frontiers FOR YOUNG MINDS

التنوع الحيوي
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021
doi: 10.3389/frym.2017.00062-ar

الاضطرابات الناجمة عن البشر قد تتسبب في تكوين فقاعات غازية خطرة داخل الحيتان التي تغوص في الأعماق

Andreas Fahlman[1*], Peter Lloyd Tyack[2], Patrick James O'Malley Miller[2] and Petter H. Kvadsheim[3]

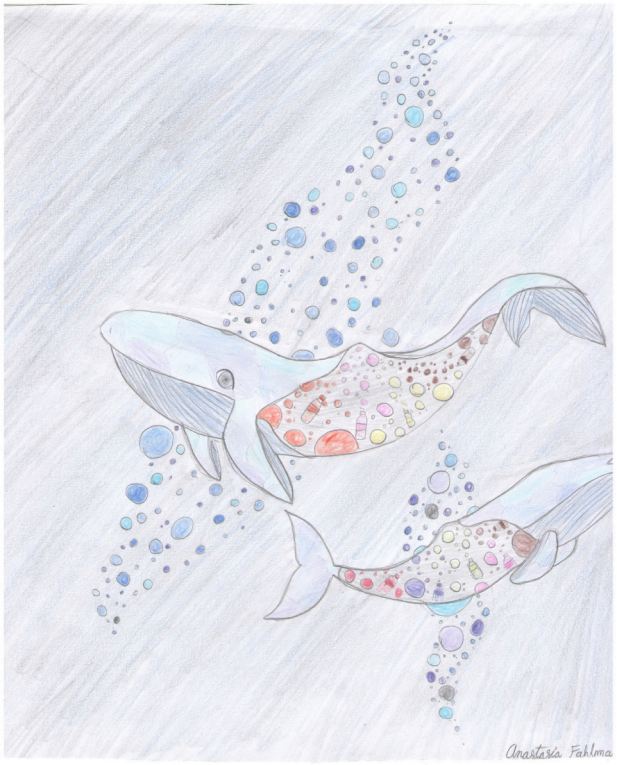
[1]Fundación Oceanogràfic de la Comunidad Valenciana, Valencia, Spain
[2]Sea Mammal Research Unit, University of St. Andrews, St. Andrews, United Kingdom
[3]Norwegian Defence Research Establishment (FFI), Maritime Systems Division, Horten, Norway

عبر ملايين السنين، تطورت الحيتان للغوص في المحيط أثناء حبس أنفاسها من أجل الحصول على الطعام. ولأن الحيتان تنتمي إلى فصيلة الثدييات التي تتنفس الهواء، فعليها في النهاية أن تعود إلى سطح المحيط للحصول على المزيد من الأكسجين. ومع ذلك، فإن الهواء الموجود في الرئتين يحتوي أيضًا على غاز النيتروجين، وهو غاز يجري امتصاصه في الدم دون أن يستخدمه الجسم. كلما يغوص الحوت أعمق، يزداد ضغط المياه، ويمتص الدم المزيد من النيتروجين ويحمله من الرئتين إلى الأنسجة الأخرى. عندما يعود الحوت إلى السطح، وينخفض ضغط المياه، يُعاد غاز النيتروجين إلى الرئتين، وإذا قضى الحوت الكثير من الوقت في المنطقة التي يُمتص فيها النيتروجين عند ضغط مرتفع، فعندما يعود إلى السطح، يمكن أن تتكون فقاعات مشابهة لتلك الفقاعات التي تتكون عند فتح زجاجة مشروب غازي. قد تسبب تلك الفقاعات مشكلات عديدة داخل جسم الحوت، ويمكن أن تؤدي أيضًا إلى الموت. عادةً لا تعاني الحيتان من مشكلات ناجمة عن الفقاعات. لكن في السنوات الأخيرة، اكتشف العلماء أنه عندما يُحدث البشر اضطرابات للحيتان، قد يتغير سلوك غوصها أو وظائفها الجسدية

المراجعون الصغار:

NADYA
العمر:12

CAROLYN
العمر:12



شكل 1

شكل 1

ما العامل المشترك بين الحيتان وزجاجات المشروبات الغازية؟ توضح الصورة حوتين وبداخل جسميهما فقاعات غازية. عندما تتعرض الحيتان للاضطراب أثناء الغوص، تمتص الحيتان المزيد من غاز النيتروجين. يخرج الغاز على شكل فقاعات عندما يعود الحوت إلى السطح ويتحرر الضغط، مثل الفقاعات التي تتكون عند فتح زجاجة مشروب غازي. مصدر الصورة Anastasia Fahlman.

بطرق تزيد من خطر تكوين الفقاعات التي يمكن أن تتسبب في حدوث مشكلات وتؤدي إلى الموت.

قد يساعد الفهم الأفضل لسلوك الحوت وكيفية تكون فقاعات النيتروجين العلماء في تطوير وسائل تقي الحيتان من تلك المشكلات.

