياً (سكوبا). مفتاح تلك الثورة هو تطوير صمام القلب سنة 1943 من قبل الفرنسيين جاك كوستو وإميل غانيان. هذا الجهاز، كما يدل عليه اسمه، يزود الغواص بالهواء حسب الطلب وبدرجة ضغط الماء المحيط نفسها. تتألف بقية جهاز السكوبا من خزانين أو أكثر من الهواء المضغوط يحملان على الظهر، ومن قناع وجه، وزعانف. وبصورة اعتراضية يبدو من المفاجئ أنه لم يتم إدخال الزعنفة حتى سنة 1953، بل حتى هذا الوقت لم تكن إلاَّ ذات شكل بسيط (مجذاف من خشب ومعدن)، لأنها ذات تأثير ملحوظ على كفاءة السباح.

أول ما استخدم غوص السكوبا إنما كان لتحديد موضع الألغام المعادية وإزالتها وذلك بعد الحرب العالمية الثانية. لكن في الستينيات من القرن العشرين تم إدخاله إلى الاستخدام العام ضمن سلسلة من الأفلام العجيبة التي صورها تحت الماء كل من كوستو وألمانيان اثنان هما لوت وهانس هاس. لقد كشفت أفلامهم عن صخور المرجان، الدلافين، القروش، والكثير الكثير من المخلوقات البحرية غير المألوفة وعن مدى التنوع والتعقيد في الحياة تحت مياه المحيطات. لقد سحر الناس ذلك العالم المخدر حيث يبدو الإنسان فيه قادراً على أن يطير بغير جهد بين عجائب بحرية من الأسماك الملونة المتلألئة، وحيث الحيوانات تثير الفضول أكثر مما تثير الخوف،

وحيث الكنوز تتناثر على قاع المحيط لكل من يمد يده، والقلة منها قد اكتشفت من قبل. وهكذا بدأ الكثيرون يرغبون في أن يروا ذلك بأنفسهم داعمين تطوير صناعة غوص السكوبا التي تدعم في الوقت الحاضر عدداً كبيراً من غواصي الاستجمام. مع ذلك، وكما رأينا من قبل، فإن عالم تحت الماء، رغم كل ما فيه من جمال، لا يخلو من المخاطر. وعلى من يرغبون في أن يكونوا غواصي سكوبا أن يدخلوا دورات تدريب لدى خبراء مشهورين قبل أن يغامروا بالنزول تحت سطح الماء.

إن الحد الأدنى للغوص بهواء مضغوط سواء كان ذلك عن طريق جهاز سكوبا أو تزويد سطحي بالهواء، هو نحو 30 متراً. هذا المستوى تفرضه غازات الهواء التي تتنفسها. ذلك أن كلاً من الآزوت والأوكسجين يتحولان، تحت ضغط معيَّن، إلى سم.

نشوة الأعماق

يكوِّن الآزوت والضغط بعدة وحدات جوية، تأثيراً مخدراً أطلق عليه جاك كريستو اسم «نشوة الأعماق» تستغرق أعراضه بعض الوقت لكي تظهر، وهي مماثلة لتلك التي تنجم عن تناول الكحول: ابتهاج، خفة ذهنية وسرعة خاطر ملحوظة، بعد عن الواقع، فقدان البراعة اليدوية وتصرفات غير عقلانية. هذا الإحساس بالسعادة والانتشاء هو وهمي وخطر معاً، ذلك أنه إذا ما استمر الغواص في الهبوط إلى الأسفل ستزداد ثقته بنفسه أكثر فأكثر، لكن ستنخفض قدرته أكثر فأكثر. يحدث خدر الآزوت الخفيف على عمق نحو 50 متراً. وفي الأعماق الأكبر يصبح ملحوظاً أكثر، إلى أن يفقد المرء آخر الوعي، وذلك عادة على عمق نحو 90 متراً. يمكن للغواص، مع التعرض المتكرر للحالة، أن يتعوَّد بشكل ما على آثار الآزوت، وهي الظاهرة التي تعرف باسم «التقدم التدريجي» والتي تجعله قادراً على أن يغامر بالوصول إلى الخمسين متراً دون أن يصيبه الخدر الشديد. مع ذلك، فإن

هذا الآزوت مسؤول عن وفاة الكثير من الغواصين وهم يحاولون القيام بغوصات عميقة، كما أنه يقلل حد الغوص الذي ينصح به، لدى استخدام الهواء المضغوط، وهو 30 متراً.

قام العالم جـ. ب. س. هالدين وهو ابن ج. س. هالدين ـ بدراسة علمية عن آثار خدر الآزوت وذلك باستخدام حجرة ضغط سنة 1941. لقد أخضع أشخاص تجاربه بمن فيهم هو نفسه وزوجته لاحقاً، لفحوص مهارة رياضية ويدوية، بحيث تشكل الفحص اليدوي من نقل حوامل ـ كرات صغيرة من إبريق إلى آخر وذلك باستخدام الملاقط، ولقد وجد أنهم جميعاً، حين يتنفسون هواء بدرجة ضغط 10 (أي ما يعادل عمق 90 متراً) ترتبك حركتهم نوعاً ما. أحدهم، وهو عالم مسؤول في قضايا الضغط الجوي، فشل في فحص المهارة، فيما بدا على آخر أنه ينتقل بالتناوب بين الابتهاج والاكتئاب، أو أنه في لحظة من اللحظات راح يتوسل طالباً إزالة الضغط عنه لأنه يشعر أن «الأمر.. مخيف». وفي لحظة أخرى راح يضحك ويحاول التدخل في فحوص المهارة لزملائه الآخرين. على أنه ما من أحد منهم استطاع أن يحصل على مجموعه تماماً ـ كما لاحظ هالدين باختصار ـ فالمشاهدات لم تكن مرضية كما هو مرغوب. الصعوبة الأخرى هي أن الشخص المشرف على التجربة كان يصاب بالخدر عادة شأنه شأن الخاضع لها. وغالباً ما كان يخفق في تسجيل الملاحظات على الورق أو إيقاف ساعة الضبط. مثل هذه الدراسات كانت كافية لتبيان أن الغواصين الذين يصابون بخدر الآزوت لا يمكن أن نتوقع منهم أن يسلكوا سلوكاً مسؤولاً، بل إنهم قد يتصرفون بردود فعل تهدد حياتهم وحياة غيرهم بالخطر. والحقيقة أنه عرف عن بعض غواصي السكوبا المصابين بهذا الخدر أنهم كانوا يقدمون أفواههم للسمك العابر.

يحدث الشفاء من تسمم الآزوت بسرعة ملحوظة إثر إزالة الضغط. ففي تجارب هالدين، كان الزوال المباشر للأعراض يتم حين ينخفض الضغط

من 10 إلى 5 وحدات جوية. ورد الفعل النموذجي كان «يا إلهي، أنا صاح».

لماذا يسبب الآزوت، في ضغط معيَّن، النشوة؟ سؤال ما يزال دون جواب. على أن تشابه الأعراض يدل على أن آلية عمله قد تكون هي نفسها آلية عمل الكحول، لكن هذا لا يساعد كثيراً نظراً لأننا ما نزال لا نعرف إلاَّ القليل عن آلية عمل الكحول. غير أن أحدث الدراسات تشير إلى أن الكحول تتفاعل مع صنف خاص من البروتينات في أغشية الخلية، تعرف باسم «قنوات الأيون» وهي التي تنظم قابلية الإثارة لدى الخلايا العصبية. هكذا، ربما، يمكن أن تكون الكيفية التي يعمل بها الآزوت.

كثير جداً من شيء جيد

الأوكسجين عنصر سام ويصبح هكذا على نحو متزايد مع تزايد الضغط[5]. وعلى الرغم من أن معظم الناس يمكنهم أن يتنفسوا، بأمان، الأوكسجين النقي تحت درجة ضغط 1، مدة تصل حتى الساعتين دون آثار ضارة، إلاَّ أنه بعد أربع وعشرين ساعة، يبدأ بالظهور عليهم نوع من التهيج الرئوي بسبب التخريب التدريجي للخلايا التي تبطن الجيوب الهوائية. العلامة الأولى للمشكلة هي السعال، لكن في الحالات الحادة، يمكن أن يصل الأمر إلى صعوبات في التنفس، تسرب السائل إلى داخل الرئتين بل حتى إلى نزف الدم من الشعريات الرئوية، وبذلك تمتلئ الرئتان بالدم. كذلك يتأثر الجهاز العصبي، بدرجة ضغط جوية. وقد يصاب المرء بالدوار،

(5) ذات مرة كرر والدي على مسامعي بيتاً من الشعر كان قد قاله الغواص البريطاني الشهير، بوستر كراب: «تحت، على عمق 30 قدماً، يسكن شيطان اسمه الأوكسجين بيت». لقد صيغ هذا الاسم عندما استعاد جندي من البحرية وعين بعد نوبة إغماء بسبب الأوكسجين. وحين سأل من الذي صرعه أرضاً، أجابوه أن الأوكسجين بيت، وشاعت التسمية بعد ذلك.

الغثيان، وشلل الذراعين والرجلين. كما تحدث تشنجات مشابهة لتشنجات نوبة صرع أساسية، خلال بضع ساعات وبسرعة أكبر أيضاً مع الإجهاد الجسدي، تكون هذه التشنجات عنيفة أحياناً إلى حد يكفي لكسر العظام. وإذا زاد الضغط الجوي فإن زمن ما قبل حدوث التشنجات يقل. إن أي تشنج تحت الماء قد يكون، وبكل وضوح، مميتاً، كما ينبغي تجنبه. لهذا، أجريت تجارب واسعة، ومرة أخرى من قبل هالدين، حول الحرب العالمية الثانية، فلاحظ: «التشنجات عنيفة جداً، وفي حالتي أنا نفسي فإن الأذية التي سببتها لظهري ما تزال تؤلمني برغم مرور سنة. إنها تدوم مدة دقيقتين يعقبها ارتخاء. لقد أفقت وأنا في حالة من الذعر الشديد بحيث قمت بمحاولات عقيمة للفرار من الحجرة الفولاذية».