ما العامل المشترك بين الحيتان وزجاجات المشروبات الغازية؟

عندما تقوم بفتح زجاجة مشروب غازي، بإمكانك رؤية الفقاعات وهي تتكون، وإذا رججت الزجاجة قبل فتحها، فسيندفع السائل بسرعة خارجًا من الزجاجة. خارج الزجاجة يمكن أن تتكون الفقاعات أيضًا داخل الحيتان التي تغوص، وتسبب مشكلة تُعرف بداء الغواص (مرض تخفيف الضغط) [1]. في كل من زجاجة المشروب الغازي والحيتان التي تغوص، تتكون الفقاعات من الغاز المُذاب بفعل الضغط المتزايد، وعندما تُفتح زجاجة المشروب الغازي، وعندما يعود الحوت إلى السطح للتنفس، يقل الضغط، مما يتسبب في تكوين الفقاعات.

تعطي الفقاعات الموجودة في المشروبات الغازية طعمًا فوارًا للمشروب، وهو أمر جيد، ولكن يمكن أن تسبب الفقاعات مشكلات إذا تكونت داخل الحوت (الشكل 1). على سبيل المثال، إذا تكونت هذه الفقاعات داخل الأوعية الدموية، فقد تعيق تدفق الدم وتمنع وصول الأكسجين إلى الأنسجة. في هذه الحالة، تتعرض الأنسجة **لنقص الأكسجة**، وهو مصطلح علمي للتعبير عن الحالة التي يكون فيها مستوى تشبع الأكسجين منخفضًا للغاية. نظرًا لأن الأكسجين مهم في تحويل الطعام إلى

نقص الأكسجة (HYPOXIA)

انخفاض مستويات التشبع بالأكسجين.

طاقة، لا يمكن للثدييات العيش بدون أكسجين، وقد يتسبب نقص الأكسجة في موت الأنسجة. وإذا تكونت الفقاعات في القلب أو في الجهاز العصبي، فقد يؤدي ذلك إلى موت الحوت.

لدى الحيتان والثدييات البحرية الأخرى العديد من وسائل **التكيف** الفسيولوجية والتشريحية التي تساعد على تقليل خطر تكون الفقاعات بعد الغوص. ومع ذلك، فقد تتعرض تلك الكائنات إلى بعض المواقف غير المعتادة من صنع الإنسان، التي لا تعمل فيها وسائل التكيف هذه كما ينبغي [2, 3]. فأثناء الغوص الطبيعي، تنتقل الغازات مثل الأكسجين والنيتروجين من الرئتين إلى الدم وتنتقل تلك الغازات إلى جميع أجزاء الجسم عن طريق **الجهاز الدوري (القلب والأوعية الدموية)**. عندما يغوص الحوت، يزداد ضغط المياه المحيطة كلما تعمق أكثر، مما يضغط على القفص الصدري للحوت، والذي بدوره يؤدي إلى زيادة الضغط في الرئتين. تزداد كمية الغاز المذاب في السائل (الدم في هذه الحالة) بزيادة الضغط، لذلك فإن الضغط المتزايد في الرئتين يزيد من كمية الغاز الذي يمتصه الدم، ثم ينتشر في جميع أجزاء جسم الحوت. يمكنك تجربة ذلك باستخدام زجاجة مشروب غازي أو علبة (لا يمكن استخدام عبوة زجاجية)، أو مياه غازية إذا كنت ترغب في بديل صحي، وإجراء التجربة التالية: اطلب من صديقك أو والدتك أو والدك رج العلبة، ثم اطلب منهم فتحها دون سكب السائل. رج الزجاجة يجعل الغاز يتحرك (في هذه الحالة ثاني أكسيد الكربون) وعندما تُفتح الزجاجة، يخرج الغاز بسرعة من السائل نظرًا لانخفاض الضغط، مما يدفع السائل للتدفق خارج الزجاجة. ما يمكنك فعله لمنع السائل من التدفق للخارج هو الضغط على الزجاجة بقوة لمدة دقيقتين قبل فتحها. عندما تضغط على الزجاجة، يزداد الضغط بداخلها، مما يعيد الغاز مرة أخري إلى السائل، ومن ثم يمكنك فتح الزجاجة دون اندفاع السائل إلى الخارج.

التكيف (ADAPTATION)

التغييرات التي تطرأ على أنواع الكائنات الحية على المستوى الفسيولوجي أو التشريحي على مدى أجيال عديدة بسبب التغيرات الجينية والتي من شأنها أن تعزز من فرص بقاء هذا الكائن.

الجهاز الدوري (القلب والأوعية الدموية) CIRCULATORY (CARDIO-VASCULAR SYSTEM)

القلب والأوعية الدموية (الشرايين والأوردة).

كيف يمكن للحيتان حبس أنفاسها لمدة تزيد عن ساعتين؟

دعونا نعود للحديث عن الحيتان. يمثل النيتروجين أكبر نسبة من الغازات الموجودة في الرئتين. لا يستخدم الجسم النيتروجين، ولكنه الغاز الرئيسي الموجود في الهواء الذي نتنفسه نحن (والحيتان). عندما يغوص الحوت، يتسبب الضغط المتزايد في الرئتين في زيادة كمية الغاز الذي يمتصه الدم وينقله إلى الأنسجة. تزداد كمية النيتروجين المذابة في الدم والأنسجة نظرًا لزيادة الضغط. وعندما يقوم الحوت بالزفير على سطح المياه، يتم التخلص من بعض من غاز النيتروجين الذي يُمتص أثناء الغوص، ولكن إذا لم يأخذ الحوت وقتًا كافيًا على السطح، وإذا لم يتنفس الحوت عدد مرات كافية، فلن يتم التخلص من كمية النيتروجين الزائدة كلها.

غالبًا ما تغوص الحيتان والثدييات البحرية الأخرى، التي تغوص للحصول على الطعام تحت الماء، في نوبات. النوبات عبارة عن الفترات التي تغوص فيها الحيتان بشكل متكرر، مع قضاء القليل من الوقت فقط على السطح قبل الغوص مرة أخرى. نعتقد أن الثدييات البحرية تغوص في نوبات للحصول على أكبر قدر ممكن من الطعام أثناء الغوص. فعلى سبيل المثال، إذا وجدت الحيتان سربًا كبيرًا من الأسماك، فإنها لا تريد قضاء الكثير من الوقت على السطح حتى لا يتمكن السرب من الفرار. لذلك تغوص مرة أخرى للنزول بسرعة لصيد المزيد من الأسماك. لذلك، لا تبقى على السطح إلا لفترة كافية لتجديد الأكسجين. ومع ذلك، قد لا يكون الوقت على السطح كافيًا للتخلص من كمية النيتروجين الموجودة بالدم كلها. بسبب ذلك، تزداد كمية النيتروجين ببطء من عملية غوص إلى الأخرى، وأحيانًا تزداد بما يكفي لتكوين فقاعات في الحيتان عند عودتها إلى السطح.

مع التطور التدريجي عبر ملايين السنين، طورت الحيتان استراتيجيات لتجنب تراكم النيتروجين بما يصل إلى مستويات خطيرة. على سبيل المثال، غالبًا ما تكون هناك فترات طويلة من الوقت

بين نوبات الغوص عندما تبقى الحيتان بالقرب من السطح. قد تساعد هذه الفترات الطويلة على التخلص من النيتروجين الزائد الموجود في دم الحيتان، وتقليله إلى مستويات آمنة. تستخدم العديد من الثدييات البحرية استراتيجية أخرى وهي تقليل سرعة عودتها إلى السطح - حيث تتباطأ، عندما تكون على عمق يصل إلى حوالي مترًا. يعتقد العلماء أن التباطؤ يساعد على تقليل فرصة تكوين الفقاعات، مثلما يحدث عند فتح زجاجة المشروب الغازي ببطء بعد رجها، مقارنة بفتحها بسرعة.

توجد أيضًا استراتيجيات فسيولوجية للحد من خطر تكون الفقاعات. **علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجي)** هو دراسة كيفية أداء جسم الحيوان لوظائفه، حيث يهتم بعض العلماء الذين يدرسون علم وظائف الأعضاء بكيفية مواجهة بعض الحيوانات للتحديات البيئية المختلفة. على سبيل المثال، ما الاستراتيجيات التي تسمح للحيوانات بالبقاء في المناخات شديدة الحرارة أو قارسة البرودة، أو ما الاختلافات بين آلية استخدام خياشيم الأسماك ورئتي الحيوانات الأخرى في تبادل الغازات؟ يهتم علماء وظائف الأعضاء الذين يدرسون الحيتان بكيفية تمكن تلك الحيوانات من حبس أنفاسها لمدة تزيد عن ساعتين، وكيف يمكنها الغوص عميقًا للغاية، على عمق 3 كم تقريبًا في المحيط، حيث يكون الضغط أعلى 300 مرة مما هو عليه على السطح.

علم وظائف الأعضاء (PHYSIOLOGY)

هو دراسة كيفية أداء أعضاء الحيوانات لوظائفها.

كما يهتم علماء وظائف الأعضاء بفهم كيف تحد الحيتان من خطر تكوين الفقاعات، وقد اقترح هؤلاء العلماء أن **الجهاز التنفسي** الاستثنائي للحيتان مع امتلاكها لقفص صدري مرن للغاية وشعب هوائية علوية قوية قد يساعد في تقليل كمية النيتروجين التي تُمتص. عندما يغوص الحوت، يؤدي الضغط المتزايد إلى انضغاط الرئتين والقفص الصدري. يمتلك البشر قفصًا صدريًا يتحمل الضغط أثناء الغوص، لكن الثدييات البحرية التي تغوص تمتلك قفصًا صدريًا شديد المرونة، وعندما تغوص إلى الأعماق، تنهار الرئتان ببساطة مثل البالون الفارغ. من المحتمل أن يؤدي انهيار الرئة إلى قتل إنسان، ولكن يحدث ذلك في الحيتان عدة مرات كل يوم. عندما تنهار الرئتان، لا يوجد مزيد من الغازات التي يمكن أن تصل إلى الدم، وتسبب مشكلات عندما يعود الحوت إلى السطح. وأثناء الصعود، تنتفخ الرئتان حتى يتمكن الحوت من التنفس بشكل طبيعي عندما يصل إلى السطح.