لقد وجد هالدين وزملاؤه أن التعرض للأوكسجين النقي، بضغط 7 وحدات جوية، يصيب المرء بالتشنج بعد نحو 5 دقائق. ولفرحته، فقد اكتشف أيضاً أن الأوكسجين في هذا الضغط، ليس بالغاز الذي لا طعم له ولا رائحة كما هو حاله في الضغط الجوي العادي، بل له نكهة خاصة نوعاً ما هي مزيج من الحلو والحامض معاً ومثل «حبر ممدد فيه قليل من السكر». ولقد أحب أن يستخدم هذه الحقيقة لكي يوضح أن المرء ينبغي أن يصدق كل ما يقرأه في الكتب التي تقول على الدوام إن الأوكسجين لا طعم له.

استخدمت البحرية البريطانية، خلال الحرب العالمية الثانية وما تزال، جهاز تنفس مغلق المدارة يزود بالأوكسجين النقي. إنه يتألف من رئة موازية تحمل على الصدر وأسطوانة أوكسجين. الرئة الموازية هي عبارة عن كيس مطاطي كبير مرن يتوسع وينطبق مع أنفاس الغواص. يقع بين الفم والرئة الموازية جهاز لغسل ثاني أوكسيد الفحم (مليء بكلس الصودا) يعمل على إزالة ثاني أوكسيد الفحم الذي يزفره الغواص، فيما تزوده الرئة الموازية بالأوكسجين ليحل محل ذاك الذي استهلكه الغواص. لا غاز ينطلق في

الماء، وبالتالي لا فقاعات فاشية للسر تتشكل، إنها ميزة عظيمة في العمليات السرية حيث يتعين على الغواص أن لا يكشفه أحد. كذلك هي مفيدة أثناء زرع الألغام باليد لأن الفقاعات يمكن أن تفجر اللغم. ثمة ميزة أخرى أيضاً، وهي أن حجم أسطوانة الغاز يمكن أن يكون خمس حجم خزان السكوبا، (لأن الهواء هنا لا يحوي إلاّ 20 بالمئة من الأوكسجين) وهو ما يجعل الغواص أكثر قدرة على المناورة[6]، وإذا ما عمل الخزان الأكبر على نحو متناوب، فإنه يوسع نطاقه. إن الحد الذي وضع للغوص، نتيجة لتجارب هالدين هو 8 أمتار (1,8 بار) حين يتنفس الغواص الأوكسجين النقي. لكن حتى ذلك الوقت، فإن هذا يمكن تحمله بضع ساعات فقط. على أن بعض الناس أكثر عرضة للتسمم بالأوكسجين من بعضهم الآخر، لهذا فإن البحرية البريطانية تختبر حالياً مجنديها الغواصين الجدد بتعريضهم لضغط وحدتين جويتين كي ترى ما إذا كانوا يصابون بنوبة حين يتنفسون الأوكسجين النقي أم لا. وأولئك الذين يصابون يوجهون إلى ميدان تدريب واختصاص مختلف.

ليس بالإمكان أن يستخدم الأوكسجين النقي، تحت الـ 8 أمتار، بل يصبح من الضروري تزويد الرئة الموازية بمزيج من الغازات. هذا المزيج يكون عادة بنسبة 60 بالمئة أوكسجين و40 بالمئة هواء في الأعماق التي تصل حتى 25 متراً، ثم تخفض نسبة الأوكسجين في الأعماق المنخفضة أكثر، تصل إلى 33 بالمئة على عمق 50 متراً. سيئة هذا المزيج الغازي هي أن آزوت الهواء يتراكم في الرئة الموازية ليغدو من الضروري غسل الجهاز بين الحين والحين. وعلى الرغم من أن هذا يصدر فقاعات إلاّ أن ذلك يحدث بين الفترة والأخرى. لهذا تظل الرئة الموازية جهاز الخيار الوحيد في عمليات سرية كزرع القنابل في سفن العدو مثلاً. كذلك يكون الزمن

(6) يستخدم غواصو الكهوف أحياناً الأوكسجين النقي، نظراً لأن الأسطوانة الأصغر هي ميزة حسنة عندما يحاول الغواص أن يحشر نفسه عبر الثقوب الضيقة.

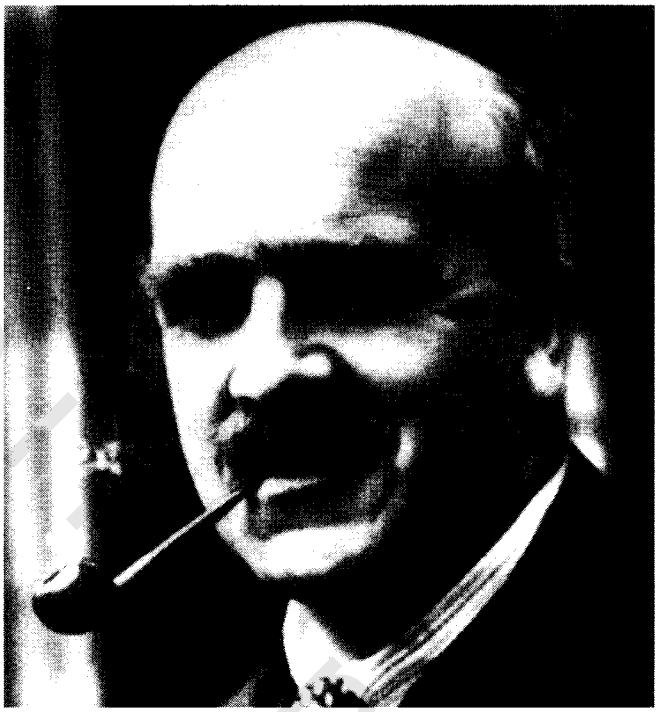
المطلوب لإزالة الضغط أقل بكثير، نظراً لأن القليل من الأوكسجين يكون موجوداً في مزيج الغاز.

تؤخذ السمِّية بالاعتبار أيضاً حين يتنفس المرء هواء نسبة تركيز الأوكسجين فيه منخفضة، وعلى نحو يماثل تلك الموجودة في الهواء في الأعماق. فضغط الهواء الذي يتنفسه الغواص حين يغوص يزداد بصورة متوازية مع ضغط الماء، بحيث يكون على عمق 90 م، مثلاً، 10 وحدات جوية، وبما أن خمس الهواء هو أوكسجين فإن هذا يعني أن الضغط الجزئي للأوكسجين هو وحدتان جويتان في الآن نفسه. هذا أمر يمكن احتماله فترة قصيرة من الزمن، لكنه غير مرغوب فيه بالنسبة إلى الغوصات الطويلة، وبالتالي يتعين إنقاص نسبة الأوكسجين في الغاز المستنشق. لا تعاني حيوانات الغوص العميق كالحيتان والفقم مثلاً، من التسمم بالأوكسجين أو خدر الآزوت نظراً لأنها لا تتنفس هواء مضغوطاً، بل الحقيقة أن الهواء لا يغادر رئاتها أثناء الغوص.

الإغماءات والشجاعة

علينا أيضاً أن نلقي نظرة على تأثيرات ثاني أوكسيد الفحم في الضغط الذي يمكن أن تكون له آثار خطيرة، برغم أنها قد لا تكون بخطورة الحال مع الأوكسجين والآزوت. يعمل ثاني أوكسيد الفحم، كما عرضنا في الفصل الأول، كمحرض قوي للتنفس. فأي ارتفاع في هذا الغاز لا يزيد معدل التنفس وحسب، بل يمكنه، إذا ما استمر، أن يؤدي أيضاً إلى الصداع والاضطراب وفقدان الوعي.

في مطلع القرن العشرين، وجد أن التسمم بغاز الفحم يفسر لماذا يعجز كثير من غواصي البحرية البريطانية عن عمل أي شيء وهم في الأعماق، فالغواص كان يزود بالهواء باستمرار من السطح، وهو ما كان يسري إليه عبر صمام متوضع إلى جانب خوذته، أمّا ثاني أوكسيد الفحم فهو



جـ.ب.س. هالدين (1892 ـ 1964) هو عالم بريطاني لامع وبالغ التأثير. دراساته عن آثار الغازات على جسم الإنسان تحت الضغط غيرت تغييراً جذرياً مهنة الغوص، إلاّ أن عمله الأعظم كان كعالم مورثات، وكذلك دراساته حول الأساس الرياضي لنظرية التطور. إن شخصية متوهجة تحسن المماحكة والجدل، كما كان أيضاً ماركسياً ملتزماً وناشر علم بالغ النجاح، يكتب مقالات علمية منتظمة لـ «جريدة العامل اليومية».

ناتج الاستقلاب الذي يطرح في هواء الزفير. لهذا السبب يرفع التنفس نسبة ثاني أوكسيد الفحم في بذلة الغواص إلى مستوى يفوق مستواه في الهواء المستنشق، وبقدر يتوقف على معدل تدفق الهواء داخل البذلة. كما أن ممارسة أي عمل، تزيد المعدل الاستقلابي، وبالتالي تزيد أكثر وأكثر نسبة تركيز الغاز. ليس لنسبة 2 بالمئة من ثاني أوكسيد الفحم إلاّ أثر ضئيل على أداء الغواص في حالة الضغط الجوي العادي، لذلك فإن المعدل الذي يتم به تزويده بالهواء يحسب بدقة بحيث يضمن عدم تجاوز هذا الحد. لكن، في ذلك الحين لم تكن تعطى الأهمية اللازمة إلى أن آثار ثاني أوكسيد الفحم

تتسارع مع تزايد الضغط وأنه على عمق 60 متراً، حيث الضغط 5 وحدات جوية، يكون لاثنين بالمئة من ثاني أوكسيد الفحم أثر مشابه لذلك الذي ينجم عن نسبة 10 بالمئة من هذا الغاز على السطح. وبالتالي، إذا حاول الغواص إجهاد نفسه، فإنه لن يلهث كثيراً فحسب بل غالباً ما يفقد وعيه أيضاً. لكن ما إن حدد سبب المشكلة حتى كان من السهل معالجتها وذلك بزيادة معدل التزويد بالهواء وبما يتناسب مع ضغط الماء الخارجي.