الجهاز التنفسي (RESPIRATORY SYSTEM)

الرئة والممرات الهوائية (القصبة الهوائية والشعب الهوائية والقصيبات).

بالإضافة إلى ذلك، طورت الحيتان حيلة أخرى تسمى استجابة الغوص. وهي موجودة لدى البشر أيضًا، وخاصة الأطفال، ولكن الحيتان تؤديها أفضل بكثير. واستجابة الغوص هي عبارة عن مجموعة من التغيرات القلبية الوعائية (وهو مصطلح علمي يجمع بين القلب والأوعية الدموية)، حيث ينخفض معدل ضربات القلب إلى بضع نبضات في الدقيقة. بينما يستمر تدفق بعض الدم إلى الأعضاء أثناء استجابة الغوص، مثل القلب والمخ اللذين لا يستطيعان العيش بدون الأكسجين. ولذلك عندما يغوص الحوت، يتحول إلى جهاز قلبي-دماغي، يتدفق فيه الدم إلى المخ والقلب بينما يتدفق القليل من الدم إلى الأعضاء الأخرى التي يمكن أن تعمل بشكل أفضل من غيرها دون الأكسجين، أو ينقطع عنها نهائيًا. وتساعد استجابة الغوص تلك على الحفاظ على الأكسجين الموجود أو توفيره وإطالة المدة التي يمكن للحوت أن يحبس فيها أنفاسه. كما تساعد استجابة الغوص أيضًا على تقليل كمية النيتروجين التي تمتصها الأنسجة الأخرى، وبالتالي تساعد على تقليل فرص تكوّن الفقاعات عندما يعود الحوت إلى السطح.

حياة معقدة في الظلام!

كما ترى تعيش الثدييات التي تغوص حياة صعبة. فهي ليست مضطرة فقط للعثور على الطعام تحت الماء في عالم بارد ومظلم، بل لديها أيضًا وقت محدود لإيجاد فريسة سريعة الحركة وصيدها. وإذا كان هناك القليل من الطعام المتاح، فيجب عليها الغوص أكثر للحصول على ما يكفي من الغذاء

من أجل البقاء، مما يعني أن **نوبات الغوص** تكون أطول مما قد يزيد من كمية النيتروجين التي تذوب في الدم وبالتالي تُشكل خطر تكوّن الفقاعات. وهذا يعني أنه في بعض الأحيان يجب على الحيتان أن تتجاوز حدود ما يمكنها القيام به، ومن المحتمل أن بعض الاضطرابات التي يصنعها الإنسان يمكن أن تؤثر على التوازن الدقيق للحيتان، وأن هذه الاضطرابات تزيد من امتصاص النيتروجين أو تتسبب في صعود الحيتان إلى سطح الماء مما يؤدي إلى احتمالية أكبر لتكوّن الفقاعات. على سبيل المثال، يُستَخدم صوت من صنع الإنسان للبحث عن النفط والغاز المخبأ في قاع البحر. وتطلق ما تسمى بالبنادق الهوائية إشارة صوتية قوية تخترق قاع البحر وترتد من طبقات مختلفة من الصخور والرواسب. ويمكن استخدام الصدى المرتد لتوليد صور لقاع البحر. وهناك استخدام آخر للصوت وهو اكتشاف الأجسام في الماء، مثل أسراب الأسماك أو القوارب الغارقة أو الغواصات. فالكشف عن الغواصات أمر مهم للجيوش، لمنع هذه السفن من تنفيذ هجوم سري. وتسمى الأجهزة المستخدمة للكشف عن الغواصات بأجهزة السونار وقد تؤثر الضوضاء الصادرة عن السونار على سلوك الحيتان ووظائف أعضائها.

نوبات الغوص (DIVE BOUTS)

سلسلة من الغوص المتكرر، تحدث غالبًا عندما يصطاد الحوت فريسة، يتخللها فاصل قصير من الصعود إلى سطح الماء.

ولتقصي التأثير المحتمل للسونار على الحيتان، طورنا نموذجًا رياضيًا يستخدم سلوك غوص الحيتان لتقدير الخطر الذي تعاني منه الحيتان بسبب الفقاعات الغازية عندما تعود إلى السطح [4]. وتم توصيل جهاز إلكتروني بجلد الحوت بواسطة أكواب الشفط، وسجل جهاز التتبع هذا سلوك الحيتان إلى جانب ضغط الماء المحيط (الشكل 2). حيث يزداد الضغط مع زيادة عمق الماء. ويكون الضغط 1 **ضغط جوي مطلق** (ATA) عند السطح، وهو وحدة من وحدات عديدة لقياس الضغط. كما يزداد الضغط بمقدار 1 ATA لكل 10 أمتار من العمق، وبقياس الضغط أمكن باستخدام هذه الأدوات تسجيل العمق الذي كانت تغوص فيه الحيتان أثناء **البحث عن الغذاء** أو الصيد من أجل الحصول على الطعام. ولقد استخدمنا بيانات الضغط و**ذوبانية الغاز** لتقدير كمية الغاز التي أذابتها الحيتان في الدم والأنسجة، وأعطتنا هذه التقديرات فكرة عن مدى احتمال أن تعاني الحيتان من الفقاعات الغازية [4, 5]. كما قارنا هذه القيم المقدرة للغاز المذاب بناءً على سلوك غوص الحيتان قبل التعرض للسونار وخلاله وبعده. ولقد تم اختيار مستويات السونار في هذه التجارب بعناية لتجنب الضرر المحتمل حدوثه للحيتان، ولكنها كانت عالية بما يكفي لمعرفة ما إذا كانت الحيتان قد استجابت من عدمه. على سبيل المثال، إذا اعتبرت الحيتان السونار خطرًا، فقد تسبح بسرعة بعيدًا، أو تتوقف عن الغوص وتعود إلى السطح قبل الانتهاء من الصيد، أو في بعض الحالات تغوص أعمق من المعتاد [6, 7].

ضغط جوي مطلق (ATA)(ATMOSPHERE ABSOLUTE)

وحدة لقياس الضغط.

البحث عن الغذاء (FORAGING)

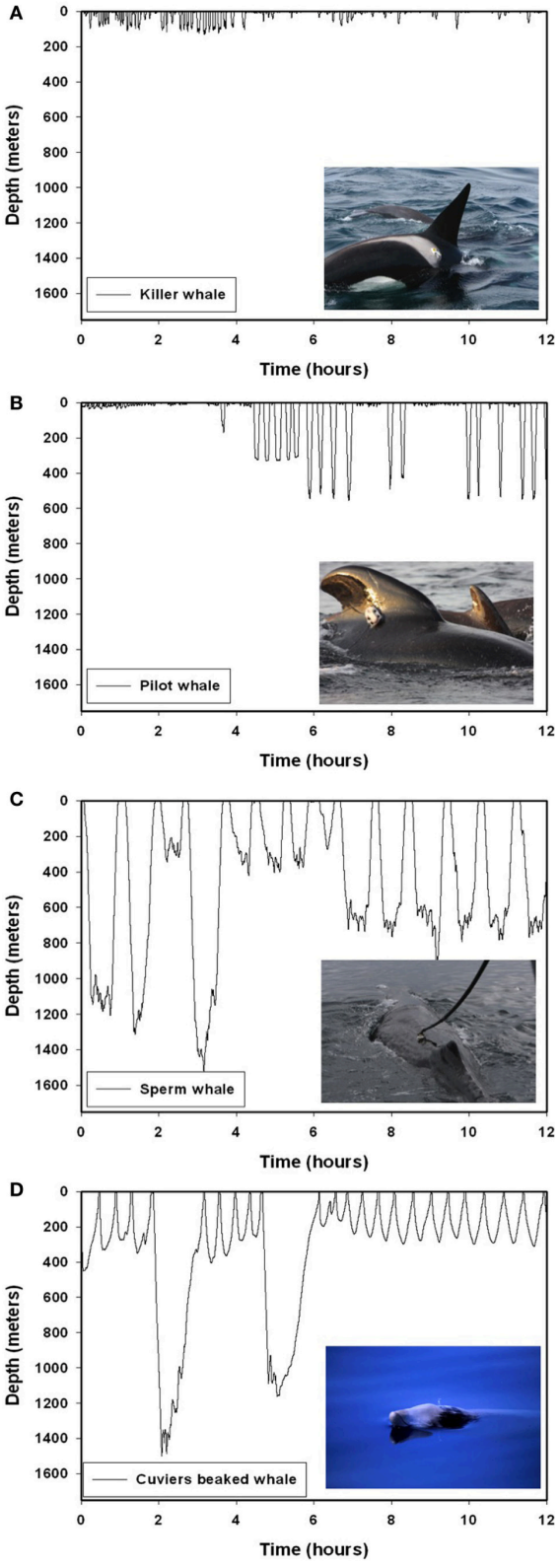
الصيد من أجل الحصول على لطعام.

ذوبانية الغاز (GAS SOLUBILITY)

كمية الغاز التي يمكن أن توجد في السائل.