كذلك يمكن أن يحدث التسمم بثاني أوكسيد الفحم لدى استخدام جهاز إعادة التنفس مغلق الدارة المذكورة آنفاً، إذا كان جهاز غسل غاز الفحم الذي يطرد الغاز لا يعمل بالشكل المناسب، أو إذا ما تعطل. ولعل هذا أحد الأسباب التي تفسر لماذا أصيب عدد من غواصي الأسطول خلال الحرب العالمية الثانية، بفقدان الوعي تحت الماء وبالتالي غرقوا وماتوا برغم أنهم كانوا يعملون في أعماق ضحلة.

نتيجة لتلك المآسي، بوشر بالمزيد من الدراسات حول الآثار التي يتركها تنفس ثاني أوكسيد الفحم تحت الضغط. فقبل ثلاثة أشهر من اندلاع الحرب العالمية الثانية، أي في حزيران / يونيو سنة 1939، غرقت الغواصة البريطانية «ثيتيس» قرب ليڤربول، وهي تقوم بمناورات بحرية، مما أدى إلى هلاك تسعة وتسعين فرداً ولم ينج إلاّ أربعة أفراد، مرة أخرى، دعي جـ.ب.س. هالدين إلى الموقع، وهذه المرة من قبل نقابة العمال التي يمت كثير من رجال الغواصة إليها، وذلك بغية التحقيق في سبب الموت. استخدم هالدين أربعة مساعدين، من المتطوعين[7] الذين لا علاقة لهم بالعلوم إذ

(7) هؤلاء جميعاً أعضاء في اللواء الدولي، شيوعيون قاتلوا ضد فرانكو في الحرب الأهلية الإسبانية، وهي حقيقة قدمت لهالدين قدراً كبيراً من الاقتناع (فقد كان مناصراً متحمساً للشيوعية في ذلك الحين). لقد كتب: «اخترت أولئك الرجال كرفاق إذ ليس لدي أدنى شك في شجاعتهم وإخلاصهم». مبرراً أن الرجال الذين عاشوا تجربة القتال والحرب يحتمل أن يبقوا باردين تحت الضغط.

أدخلهم داخل حجرة فولاذية شروطها تحاكي شروط حجرة النجاة في الغواصة، فأصيبوا جميعاً، وخلال ساعة، بصداع شديد، ثم بدأ عدد منهم بالتقيؤ، وذلك بسبب ازدياد نسبة ثاني أوكسيد الفحم.

نحو ثلاثة بالمئة من هواء الزفير هو ثاني أوكسيد الفحم لهذا، إذا ما انحصر أناس في حيز ضيق واضطروا لأن يتنفسوا الهواء نفسه، فإن نسبة ثاني أوكسيد الفحم ترتفع. وفي غواصة مغلقة تماماً، فإن الارتفاع في ثاني أوكسيد الفحم قد يحدث قبل أن يقدر أحد أنه من الضروري مغادرة السفينة: وفي حال الغواصة «ثيتيس» بلغ هذا الارتفاع على ما يبدو نحو 6 بالمئة (قيمته العادية في الجو هي 0,04 بالمئة). لكن هذه ليست المشكلة الوحيدة، نظراً لأن الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الفحم في الهواء يرتفع أعلى من ذلك حتى، حين تستخدم حجرات النجاة. وفي الغواصة، تنفتح فتحات النجاة نحو الخارج، وبذلك فإن ضغط الماء الخارجي يساعد في إبقائها محكمة الإغلاق، ولكي تفتحها، فإن ضغط الهواء داخل الغواصة يجب أن يتساوى مع ضغط الماء الخارجي وذلك بتدفق ماء البحر إلى حجرة النجاة. وحالما يتم تلافي مشكلة الضغط ويصبح بالإمكان فتح كوى النجاة، فإن البحارة يرتدون معدات التنفس ويصعدون إلى السطح.. ونظراً لأن الهواء في حجرة النجاة يضغط مع دخول الماء، فإن الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الفحم سيرتفع تدريجياً.

نتيجة لذلك، ولهذا السبب، قام هالدين جنباً إلى جنب مع د. مارتين كيز بإجراء اختبارات شاملة حول آثار ارتفاع نسبة ثاني أوكسيد الفحم تحت ضغط متزايد، فوجدا أن ارتفاعه من 0,04 بالمئة إلى 6 بالمئة ضئيل الأثر بدرجة ضغط 1، لكن بدرجة ضغط 10 كان هناك تراجع ملحوظ في الأداء في اختبارات المهارة، إذ أصبح الأشخاص الخاضعون للتجربة جميعاً في حال ارتباك ومعظمهم أغمي عليهم خلال (5) دقائق. يمكن لأي اضطراب أو فقدان للوعي تحت الماء أن يكون ذا عواقب مهلكة. لهذا، دلت دراسات

هالدين على أنه حين أزيل الضغط فجأة في حجرة النجاة في الغواصة «ثيتيس»، فإن نسبة تركيز ثاني أوكسيد الفحم في الهواء المتبقي ربما كانت عالية إلى درجة تكفي لإضعاف قدرة البحارة على الحكم وتأخيرهم عن ارتداء أجهزة تنفسهم وتكييفها تكييفاً صحيحاً.

كان هالدين، كما ينبغي أن يكون واضحاً الآن، يستمتع، وعلى نحو غريب تماماً، بإجراء الاختبارات على جسمه نفسه (وكذلك أجسام زملائه) وحتى أبعد حد، كما أنه كان عالماً خالصاً بكليته للعلم، لهذا كان يتحقق ويبحث في آثار ثاني أوكسيد الفحم في درجات الحرارة المنخفضة التي يواجهها الإنسان في الأعماق. ولقد كتب عن ذلك في إحدى المناسبات: «غطست في ماء الجليد الذائب مدة خمس وثلاثين دقيقة متنفساً هواء يحوي 6,5 بالمئة من ثاني أوكسيد الفحم وفي آخر الفترة الزمنية تلك كان الضغط عشر وحدات ضغط جوي ففقدت الوعي. أحد أشخاص تجربتنا انفجرت رئته لكنه شفي بعد ذلك، كما أن ستة فقدوا وعيهم في حالة أو أكثر من حالات التجربة، فيما واحد منهم أصيب بتشنجات؟

هنا يتساءل المرء ماذا يتعين على مجلس الصحة والسلامة أن يقول عن دراسات كهذه؟ إذ برغم كل شيء، فإن شجاعة هالدين الشخصية وكذلك أعضاء فريقه، هي التي وفرت المعطيات الضرورية للفهم العلمي لآثار الغازات على جسم الإنسان الخاضع للضغط. والمعرفة التي حصلوها هي التي أنقذت حياة الكثير من الناس وما تزال حتى اليوم.

إلى أي مدى تستطيع الوصول؟

إن الخطر الناجم عن خدر الآزوت إنما يعني أنه لا يمكن استخدام الهواء المضغوط في أعماق تزيد عن 30 متراً. هناك يجب أن يستبدل الآزوت، وأن تعدل كمية الأوكسجين، مع نزول الغواص إلى الأسفل، باستمرار وعلى نحو يضمن ألاَّ يتجاوز الضغط 0,5 بار. يتحقق توازن الغاز

المستنشق بالهليوم، وفي الأعماق التي تزيد عن 30 متراً يتنفس الغواصون عادة مزيجاً من الأوكسجين ـ الهليوم يعرف باسم الهليوكس. يتميز الهليوم، كغاز حامل، على الآزوت بمزايا عدة أولاها: أنه يسبب ضرراً أقل كثافة وبالتالي أقل لزوجة: كتلة جزئية هي 4 فقط بالمقارنة مع 28 للآزوت. كذلك الهليوم، وهو أمر بالغ الأهمية، أقل قابلية للانحلال في الماء من الآزوت، وهو ما يخفض مقدار الغاز الذي ينحل في الدم وبالتالي يخفض المدة المطلوبة لإزالة الضغط. في الجانب السفلي، لكن للهليوم ناقلية حرارية عالية مما يعني أن قدراً كبيراً من الحرارة يضيع عبر هواء الزفير، وبذلك يمكن للغواص أن يحتاج إلى جهاز تدفئة إضافي لإبقاء جسمه دافئاً، وبسبب كثافته المنخفضة فإن طبقة صوت الإنسان ترتفع، فيضفي عليه نوعاً من اللحن الزقائي وكأنه شخصية من كرتون، ينتج صوت «دونالد دوك» هذا لأن الحبال الصوتية تهتز بسرعة أكبر مما هو الحال في الهواء الأخف.

أمّا في الأعماق التي تزيد عن 200 م (21 بار) فيظهر على الإنسان والحيوانات الأخرى التي تعيش على البر العرض العصبي للضغط العالي (هبنز). إنه اضطراب عصبي يعرف بين الناس «بالهازوز» لأنه يسبب الارتعاش. ثمة أعراض أخرى أيضاً هي الدوار، الغثيان، والنوم القصير، وكأنها فترات من عدم القدرة على الانتباه. لا يعرف أحد سبب الهبنز تماماً، لكن لعله ينتج عن الأثر المباشر للضغط على الجملة العصبية، إذ يظهر على الخلايا العصبية المعزولة فرط إثارة مماثل حين تضغط في المختبر إلى ما يماثل ضغط الأعماق، ومن الملاحظ أن آثار الضغط والمخدرات تتفاعل، حيث إن الشرغوف (فرخ الضفدع) يتوقف عن السباحة إذا ما تعرض إمّا لنسبة منخفضة من الكحول (2,5 بالمئة) أو إلى ضغط عال (20 ـ 30 بار) وحين يطبقان كلاهما معاً فإن الشرغوف يسبح بسعادة وهو يدور ويدور. كذلك فإن الفئران التي تعطى مخدراً عاماً تفيق إذا زيد الضغط وهي تحت المخدر. والعكس صحيح، فالهبنز ينخفض بفعل المخدرات العامة. هذه

التجربة لم تجر مباشرة على البشر لكن التجارب على الحيوانات أدت إلى اكتشاف أنه يمكن التغلب على الهبنز جزئياً بإضافة قدر ضئيل من الآزوت على مزيج الهليوكس. وهو الغاز الذي يعرف باسم المزيج الثلاثي.