واستعرض النموذج الكيفية التي قد تؤثر بها سلوكيات الحيتان هذه على فرص تكوّن الفقاعات. هذا ولقد استنتجنا أن الحيتان التي لا تغوص عادة في عمق كبير (مثل الحوت القاتل، الشكل 2A) من غير المحتمل أن يزيد خطر تكون فقاعات في أجسامها بسبب السونار، ولكن الحيتان التي تغوص في عمق كبير (مثل حوت العنبر والحوت ذو المنقار، الشكلان C2، D) تكون أكثر عرضة لتكوين فقاعات أثناء التغيرات في السلوك التي يسببها التعرض لصوت السونار. أشارت النتائج أيضًا إلى أنه إذا زادت الحيتان من نشاطها البدني عندما تحاول تجنب السونار، فقد يزيد ذلك أيضًا من خطر تشكل الفقاعات (الشكل 3).

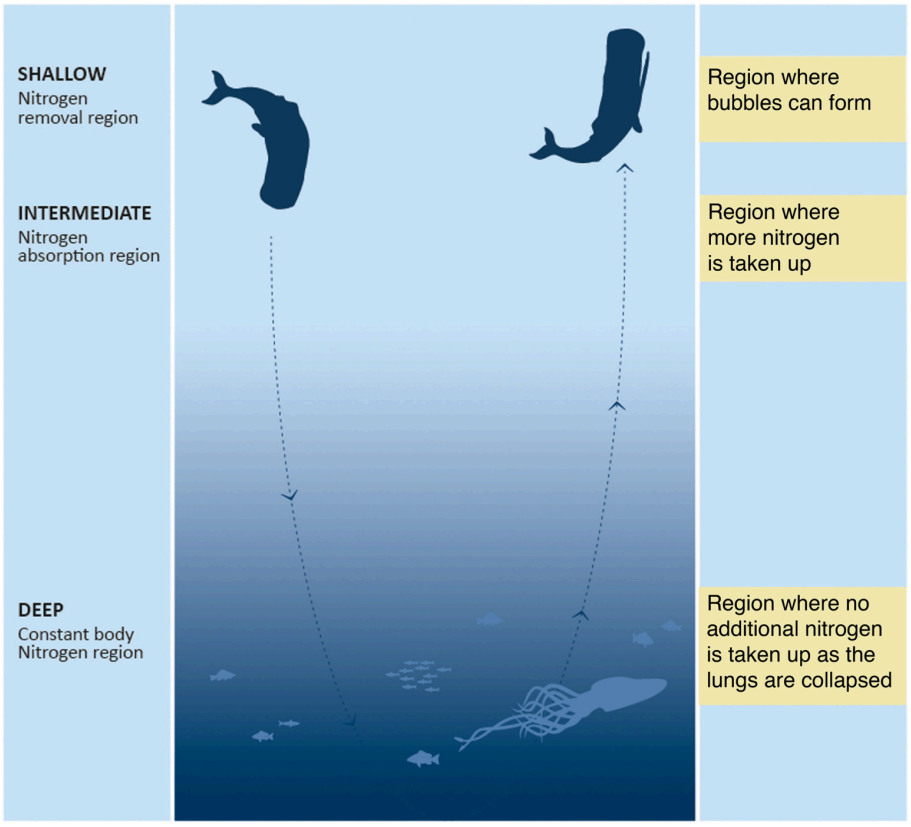
وفي دراستنا، نوضح كيف أن الضوضاء التي يصنعها الإنسان قد تغير من خطر تشكل الفقاعات في الحيتان التي تغوص في المياه الضحلة والعميقة. في حين أننا لا نفهم على الإطلاق كيف أن هذه الحيوانات العملاقة الرائعة قادرة على حبس أنفاسها والغوص في أعماق هائلة دون التعرض للمشكلات التي قد يواجهها الغواصون من البشر، حيث تشير نتائجنا إلى وجود عوامل معينة تزيد من خطر فقاعات الغاز بعد الغوص. وعلى سبيل المثال، قد تكون الحيوانات الأكبر حجمًا أو تلك



شكل 2

شكل 2

تم تثبيت أجهزة كمبيوتر مخصصة للغوص باستخدام أكواب شفط على أربعة أنواع مختلفة من الحيتان: **(A)**. الحوت القاتل **(B)**. الحوت الربان **(C)**. حوت العنبر **(D)**. حوت كوفييه ذو المنقار. سجلت أجهزة الكمبيوتر عمق غوص الحيتان. يوضح كل رسم بياني الوقت بالساعات وعمق الغوص بالأمتار. ويوضح الخط الأسود مخطط جانبي لعمق غوص الحيتان، مما يسمح لنا بحساب عدد مرات الغوص وعمقها. لاحظ الاختلافات الكبيرة في عدد مرات الغوص وعمق الغوص بين أنواع الحيتان المختلفة. حيث أجرى الحوت القاتل **(A)**. العديد من نوبات الغطس القصيرة والضحلة نسبيًا (أقل من 200 م)، في حين أن الحوت الربان **(B)**. أجرى نوبات غوص عميقة وسريعة لكن ما تزال قصيرة للغاية. وحوت العنبر **(C)**. وحوت كوفييه ذو المنقار **(D)**، من ناحية أخرى قد أجريا نوبات غوص طويلة وعميقة. واستُخدمت الفروقات في سلوك الغوص في تحديد الاختلافات في خطر الإصابة بمرض تخفيف الضغط وتكوين الفقاعات بين الأنواع (الشكل مُعاد نسخه من المرجع [4]). مصدر الصورة: اسم مصور الحوت القاتل والحوت الربان وحوت العنبر Sanna Kuningas/SMRU، ومصور الحوت كوفييه ذو المنقار Todd Pusser.



شكل 3

شكل 3

متى تكون الحيتان معرضة لخطر تكوين فقاعات النيتروجين؟ يوضح الشكل حوتًا يغادر السطح ويعود إليه أثناء الغوص. وتوضح النقاط مسار الغوص أثناء غوص الحوت إلى العمق لاصطياد الحبار العملاق. وفي الأعماق الضحلة، يزول النيتروجين من دم الحوت، وهي أيضًا المنطقة التي يمكن أن تتكون فيها الفقاعات. أما في الأعماق المتوسطة، يُمتص النيتروجين ويذوب في الدم والأنسجة. وفي المناطق العميقة، تنهار الرئتان بينما ينضغط الغاز بفعل الضغط. ولهذا السبب، لا يتم امتصاص غاز إضافي ويسري الغاز الذي تم امتصاصه في المنطقة الوسطى في هذا الوقت بين الدم والأنسجة (الشكل مُعاد نسخه من المرجع [5]).

التي تغوص أعمق في خطر أكبر من التعرض لفقاعات الغاز. وهذه النتائج مهمة لمساعدتنا في فهم الأنواع التي قد تكون أكثر عرضة لخطر تكوين فقاعات. فيمكن لتلك المعلومات أن تساعد الوكالات الحكومية التي تتحكم في مكان وكيفية استخدام الصوت في المحيط للبحث عن الغواصات أو للتنقيب عن النفط والغاز. ونتيجة لذلك، قد تكون النتائج التي نقدمها قادرة على المساعدة في الحد من الأذى اللاحق بالحيتان وتقليل تأثير الوجود البشري في المحيط. وما يزال هناك العديد من الألغاز التي يجب حلها حول حياة الثدييات البحرية والحيتان، وغالبًا ما ندرك أن ما نجهله أكثر مما نعلمه، وهو ما يحدث عادة في العمل البحثي.

مقال المصدر الأصلي

Kvadsheim, P. H., Miller, P. J. O., Tyack, P. L., Sivle, L. L. D., Lam, F.-P. A., and Fahlman, A. 2012. Estimated tissue and blood N2 levels and risk of in vivo bubble formation in deep-, intermediate- and shallow-diving toothed whales during exposure to naval sonar. Front. Physiol. 3:125. doi: 10.3389/fphys.2012.00125

المراجع

1. Mahon, R. T., and Regis, D. P. 2014. Decompression and decompression sickness. *Compr. Physiol.* 4:1157–75. doi: 10.1002/cphy.c130039
2. Fernandez, A., Edwards, J. F., Rodruiquez, F., Espinosa de los Monteros, A., Herraez, M. P., Castro, P., et al. 2005. "Gas and fat embolic syndrome" involving

a mass stranding of beaked whales (Family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Vet. Pathol.* 42:446–57. doi: 10.1354/vp.42-4-446

3. García-Párraga, D., Crespo-Picazo, J. L., Bernaldo de Quirós, Y., Cervera, V., Martí-Bonmati, L., Díaz-Delgado, J., et al. 2014. Decompression sickness ("the bends") in sea turtles. *Dis. Aquat. Org.* 111:191–205. doi: 10.3354/dao02790
4. Kvadsheim, P. H., Miller, P. J. O., Tyack, P. L., Sivle, L. L. D., Lam, F.-P. A., and Fahlman, A. 2012. Estimated tissue and blood N2 levels and risk of in vivo bubble formation in deep-, intermediate- and shallow-diving toothed whales during exposure to naval sonar. *Front. Physiol.* 3:125. doi: 10.3389/fphys.2012.00125
5. Fahlman, A., Tyack, P. L., Miller, P. J., and Kvadsheim, P. H. 2014. How man-made interference might cause gas bubble emboli in deep diving whales. *Front. Physiol.* 5:13. doi: 10.3389/fphys.2014.00013
6. Schorr, G. S., Falcone, E. A., Moretti, D. J., and Andrews, R. D. 2014. First long-term behavioral records from Cuvier's beaked whales (Ziphius cavirostris) reveal record-breaking dives. *PLoS ONE* 9:e92633. doi: 10.1371/journal.pone.0092633
7. Miller, P. J. O., Kvadsheim, P. H., Lam, F. P. A., Tyack, P. L., Curé, C., DeRuiter, S. L., et al. 2015. First indications that northern bottlenose whales are sensitive to behavioural disturbance from anthropogenic noise. *R. Soc. Open Sci.* 2:140484. doi: 10.1098/rsos.140484