يحدد الهبنز العمق الذي يمكن للغواص أن يصل إليه دون احتياطات اصطناعية، فعندما يتنفس الهليوكس يكون الحد هو 200 ـ 250 م لكن الغوصات التجريبية تدل على أن البشر يمكن أن يعملوا في أعماق تصل في البحر المفتوح إلى 450 م (و600 م في حجرة ضغط) شريطة أن يتنفسوا مزائج خاصة من الغاز كالمزيج الثلاثي مثلاً. مع ذلك، تبقى هذه المناطق حكراً على رواد اختبارات الأعماق وليس لزيارة الإنسان العادي. بالمقابل، فإن الثدييات البحرية تقوم بشكل منتظم بزيارة أعماق ما فوق الـ 200 م): وحيتان العنبر قد تصل في غوصاتها إلى 1100 م فيما وصلت الفقمة ـ الفيلة إلى عمق 1500 م. ثمة أنواع كثيرة أخرى من الحيوانات ـ السمك، البكتيريا والديدان متعددة الهلب (ما غلظ من الشعر) ـ تعيش في أعماق أكبر حتى، وذلك حول فتحات أواسط المحيط. إذن، لماذا لا تصاب بمرض الضغط العالي العصبي؟ تكشف الدراسات التي أجريت على أجناس البحار العميقة أن لهذه الحيوانات عتبات تحمل ضغطاً أعلى بكثير من الهبنز. بل الأكثر من ذلك أنها تتطلب، على ما يبدو، ضغطاً عالياً للقيام بوظائفها الفيزيولوجية المعتادة إذ إن إزالة الضغط، في حالتها هذه، يمكن أن يؤدي إلى أعراض شبيهة بأعراض الهبنز. لذلك، يمكن اعتبارها «محبة للضغط رغماً عنها». وحالياً يحاول العلماء أن يكشفوا اللغز الحقيقي وهو: كيف تستطيع خلاياها أن تقوم بوظائفها في مثل ذلك الضغط الشديد؟

العيش في الأعماق

كما رأينا، فإن المزيد من الغاز ينحل في سوائل الجسم في الأعماق بسبب ازدياد الضغط. وفي الأعماق السحيقة، قد تستغرق فترة إزالة الضغط

ـ حتى ولو كانت الغوصة قصيرة جداً ـ الكثير من الساعات، بحيث يغدو شيئاً غير عملي العودة مباشرة إلى السطح. بدلاً من ذلك، فإن الغواص يعيش ويعمل في الأعماق إذ يعود بعد انتهاء مناوبته إلى مقصورة المعيشة حيث يتم الحفاظ على ضغطها مساوياً لضغط الماء المحيط. يعرف هذا الغوص باسم «غوص الإشباع» نظراً لأن مدة الغوص تعني أن أنسجة الجسم تصبح مشبعة تماماً بالآزوت، وقد أصبح «غوص الإشباع» في السنين الأخيرة شائعاً نسبياً، حيث يمكن للغواصين أن يمكثوا في الأعماق أسابيع عدة قبل أن يعودوا إلى السطح. أمّا مدة شهر فهي مدة مألوفة بالنسبة إلى غواصي نفط بحر الشمال الذين يكلفون بتمديد وإصلاح خطوط النفط في قاع المحيط.

يتنفس «غواصو الإشباع» بمادة الهليوكس، والتركيبة الصحيحة تماماً من الغاز المستنشق تتوقف على عمق «المخزن» الذي يعيشون فيه. أحد المعوقات الرئيسية لتنفس الهليوكس هو تأثيره على النطق، غير أن جهازاً إلكترونياً يعرف باسم «مزيل اختلاط النطق الهليومي» يمكن أن يستخدم لإبطال هذا التأثير وجعل حديث الغواص مفهوماً أكثر. كذلك، وبسبب الناقلة الحرارية العالية للهليوم التي تستنزف حرارة الجسم، فإنه يتعين الحفاظ على الحرارة في مناطق المعيشة نحو 30°. ما عدا ذلك فإن صعوبات العيش اليومية تحت الضغط ضئيلة. لعل أبرزها الضجر أثناء فترات إزالة الضغط الطويلة: إذ لا بد من مرور أربعة أيام لإزالة الضغط عقب كل «غوصة إشباع» حتى عمق 100 م، وعشرة أيام لدى الصعود من عمق 300 م. خلال هذه الفترة، ليس باستطاعة الغواص إلاّ أن يجلس وينتظر، بل حتى عندما يتم التوصل أخيراً إلى الضغط الجوي العادي، يتعين على الغواصين التجاريين أن يمكثوا بجوار حجرة إزالة الضغط. وحتى عندما يتم التصرف طبقاً للجداول والتعليمات تماماً، فإن نحو 1 بالمئة من الغوصات تؤدي إلى شكل من أشكال الالتواءات وهو ما يمكن أن يتطلب المعالجة في حجرة إعادة الضغط.

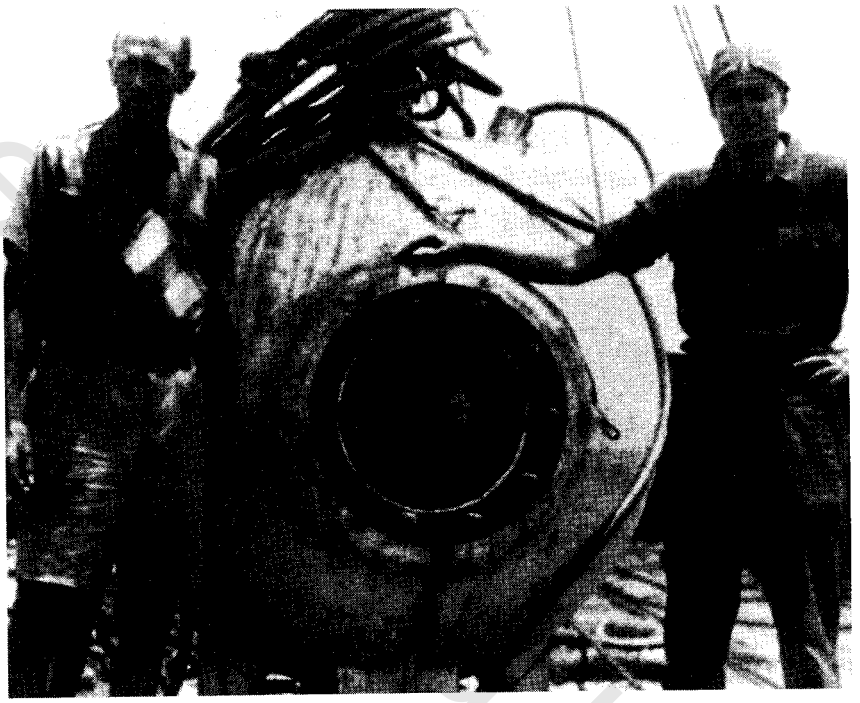
إلاَّ أن مشكلة المشاكل هي الطوارئ الطبية إذا ما حدث طارئ في سفينة إشباع، باعتبار أنه لا بد من مرور ساعات قبل إيصال الطبيب إلى مقصورة المعيشة. لذلك لا بد لكل غواصي الإشباع من أن يعرفوا كيف يعالجون أمراض الضغط العالي. وفي فرق الغوص الكبيرة، يدرب بعض الأفراد على التقنيات المتقدمة، مثل تركيب مصل وريدي، أو إعطاء مخدر موضعي مع ذلك، وبالنسبة للمشكلات الخطيرة حقاً، ينبغي إجلاء الغواص في الحال. الطريقة الأسلم والأسرع لفعل ذلك هي في إبقائه في ضغط المخزن نفسه وذلك باستخدام حجرة نقل عالية الضغط كتلك التي يشغلها المركز الوطني للضغط العالي في أبردين، سكوتلاندا لمساعدة الغواصين العاملين في حقول نفط بحر الشمال. إنهم يستخدمون حجرة رجل واحد لنقل الغواص المريض أو المصاب بأذى من منطقة معيشته في ماء البحر إلى سطح الماء. بعدئذ توضع هذه في عوامة وتوصل بحجرة أكبر تتسع لرجلين، حيث ينتظر طبيب ليقوم برعاية المصاب خلال الرحلة إلى اليابسة. لدى الوصول، ينقل الغواص، وهو ما يزال تحت الضغط نفسه، إلى حجرة طبية كبيرة حيث يمكن معالجته بأمان. كذلك ينبغي على سفن غوص الإشباع كلها والعاملة في بحر الشمال أن يكون لديها زوارق نجاة عالية الضغط تتسع لعدة أشخاص خشية الاضطرار لنقل مقصورة المعيشة، لأي سبب من الأسباب.

تحديات تحت الماء

ليس الضغط المشكلة الوحيدة بالنسبة إلى الغواص. بل هناك البرد الشديد وانعدام الوزن في الماء، وهما من الصعوبات التي يواجهها، إضافة إلى تأثير البصر لديه والسمع والتوجه أيضاً. يرتدي جميع الغواصين منظار الوقاية أو قناع الوجه، إذ بدونهما تكون العينان غير قادرتين على التركيز تحت الماء ليظهر كل شيء مغبشاً. السبب هو أن شعاع الضوء حين يمر من وسط إلى آخر ـ وفي هذه الحالة من الهواء (أو الماء) إلى العين ـ فإنه ينحني (ينكسر). تستخدم هذه الخاصية للمساعدة في تركيز أشعة الضوء على طبقة من الخلايا حساسة تجاه الضوء تعرف باسم الشبكية وتقع في مؤخرة العين مدى انكسار الضوء على سطح العين. هو في الماء أقل بكثير مما هو في الهواء، مما يجعل من المستحيل تركيز الصورة في الشبكية وبإبقاء حيز من الهواء يفصل العين عن الماء، وذلك بارتداء منظار وقاية أو قناع وجه، ينهي المشكلة. لكن نظراً لأن أشعة الضوء ستنعكس في هذه الحالة بواسطة الزجاج / السطح الداخلي المائي للقناع، ستظهر الأشياء أكبر بنسبة 30٪ وأقرب تحت الماء مما هي في الهواء، وقد يكون من المفيد أن نتذكر هذا عندما نستمع إلى قصص الغواصين عن القروش العملاقة.

يمتص الماء الضوء، لهذا تتناقص كثافة الضوء كلما ازداد العمق وحين الوصول إلى 600 م في عمق المحيط يصبح الظلام تاماً، ونظراً لأن امتصاص الضوء الأحمر أسهل من الأزرق، يقوم الماء أيضاً بدور مصفاة ألوان. إذ مع تزايد العمق، يتم أولاً تصفية اللون الأحمر ثم الأصفر فالأخضر وأخيراً لا يبقى غير الأزرق.

لقد وصف وليم بيب تغير الألوان هذا بما يشبه الشعر، فعلى عمق 15 متراً، وهو في قمرته الخاصة بالأعماق، نظر إلى الخارج فإذا أمامه «سديم متألق من الأخضر المائل للزرقة» راح يتحول ببطء إلى «ما يشبه ضوء الشفق الخفيف والأخضر البارد» ثم راح يهبط أعمق وأعمق، إلى أن بات اللون، على عمق 100 م أزرق شاحباً خالصاً: على عمق 200 م، «غدا الضوء أزرق وشأناً غير قابل للتحديد وعلى نحو مخالف تماماً لأي شيء رأيته في العالم العلوي وهو ما أثار أعصابنا البصرية بأشد الطرق إرباكاً». وقد كان يزيد من تألق الضوء الأزرق «مشعلنا الكشاف الذي كان يبدو أشد الأشياء التي رأيتها في حياتي صفرة».



وليم بيب (يسار) وأوتيس بارتون (يمين) بجوار كرة الأعماق التي قاموا فيها برحلتهم الملحمية «نصف ميل إلى الأسفل». بيب هو عالم طبيعي مشهور ومؤلف كثير من الكتب العلمية المشهورة. أمّا بارتون فشاب غني يحب المغامرات مهووس بالاستكشاف، صمم كرة الأعماق هذه ودفع تكاليف صناعتها. جدرانها من الفولاذ بسماكة 4 سم، ربطت إلى السفينة الأم بسلك فولاذي طوله 1067 م. فوهتها دائرية الشكل قطرها 35 سم فقط بحيث كان على شاغليها أن يعصرا نفسيهما عصراً لكي يدخلا ويخرجا منها والرأس في المقدمة. نوافذها صنعت من المرو المبرمج بسماكة 7,5 سم. داخلها، جهاز دعم الحياة ويتضمن خزانات أوكسجين، صينيات من كلوريد الكالسيوم (لامتصاص بخار الماء) ومحلول الصودا (لامتصاص ثاني أوكسيد الفحم). خلال هبوطها إلى الأعماق، لم يشاهد بيب وبارتون أنواعاً من الأسماك الحية، لم تعرف سابقاً إلاّ وهي ميتة، تعلق في شباك الصيد وحسب، بل شاهدا أيضاً مخلوقات لامعة غير معروفة البتة. ملاحظة بيب على ذلك هي شعوره وكأنه «عالم إحاثة استطاع فجأة أن يلغي الزمن ليرى مستحاثاته وقد عادت إلى الحياة».

ببطء، ومع نزوله أعمق وأعمق، راح لونه الأزرق الجميل إلى حد يصيب بالصداع يتلاشى ليتخذ لون الحبر القاتم. إلاّ أنه كان قد ترك انطباعاً دائماً في ذهنه من قبل. على أن مسكتشفين آخرين ذكروا أن الضوء الأزرق يتحول إلى بنفسجي غامق قبل أن تحل محله ظلمة أشد سواداً من الليل.

الجانب الساحر هو أن وصف بيب قرأه على نحو واضح توماس مات. إذ إنه أدخله في روايته «دكتور فاوست» فيما يدعي أدريان أنه وضع سجلاً جديداً لعمق البحار مع الباحث الأمريكي أكيركوك راوياً كيف استطاع «هو والپروفسور أكيركوك أن ينزلا في جرس غوص على شكل رصاصة قطرها الداخلي لا يزيد عن 1,2 متر ومجهزة على نحو أشبه ببالون جوي تم إسقاطه في البحر من سفينة مرافقة بواسطة رافعة في تلك النقطة العميقة جداً في الماء الذي بدأ في البداية صافياً كالبلور ينيره ضوء الشمس، «لكن تلك الإضاءة» وصلت فقط إلى عمق نحو 57 م «أمّا في الأعماق الأدنى فقد كان الاثنان ينظران عبر نوافذ المرو إلى سواد أزرق، من الصعب وصفه». بعد ذلك «حل سواد مطبق في كل مكان، سواد فضاء، واقع بين نجوم لم يصله شعاع أضعف شمس منذ قرون».

يتحدد لون أي شيء من الأشياء بطول الموجة الضوئية التي تعكسها الوردة الحمراء، مثلاً، تبدو حمراء لأنها تعكس الضوء الأحمر وتمتص أطول الأمواج الأخرى كلها. تحت عشرين متراً في البحر الأبيض المتوسط، ستظهر الوردة الحمراء نفسها وهي سوداء، نظراً لأنه لا يعود هناك أي ضوء أحمر تعكسه. في الأعماق الأكبر، تكون كثافة الضوء منخفضة إلى درجة أن الخلايا الحساسة ـ باللون (المخروطيات) في شبكة العين تصبح غير قادرة على أداء وظيفتها.

حينذاك يظهر كل شيء رمادي اللون، وحين يصبح معتماً جداً كما هو الأمر عند الغسق وفي أعماق المحيط، فإننا نستخدم مجموعة مختلفة من خلايا الشبكية لتبين الضوء. إنها العصيات التي لا تستطيع تمييز الألوان لكنها شديدة الحساسية تجاه الضوء شديدة الحساسية بالحقيقة، إلى درجة أنها تتعطل عن العمل في ضوء النهار ولا بد لها من عشرين إلى ثلاثين دقيقة لكي تستعيد قدرتها على العمل حين يعتم الضوء. يعرف هذا كل من جلس بعضاً من الوقت في غرفة انقطع عنها الضوء ثم لاحظ كيف أن الظلال الغامضة تبدأ ببطء وشيئاً فشيئاً بالتوضح على شكل أشياء قابلة للتمييز. لا يقضي معظم الغواصين في الأعماق وقتاً كافياً للتكيف مع الظلمة، مع ذلك، فإن العصيات فاقدة الحساسية تماماً تجاه اللون الأحمر. يمكن لمقدّم خوذة أحمر متحرِّك يُركب على الحافة الخارجية لقناع الوجه ويوضع على الرأس قبل الغواص (ثم يُنزع في الأعماق) أن يساعد في تحسين رؤية الغواص.

إن جزءاً من سحر الغوص، المستمد من الأفلام أو التجارب الشخصية، إنما يجسده صمت العالم تحت الماء، ذلك أن السمع تحت الماء أصعب بكثير مما هو في الهواء، وذلك لأن الصوت يخفت ويتلاشى بسرعة أكبر في الوسط الأشد كثافة. إضافة إلى ذلك، ولأن الأمواج الصوتية تنتقل بسرعة أكبر عبر الماء، فإنها تميل لأن تصل إلى كلتا الأذنين في الوقت نفسه تقريباً، مما يجعل من الصعب تحديد الموضع الذي جاء منه الصوت.

إن المحيطات أبرد بكثير من أن يستطيع الإنسان البقاء فيها حياً فترة طويلة من الزمن دون عازل (الاستثناء من هذه القاعدة هو سطح الماء في البحار الاستوائية). يمتص الماء البارد حرارة الجسم بفعالية عالية. لهذا السبب، فإن شكلاً إضافياً ما من أشكال العزل الحراري ضروري للغواص. من هنا تكون «البذلات الرطبة» مناسبة لأنها تحسن طبقة رقيقة من الماء بين الجسد وبطانة (Latex) البذلة، بينما «البذلات الجافة» تطرد الماء ويلبسها الغواص عادة فوق عدة طبقات من الملابس. يتسارع فقدان الحرارة، في الأعماق التي تزيد عن 50 متراً، بسبب الحاجة لتنفس غاز الهليوكس. يتمتع الهليوم بفاعلية حرارية عالية إلى درجة أن قدراً كبيراً من حرارة الجسم يفقد بالتنفس. لهذا غالباً ما يكون ضرورياً أن يزود غواصو البحار العميقة بأجهزة تدفئة شخصية وذلك بضخ الماء الحار عبر بذلة الغوص، وفي بعض الأحيان بتدفئة حتى الغاز الذي يقدم لهم.

يكون الغواصون فاقدي الوزن أساساً بسبب قابلية الطفو في الماء. هذا التحرر من قيود الجاذبية هو متعة من متع الغوص العظيمة، لكنه لا يخلو من صعوباته. إذ يصعب بصورة خاصة، استخدام الأدوات التي تتطلَّب عزم تدوير، ذلك أن جسدك كله يفتل حين تشد المفتاح بقوة، في حين أن الصامولة التي تحاول فكها تبقى ثابتة في مكانها لا تتحرك. كذلك من الصعوبة بمكان أن تبقى في النقطة نفسها والتيار من حولك جار. كما أن كثافة الماء التي تتزايد، مع تزايد العمق، تزيد إلى حد كبير من الجهد المطلوب للقيام بأي حركة وتحد من مقدار العمل الذي يمكن القيام به.

على الأرض، تخبرنا الجاذبية والأدلة البصرية عن موقع جسدنا. لكن هذه المعلومات لا تتيح لغواص فاقد الوزن، إمكانية رؤية ضعيفة، بل قد تؤدي إلى فقدان للاتجاهات وإلى الذعر. إذ من السهل أن تصاب بالذعر حين لا يكون واضحاً مباشرة لديك في أي جهة يقع السطح. لكن لحسن الحظ تظل ثمة أدلة: فالفقاعات تصعد دائماً إلى الأعلى، وحزام الثقل، حين يحرّر، يسقط دائماً إلى الأسفل.

أخطار طويلة الأمد

قبل مئة سنة تقريباً، تم اكتشاف الآثار طويلة الأمد للعمل تحت الضغط، وذلك لدى عمال الإنشاءات الذين يعملون في جو مضغوط. لقد ظهر لدى الكثير منهم آلام مهلكة في أوراكهم ومفاصل أكتافهم، وأحياناً، بعد زمن طويل من توقفهم عن العمل تحت الضغط، ولدى فحصهم بالأشعة السينية ظهر على مفاصلهم ما يدل على التآكل. الحالة الأولى لتلف العظم لدى غواص لم تذكر إلاّ بعد ثلاثين سنة، لكن منذئذ فصاعداً بدأ تسجيل سلسلة مطردة من الحالات.

في أواسط الستينيات من القرن العشرين، كان الدليل دامغاً. ففي دراسة على 131 غواصاً، وعلى مدى عشر سنوات، تبين بالفحص الشعاعي أن اثنين وسبعين منهم لديهم تنكرز عظام، واثنين وعشرين منهم ليس لديهم أي علامة من علامات المرض. على غرار ذلك، تبين أن 20 بالمئة من عمال القيسونات العاملين في شق أنفاق «كلايد» كان لديهم آفة عظام وكان التلف يتموضع بصورة رئيسية في نهايات العظام الطويلة للأرجل والأذرع، فذهب الظن إلى أنه ينجم عن وجود فقاعات بالغة الصغر في النسيج العظمي تسد الشعيرات الدقيقة التي تزود الخلايا العظمية بالدم مما يؤدي إلى موتها.

أحد الأسباب التي تفسر لماذا يمكن للعظم أن يكون عرضة لمثل هذه الفقاعات البالغة الصغر هو أن الفقاعة حين تتشكل، تنضغط خلايا العظم الحي لكي تفسح مجالاً لها، نظراً لأن العظم نفسه غير قابل للانتفاخ. كذلك يمكن أن تتأثر، لدى بعض الناس، السطوح المفصلية للعظام، مما يسبِّب آلاماً مفصلية حادة في الأوراك والأكتاف.

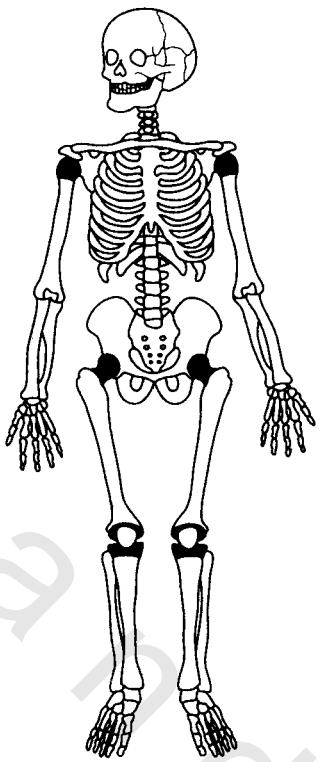
إن نسبة حدوث مرض العظام وحدته مرتبطان، كما يمكن توقعه، بالأعماق التي يصل إليها الغواص، إذ لم يكتشف أي أذى لدى أولئك الذين لم يتجاوزوا عمق الثلاثين متراً، في حين ظهرت أعراض التنكرز لدى نحو

20 بالمئة من أولئك الذين تجاوزوا المئتي متر. لهذا يخضع الغواصون التجاريون هذه الأيام، لفحوص عظمية دورية بحيث يمكنهم التوقف عن الغوص في الوقت المناسب لمنع انهيار العظم.

كذلك، يمكن أن يعاني الغواصون من فقدان السمع طويل الأمد. أسباب هذه الحالة ليست واضحة تماماً. على أن إحدى الأفكار المطروحة هي أن العمل تحت الماء يمكن أن يكون شديد الضجيج، لأن الهواء يندفع داخل الحجرة وخارجها خلال فترة ضغطه وإزالة ضغطه، كما أن الغاز يدور باستمرار في خوذة الغوص إضافة إلى أن أدوات البناء تحت الماء يمكن أن تكون صاخبة تماماً كنظيرتها على الأرض، والصدمة التي تنجم عن الصعوبات في موازنة الضغط في الأذنين أو عن الفقاعات التي تتشكل لدى إزالة الضغط، هي احتمال آخر وهي السبب المؤكد تقريباً، الذي يقف وراء ضعف السمع الذي يصيب غواصات المحار اليابانيات.

لقد أُجريت دراسات كثيرة حول ما إذا كان الغوص يسبِّب تلفاً دماغياً أم لا. وهناك اتفاق عام على أن الغواصين الذين يعانون من مرض إزالة الضغط الحاد يمكن أن تظهر لديهم إصابات عصبية دائمة، لكن رأياً قاطعاً نهائياً لم يتم التوصل إليه في ما إذا كان التلف ما تحت السريري يمكن أن يحدث لدى الغواصين الذين لم يواجهوا مشاكل إزالة ضغط أم لا. بعض الدراسات تدل على أنهم يتعرضون للارتعاش المتزايد وتناقص الإحساس في القدمين واليدين والأعراض الأخرى من الخلل الوظيفي للجهاز العصبي، في حين لم تبين دراسات أخرى أي آثار واضحة. لكن نظراً لتزايد عدد غواصي الاستجمام، فإن الحاجة لمزيد من البحث والدراسة باتت ماسة أكثر.

في سنة 1997 ظهر تقرير مقلق في الدورية الطبية البريطانية، إذ تم اكتشاف آفات صغيرة في أدمغة بعض غواصي السكوبا، باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي النووي. هذه الآفات كانت تترافق مع وجود مناطق من



مواقع الآفات العظمية لدى 72 غواصاً تبيّنها دراسة أُجريت على 131 غواصاً في كيل ألمانيا.

الخلايا العصبية الميتة، فذهب الظن إلى أنها نجمت عن انسداد مجرى الدم الآتي إلى المخ بفعل فقاعات هوائية بالغة الصغر. لكن ليس لدى غواصي السكوبا جميعاً فتحات في أدمغتهم. فقد كشف فحص أدق أن هذه الفتحات شوهدت فقط لدى الناس الذين لديهم فتحة صغيرة بين جانبي القلب الأيمن والأيسر. والمدهش، كما يمكن أن يبدو، أن هذه الحالة شائعة تماماً وهي موجودة لدى نحو ربع الناس. إنها تزداد نظراً لأن الأذنين الأيمن والأيسر ـ وهما حجرتا القلب الخاصتان للضغط الواطئ ـ يتصلان من خلال فتحة تعرف باسم «الفوهة البيضوية». هذه الفتحة تكون مغلقة عادة عند الولادة، لكن الانغلاق لا يكون كاملاً تماماً لدى بعض الناس. ولدى هؤلاء تتشكل

الفقاعات البالغة الصغر في الدورة الدموية خلال إزالة الضغط وتكون أصغر من أن تسبِّب الالتواء إلاَّ أنها يمكن أن تمر وتتوضع في مجاري الدم الدماغية (بينما تشبكها، لدى أناس آخرين، الشعريات الرئوية حيث يكون أذاها ضئيلاً) على الرغم من أنه لا يوجد دليل في هذه الدراسة على إصابات عصبية واضحة، إلاَّ أنه يمكن نصح الناس ذوي الفوهات البيضوية المفتوحة بالابتعاد عن غوصات السكوبا.

داخل الهاوية

يستطيع الغواصون الذين يتنفسون الهليوكس أن ينزلوا إلى عمق 200 متر، إذا كانوا لائقين جسدياً ومدرَّبين جيداً. وإذا ما استخدمت غازات خارجية فإن هذا العمق يمكن أن يصل إلى 400 متر. لكن يتعيَّن على الغواص هنا أن يرتدي خوذة من ليف الزجاج وبذلة مدفأة. تحت هذا المستوى يتعين على الإنسان أن يأخذ وسطه البيئي معه. تتصف الغاطسات (أي الأجسام القابلة للعمل تحت الماء) بميزة هامة هي أن ركابها يعيشون في ضغط جوي عادي، بحيث لا تكون هنالك حاجة لإزالة الضغط المطولة كما أنها يمكن أن تنزل وتصعد بسرعة. مع ذلك يجب أن تكون جدران الغاطسة قوية بصورة كافية لمقاومة الضغط الخارجي والحيلولة دون تحطمها، كذلك لا بد من وجود ماسكات آلية أو أذرع متحركة دقيقة لجمع العينات.

شيدت غواصة العمل الأولى في العالم نحو سنة 1620 من قبل كورنيليوس ڤان دريبيل. وعلى الرغم من أن تصاميم مركبات تعمل تحت الماء كانت قد وضعت في وقت أبكر ـ من قبل ليوناردو دافينتشي وآخرين ـ فإن دريبيل كان سابقاً عصره بشوط بعيد. إذ حتى أواسط القرن التاسع عشر، لم يضف إلاَّ القليل من التطويرات على صناعة الغواصات، وذلك حين استخدمت في الحرب الأهلية الأمريكية الغواصات ذات المحركات البخارية والتي عرفت باسم «الداودية». لهذا كان على اكتشاف البحار العميقة

أن ينتظر زمناً أطول بكثير. إن النمط الأول للغاطسات، المصنوعة بحيث تقاوم الضغوط الشديدة الموجودة في الأعماق الكبيرة، إنما كانت كرة الأعماق، وهي شكل كروي فولاذي أجوف ذو جدران بالغة السماكة يتم إنزالها بأسلاك معدنية من سفينة على السطح. في كرة فولاذية كهذه، قطرها 1,4 متر فقط (4,5 أقدام) نزل وليم بيب وأوتيس بارتون إلى عمق 923 متراً محطمين الرقم القياسي، وذلك في برمودا في الخامس عشر من شهر آب (أغسطس) سنة 1934. لكن كرة الأعماق هذه لم يكن باستطاعتها أن تنزل إلاّ بشكل مستقيم، دون أن تقدم أكثر من لمحة لأعماق المحيط شديدة الإغراء والتعذيب.

أما غواصة الأعماق Bathscaphe التي اخترعها العالم السويسري أوغيست پيكار في الأربعينيات فقد أحدث ثورة في عالم الاستكشاف تحت الماء، نظراً لقدرتها الكاملة على المناورة واستقلاليتها عن السفينة الأم. لقد اشتق اسمها من كلمة Bathys الإغريقية وتعني العميق وكلمة Scaphos وتعني سفينة. إنها تعمل مثل بالون بالمقلوب. وهناك طوق علوي خفيف الوزن (يملأ بستين ألف غالون من النفط) يسمح للمركبة بأن تصعد، في حين يضاف إليها ثقل موازن لجعلها تنزل. أما التخلي عن الثقل الموازن في الأسفل فيسمح لغواصة الأعماق بأن تبحر صاعدة إلى السطح من جديد. تحت السطح، ثم تعليق حجيرة فولاذية كروية، جدرانها بالغة السماكة تحوي البحارة. . لقد حط جاك پيكار، ابن أوغيست، مع دون وولش، وهو ملازم في البحرية الأمريكية، على قاع البحر في أسفل خندق ماريانا وذلك في 23 كانون الثاني (يناير) 1960 وفي غواصة الأعماق «تريست»، على عمق 10914 متراً، وهو أعمق مكان في الأرض (إنه أكثر من ستة أميال عمقاً) والضغط هائل بحيث يصل إلى 1100 بار (أي 16500 رطل إنكليزي على كل بوصة مربعة). لا أحد بعد ذلك سجل رقمهما القياسي ذاك، رغم أن غطاساً آلياً يابانياً يدعى «كايكو» لمس القاع هناك سنة 1995.

لقد برهنت رحلة تريست أنه بإمكان الإنسان أن يهبط إلى قاع المحيط ثم يعود دون أن يمسه أذى، كما أن نجاحها فرَّخ جيلاً جديداً من الغاطسات حل فيها محل خزان الطوف الثقيل المزعج غلاف ضغط يوفر قابلية الطفو الأساسية. والآن تملك كل من اليابان، فرنسا، روسيا والولايات المتحدة جميعاً غاطساتها الخاصة. لكن لعل أشهرها جميعاً، الغاطسة «ألڤين» التي دشنها معهد وودز هول لدراسة المحيطات سنة 1984 والتي استخدمت لتحديد موضع القنبلة الهيدروجينية التي سقطت بحادث عرضي في البحر الأبيض المتوسط غير بعيد عن شاطئ إسبانيا. ولاستشكاف الفتحات الحرارية الهيدروجينية في الصخور الواقعة وسط المحيط وكذلك لإيجاد حطام السفينة «تيتانك». آخر نموذج من الغاطسات هو «طائرة الأعماق» وهي مركبة سريعة عالية القدرة على التحرك تشابه طوربيداً مجنحاً، صممه غراهام هوكز، «ليطير» عبر الماء. لكن حتى الآن فإن «طائرة الأعماق» لم تجرَّب إلاَّ في الأعماق الضحلة نسبياً.

الغواصة الأولى في العالم

أول غواصة عاملة في العالم صنعت نحو 1620 من قبل الكيميائي الهولندي كوريليوس ڤان دريبيل (1572 ـ 1634) الذي كان يقيم في لندن في ذلك الحين. لقد صنع ما مجموعه ثلاث غواصات، آخرها أكبرها وأكثرها إتقاناً وتعقيداً. ومن المعروف أنها أبحرت تحت الماء في نهر التايمز من ويستمنستر إلى غرينتش وتحت بصر الملك جيمس الأول. لقد بدت أشبه بجوزة هائلة الحجم يغطيها جلد مدهون بالشحم لمنع تسرب الماء. الصور شبه المعاصرة تدل على أن الغواصة كانت تتحرك بالمجاذيف في كلا جانبيها. لكن ما ليس واضحاً هو الكيفية التي كانت تحرك بها المجاذيف من داخل الغواصة دون أن يتسرَّب الماء. اللغز الآخر هو كيف كان المجذفون (والركاب) يتدبرون أمر التنفس. لقد كان باستطاعة الغواصة، على ما يبدو، أن تمكث تحت الماء نحو ساعة ونصف الساعة، وهي فترة طويلة كفاية لأن تسبب انخفاضاً مزعجاً في الأوكسجين وارتفاعاً في ثاني أوكسيد الفحم.

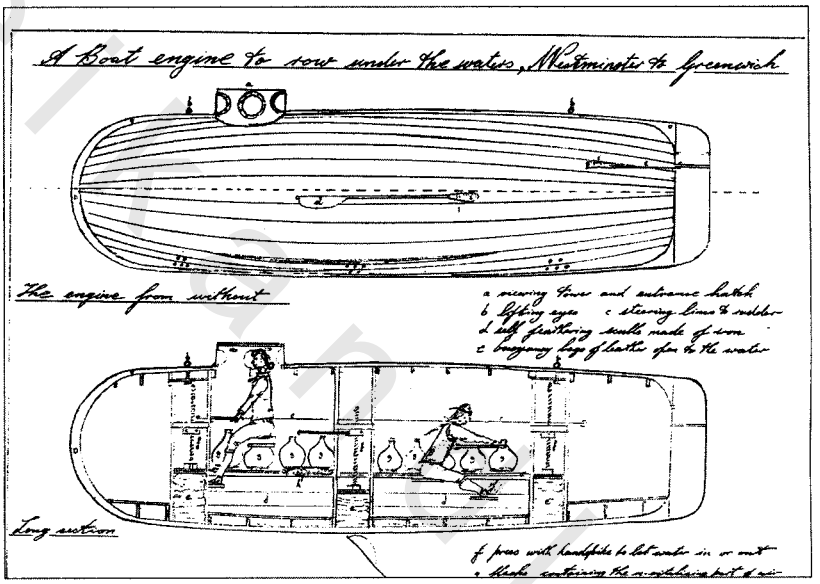
ويتضح، من إشارات وردت في أوصاف معاصرة للحدث تشير إلى «مشكلة الهواء»، أن كمية الهواء في آلة دريبيل لم تشكل عائقاً بالحقيقة. لكن كيف حُلَّت المشكلة فهو أمر ما يزال غير مؤكَّد. إذ يزعم أحد الكتاب أن الغواصة كانت تتصل بالسطح بواسطة أنبوب هوائي.

لوحة من القرن العشرين لغواصة أورتيليوس فان دريبيل رسمها جـ. هـ. تويديل

غير أن العالم روبرت بويل الذي قابل صهر دريبيل كتب سنة 1660، أي بعد نحو 40 سنة، أن دريبيل استطاع بنزع سدادة وعاء ملآن بذلك السائل الكيماوي أن يستعيد للهواء المزعج نسبة ما من أجزاء حيوية جعلته من جديد، ولفترة حديثة من الزمن، صالحاً «للتنفس». ما هو ذلك السائل؟ أمر يظل غامضاً، نظراً لأن الأوكسجين لم يتم عزله فعلياً إلاَّ بعد 150 سنة من ذلك التاريخ.

مع ذلك ثمة أحد الاحتمالات الذي تدل عليه واقعة معروفة وهي أن دريبيل قام سنة 1610 بزيارة إلى براغ حيث كان الكيميائي البولندي سنديڤوغيوس يعمل. وقد كان يتملك سنديڤوغيوس هوى شديد تجاه ملح البوتاسيوم. إذ وصفه بأنه «الغذاء السري للحياة»، وقد ذكر أن «النترات الهوائية» التي تنتج حين يحترق يبقي الناس أحياء.

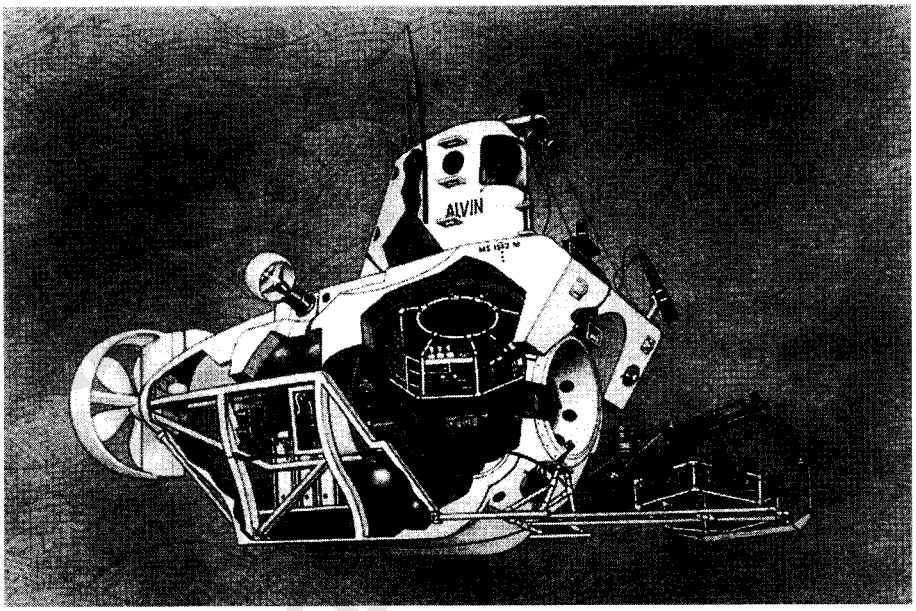
ولقد كانت ملاحظته صحيحة تماماً، إذ أن نترات البوتاسيوم تطلق الأوكسجين عندما تسخن. إذن ربما استخدم دريبيل مرطبانات من «النتر الهوائي» أو حتى حرق الملح الصخري نفسه ليحافظ على نقاء الهواء. على أن السؤال الصعب هو لماذا لم ترتفع نسبة ثاني أوكسيد الفحم إلى مستويات عالية تكفي لجعل المجذفين يفقدون وعيهم وهو السؤال الذي لمّا يحل بعد. ربما كانت الرحلة، وبكل بساطة، قصيرة جداً.



رسوم متصورة لنسخة من غواصة دريبيل، صممها صانع السفن التاريخي مارك ادواردز انطلاقاً من التكنولوجيا المعاصرة.

الحياة تحت الضغط

يشتغل الغواصون التجاريون، هذه الأيام، بصورة منتظمة في أنواع مختلفة من الأعمال تحت الماء، كالإشراف على خطوط الأنابيب مثلاً، صيانة معدات النفط، تفتيش أبدان السفن وإصلاحها، إخراج الحطام بل وحتى العمل القضائي. كما يغوص المزيد والمزيد من الناس من أجل



آلفن هي غطاسة البحار العميقة شغلها معهد وودز هول لدراسة المحيطات وبحارتها ثلاثة (عالمان وقائد سفينة) تستغرق غطستها النموذجية إلى عمق 4500 متر، نحو 8 ساعات تقضي منها أربعاً في القاع.

المتعة. والأعماق التي يمكن أن يصلوا إليها يمليها نوع الغاز الذي يتنفسونه. لكن، وعلى الرغم من أنه بالإمكان التغلب على سمية الأوكسجين وخدر الآزوت باستخدام غازات تأتي من الخارج، فإن مرض الضغط العالي العصبي (هبنز) يفرض على الغواص الحر الالتزام بالحد الأدنى من التعليمات. إضافة إلى ذلك، فإن الغواصين يتأثرون تأثراً كبيراً بالبرد، كما أن مرض إزالة الضغط يحد من المعدل الأقصى لسرعة الصعود الذي يسمح به. هذا يعني أنه يمكن للغواصين أن يعملوا بأمان على الرفوف القارية لكنهم لا يستطيعون النزول تحتها إلى قيعان الهاويات. لهذا ومن أجل استكشاف أعماق البحار، لا بد من الغاطسات المقاومة للضغط أو المسبارات البعيدة. وفي الوقت الحاضر ثمة جدل لا بأس به حول أي من هذين الخيارين هو الأفضل. لكن من المحتمل، على ما يبدو، أن يستمر تطويرهما كليهما، فقط لأن من المحتمل أن تكون مكافآت استكشاف أعماق

البحار كبيرة ومجزية ـ نفط وثروات معدنية ذات نسب كثيفة، خمائر بكتيرية ومنتجات طبيعية يمكن أن تحدث ثورة في ميادين التكنولوجيا الحيوية والطب، نظام بيئي فريد لم يدرسه العلماء إلاَّ نادراً ـ وهناك أيضاً الإثارة والتحدي في أن تشاهد ذلك كله فعلاً بأم عينك.

obeikandl.com

النزول في الماء الحار

قبل بضع سنوات، عرَّفني زميل ياباني إلى شكل شرقي من أشكال الاختبار بواسطة النار. لقد أخذني إلى إبوسكي، وهي بلدة صغيرة في جنوب اليابان تشتهر بحماماتها ذات المياه المعدنية. إنها تقع على حافة البحر، تطل على منظر رائع لبركان نشط ذي اسم مثير هو ساكورا ـ جيما أي جبل الكرز. ارتديت «كيمونو» قطنياً وخرجت إلى شاطئ عريض من الرمل الأسود فاستقبلني بالترحاب منظر خارق للعادة. إذ كان هناك مئات من الرؤوس البشرية وقد زرعت على شكل صفوف منتظمة في الرمل أشبه ما تكون بنوع خاص من الملفوف أو كرات القدم المهجورة. لقد بدت كما لو أن أحد الساموراي القدامى أصيب باهتياج مسعور تاركاً ثمار أعماله على الشاطئ بانتظار أن يغسلها البحر. لكن السر انكشف حين أشار لي عجوز، كان يمسك بمجرفة، وقد تقدَّم مني، يريد حفر قبري. لقد تمددت في الحفرة الطويلة ضحلة العمق ثم طمرني بعناية بحيث لم يعد ظاهراً مني فوق الرمل سوى رأسي. والطمر في الرمل تجربة رطبة باردة أذكرها من العطل أيام الطفولة في إنكلترا. كان الماء الذي يسخنه البركان القريب يتغلغل حتى الشاطئ مما يجعل الرمل حاراً. وكان دفئه يغلفني متغلغلاً عبر الثوب القطني الرقيق، حالاً عقداً في عضلاتي لم أكن أعلم بوجودها، فيما كان الرذاذ الناجم عن أمواج الشاطئ يدغدغ قدمي مهدهداً إياي مما جعلني أغرق في

النوم، ليوقظني فيما بعد أصدقائي اليابانيون وهم يشيرون إلى الساعة الكبيرة على عمود بدت أشبه بقطعة كرميلا عملاقة في طرف عود تهيمن على الشاطئ. إذ كان قد انقضى علينا ونحن نتبخَّر، خمس عشرة دقيقة وكان وقتنا قد انتهى.

الدقائق العشر التالية أمضيناها في البناء المجاور نغسل آثار الرمل، حاكين فاركين أنفسنا فركاً شديداً، منظفين شعورنا وأظفارنا وجلودنا إلى أن صار كل شيء فينا يلمع. حينذاك فقط، ونحن عراة نظيفون دون شائبة، بات بإمكاننا أن ندخل «الأونسن»، الحمام الحار المشترك.

«إنه حار». جاءني التحذير، لكنني لم أبالِ. فأنا دائماً آخذ حمامات حارة وأشرب الشاي وهو يغلي بل إنني مشهورة بأن لي أصابع من الحرير الصخري. بشجاعة خطوت إلى داخل البركة، فارتددت قافزة خارجها مرة ثانية. حرارتها تحرق. هي على الأقل 45 درجة مئوية، وخيل إليَّ أنني ولا بد أصبت بحروق من الدرجة الأولى ثم حملقت بذهول بالنساء اليابانيات رقيقات العظام اللائي يستلقين في البركة. كيف يمكنهن تحملها؟ ابتسمن ثم أومأن لي برؤوسهن مشجعات، مثرثرات في ما بينهن بأصوات عالية كأصوات الناي. لم يكن باستطاعتي أن أفهم كيف تراهن لم يحترقن وللتو داهمتني أفكار عن قدور الطبخ لدى آكلي لحوم البشر والعذابات التي كان يتحملها أولئك الذين كانوا يتهمون بالسحر في القرون الوسطى. بحذر شديد بدأت أدخل في الماء بوصة بوصة، متجاهلة الحرارة. بعدئذ مددت ذراعي على طول حافتي الحمام كي أوفِّر سطحاً كبيراً للتبريد بالتبخر. تطلَّعت حولي. كان المنظر أشبه بمستنبت زجاجي مليء بنباتات استوائية وأحواض كبيرة مختلفة. لقد ذكرني ذلك بعوالم قصص «نارينا» وبذلك المكان فيها حيث كل حوض يؤدي إلى عالم مختلف من تلك العوالم. الفارق، أنها هنا كانت ملأى بالماء وبدرجات حرارية مختلفة، ومحتوى معدني. عندما خرجت من الحوض الذي نزلت فيه بعد خمس دقائق، كان لوني أحمر

كرزياً لامعاً أشبه بسرطان بحري مسلوق. كل ما فيَّ من دم كان قد توجه إلى جلدي، وذلك في محاولة يائسة من جسدي لتبريده، لكن عبثاً، ذلك أنني لم أستطع التخلص من الحرارة التي ولدتها بنفسي وحسب، بل كنت مسرعة أراكم حرارة الحمام أيضاً. جلست على حافة الحوض، يتفصَّد جلدي عرقاً، لكنه شعور عجيب، إذ كانت الحرارة قد حلَّلت أوجاع الجسد والذهن كلها. منذئذ، وكلما ذهبت إلى اليابان، كنت أختار الذهاب إلى الأونسن (الحمام المعدني) المحلي.

من هذه التجارب التي لا أنساها أبداً زيارة شتوية قمت بها إلى «أونسن» يقع عالياً في جبال الألب اليابانية، تلك هي قمة زاو، حيث قام الشاعر تاشو بزيارة أوحت له ببعض من أشهر قصائده «الهايكو». كان الثلج يصنع ما يشبه العباءات للأشجار. وكانت تلك العباءات سميكة إلى درجة يصعب معها تمييز شكل الشجر فبدا أشبه بشموع ذابت. أما الجبال الرمادية الظليلة فكانت تتدرج في البعد نطاقاً بعد نطاق وكانت أشكالها ترق بما يمر فوقها من قزع الغيوم. إنه المنظر الهادئ اللطيف نفسه للوحة يابانية، كلها بالأسود والأبيض والظلال الرمادية، مع جمال شرقي أثيري كنت أحسب أنه لا يوجد إلاَّ في خيال فنان. لكن حينذاك أدركت، وكلي دهشة، أنها بالحقيقة صورة واقعية. على حافة الجبل، كانت تتجمع بيوت صغيرة من الخشب غائصة في أعماق الثلج، بينما كانت جداول حارة تجري في الشوارع مطلقة بخارها، مغلفة العابر غير الحذر بسحابة كبريتية دافئة.

«الأونسن» هو حمام حجري قديم تحميه جزئياً شرفة خشبية، لكن ما عداها يكون مفتوحاً لعناصر الطبيعة. تحده من كل جوانبه حديقة يابانية ومناظر ممتعة رائعة عبر الجبال. الماء باستمرار يجري إلى الحوض من جدول حار طبيعي. لقد جمدنا الهواء الجليدي حين مشينا عبر الثلج عراة إلى «الأونسن» ـ وهذه المرة سررت كثيراً بحرارة الحمام. لكنني كنت أقل سعادة بالبخار الذي كان يتصاعد من الماء. فقد كان ذا رائحة كبريتية

شديدة. وكان يعلق في بلعومي. سألت زميلي، وأنا مستلقية في الماء، شبه مخدرة بواسطة الحرارة، أن يترجم لي ملاحظة صغيرة مكتوبة على الجدار. كنت قد افترضت أنها تعني «ممنوع التدخين»، لكنها لم تكن كذلك، بل كانت تنصحنا بأن نغتسل جيداً بعد استعمال الأونسن، لأن الماء حمض إلى درجة يمكن معها أن تهترئ ثيابنا. بكسل تساءلت، وأنا في حالتي شبه المخدرة، ما تراه يمكن أن يفعل بجلدي؟ لكن بالحقيقة، كان الخطر هو الحرارة الشديدة، إذ على الرغم من أن غطسة قصيرة فيه تنشط على نحو عجيب، إلاَّ أن البقاء فترة طويلة يمكن أن يكون مميتاً، بالمعنى العام للكلمة.

obeikandl.com