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 22 يناير 2021

حرره: Michele A. Johnson, Trinity University, United States

الاقتباس: Fahlman A, Tyack PL, Miller PJO and Kvadsheim PH (2021) الاضطرابات الناجمة عن البشر قد تتسبب في تكوين فقاعات غازية خطرة داخل الحيتان التي تغوص في الأعماق. Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2017.00062-ar

مُترجَم ومقتبس من: Fahlman A, Tyack PL, Miller PJM, and Kvadsheim PH (2017) Human Disturbances Might Cause Dangerous Gas Bubbles to Form in Deep-Diving Whales. Front. Young Minds 5:62. doi: 10.3389/frym.2017.00062

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2017 © 2021 Fahlman, Tyack, Miller and Kvadsheim. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

NADYA، العمر: 12

أنا في الصف السابع وأعيش في سيول، كوريا الجنوبية. وهواياتي العزف بالكمان والقيثارة والغناء والرسم والقراءة وتنزيه الكلاب ومشاهدة الرسوم المتحركة. أعيش مع أمي وأبي وأخي الصغير، وأستمتع بالقراءة والبحث عن الثدييات البحرية، وخاصة خراف البحر. وأهتم كثيرًا بالبيئة وكيفية تعامل الناس مع الحيوانات. ووظيفة أحلامي هي أن أكون ممثلة أو مغنية.

CAROLYN، العمر: 12

أحب الرسم والقراءة والكتابة الإبداعية والتعرف على الحيوانات البرية، وخاصة الطيور والثدييات. كما أهتم أيضًا بعلوم الفضاء. وبرنامجي التلفزيوني المفضل هو <Wild Kratts>. ولطالما أذهلتني الصور الحية والحقائق الرائعة عن الحيوانات في كتب DK Eyewitness. وخلال رحلتي مع الأسرة في الصيف الماضي، رأيت دبًا وبومة وفقمة، وأُيِّلًا وفيل البحر. وأود أن أصبح مؤلفة رسّامة أو عالمة حيوانات عندما أكبر.

المؤلفون

ANDREAS FAHLMAN

أعمل عالمًا متخصصًا في علم وظائف الأعضاء المقارن، مما يعني أنني أدرس الحيوانات المختلفة وكيف تعيش في بيئات مختلفة. شاركت في مجموعة متنوعة من الدراسات، بدءًا من حيوانات الغوص العميق والبشر ووصولًا إلى السناجب السباتية. وفي الأعوام الخمسة عشر الماضية، درست كيف يمكن للحيوانات أن تحبس أنفاسها لأكثر من ساعتين وتغوص على عمق 3 كم. afahlman@oceanografic.org*

PETER LLOYD TYACK

Peter Tyack هو أستاذ في علم الأحياء البحرية في جامعة سانت أندروز. يركز بحثه على علم البيئة السلوكي، وخاصة التواصل الصوتي والسلوك الاجتماعي في الثدييات البحرية. درس الإعلان الإنجابي في الحيتان البالينية، ومكالمات الاتصال المميزة بشكل فردي وتحديد الموقع بالصدى في الحيتان ذوات الأسنان التي تغوص في الأعماق، ولقد طور أساليب جديدة لأخذ عينات من السلوك بشكل مستمر من الثدييات البحرية، بما في ذلك تطوير أجهزة تتبع لتسجيل الصوت والتوجيه، واستخدمها لدراسة الاتصالات وتحديد الموقع الجغرافي بالصدى. كما طور سلسلة من الدراسات حول الاستجابات للأصوات البشرية، بما في ذلك آثار استكشاف النفط على حيتان العنبر والحيتان البالينية وتأثيرات السونار البحري على الحيتان ذوات الأسنان.

PATRICK JAMES O'MALLEY MILLER

Patrick هو أستاذ في علم الأحياء في وحدة أبحاث الثدييات البحرية في جامعة سانت أندروز في اسكتلندا، ويعمل ضمن فريق يدرس تغريد الطيور في جامعة واشنطن، وقد استلهم Patrick دراسة التواصل بين الحيوانات التي قادته إلى بحث الدكتوراة الخاص به حول هيكل أصوات الحيتان القاتلة ووظيفتها. هذا ويركز عمل Patrick البحثي الآن على بيئة الثدييات البحرية وسلوكياتها، وتطوير طرق جديدة مثل أدوات وتقنيات أجهزة تتبع الحيوانات، وفهم كيف يمكن أن تؤثر المستويات المتزايدة من الضوضاء التي تصدر عن البشر تحت الماء على هذه الحيوانات في بيئتها الطبيعية.

PETTER H. KVADSHEIM

حصل Petter H. Kvadsheim على درجة الدكتوراة في علم وظائف الأعضاء الحيوانية من جامعة ترومسو، النرويج عام 1998. كان اهتمامه الأخير هو البحث عن التفاعل بين أوجه التكيف الفسيولوجية

والسلوكية في الثدييات البحرية وكيفية استجابتها للاضطرابات البشرية، ويعمل الدكتور Kvadsheim حاليًا في مؤسسة أبحاث الدفاع النرويجية.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology