



## הפרעות הנובעות מפעילות של האדם עלולות לגרום להיווצרות בועות גז מסוכנות בלווייתנים הצוללים לעומק

Andreas Fahlman<sup>1\*</sup>, Peter Lloyd Tyack<sup>2</sup>, Patrick James O'Malley Miller<sup>2</sup>, Petter H. Kvadsheim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>קרן האוקיאנוגרפיה של קהילת ולנסיה, ולנסיה, ספרד  
<sup>2</sup>יחידת המחקר ליונקים ימיים, אוניברסיטת סנט אנדרוז, סנט אנדרוז, בריטניה  
<sup>3</sup>מחלקת מערכות ימיות, המוסד הנורווגי לחקר ההגנה (FFI), הורטן, נורווגיה

### סוקרות צעירות

NADYA

גיל: 12



CAROLYN

גיל: 12



במשך מיליוני שנים לוויתנים התפתחו והותאמו לצלילה באוקיאנוס במטרה להשיג מזון, בעודם עוצרים את נשימתם. היות שלוויתנים הם יונקים הנושמים אוויר, בסופו של דבר הם צריכים לעלות חזרה לפני השטח של האוקיאנוס כדי לקבל חמצן נוסף. אולם האוויר שפראות מכיל גם חנקן, גז שנשאף אבל הגוף אינו עושה בו שימוש. ככל שהלווייתן צולל עמוק יותר, לחץ המים עולה וחנקן רב יותר נקלט במחזור הדם מהריאות ומועבר לרקמות האחרות. כאשר הלווייתן חוזר לפני השטח ולחץ המים פוחת, גז החנקן מוחזר לריאות. אם הלווייתן שוהה זמן ארוך מדי באזור הלחצים הגבוהים שבו חנקן נקלט בגופו, עלולות להיווצר בועות בעת חזרתו לפני השטח, בדומה למה שקורה כאשר פותחים בקבוק משקה תוסס. הבועות עלולות לגרום לבעיות רבות בגוף הלווייתן, ואפילו למוות. בדרך כלל, הלווייתנים אינם חונים בעיות בשל בועות. בשנים האחרונות, מדענים גילו שכאשר בני אדם מפריעים ללווייתנים, התנהגות הצלילה של הלווייתנים או תפקודי הגוף שלהם עשויים להשתנות בדרכים שיגבירו את הסיכון ליצירת בועות שעלולות לגרום לבעיות ולמוות. הבנה טובה יותר של התנהגות הלווייתן ושל האופן

### איור 1

מה המשותף ללווייתנים ולבקבוקי משקה תוסס? האיור מראה שני לווייתנים עם בועות גז בגופם. כאשר מפריעים ללווייתנים במהלך הצלילה, הם קולטים יותר גז חנקן. יוצא כבועות ככל שהלווייתן חוזר לפני השטח והלחץ יורד, בדומה לבועות שנוצרות כאשר אתם פותחים בקבוק משקה תוסס. קרדיט על הציור ל-Anastasia Fahlman.



איור 1

שבו נוצרות בועות החנקן עשויה לעזור למדענים לפתח כלים שימנעו את הבעיות האלה בלווייתנים.

### מה המשותף ללווייתנים ולבקבוקי משקאות תוססים?

כאשר אתם פותחים בקבוק משקה תוסס, אתם יכולים לראות את הבועות נוצרות, ואם תנערו את הבקבוק לפני פתיחתו, הנוזל ימהר להתיז החוצה. בועות עלולות להיווצר גם בלווייתנים צוללים ולגרום לבעיות הידועות כמחלת הפחתת לחץ (מחלת דֶקוּמְפְּרֶסְיָה) [1]. גם בבקבוק המשקה התוסס וגם בלווייתן הצולל, הבועות נוצרות מגז שהתמוסס בגלל הלחץ ההולך וגובר; ברגע שבקבוק המשקה התוסס נפתח והלווייתן חוזר לפני השטח כדי לנשום, הלחץ פוחת, דבר הגורם לבועות להיווצר.

הבועות במשקה התוסס מספקות את הטעם המבעבע של המשקה, וזה נחמד, אבל בועות עלולות לגרום לבעיות אם הן נוצרות בגוף הלווייתן (איור 1). למשל, אם הבועה נמצאת בכלי דם, היא עלולה לחסום את זרימת הדם ולמנוע מחמצן להגיע אל הרקמות. במקרה כזה, הרקמות הופכות להיות היפוקסיות, מילה המתארת מצב שבו רמת החמצן נמוכה מדי. היות שחמצן חשוב לצורך הפיכת מזון לאנרגיה, יונקים אינם יכולים לחיות ללא חמצן, וההיפוקסיה עלולה לגרום לתמותת רקמות. אם בועות נוצרות בלב או במערכת העצבים, הדבר עלול להרוג את הלווייתן.

### היפוקסיה (Hypoxia)

רמות נמוכות של חמצן.

## התאמות (Adaptation)

שינויים בפיזיולוגיה או באנטומיה של מינים לאורך דורות רבים, הנובעים משינויים גנטיים, אשר מובילים לסיכויים טובים יותר של הפרט לשרוד.

## מערכת הלב וכלי הדם (Circulatory [cardiovascular] system)

הלב וכלי הדם (עורקים וורידים).

ללווייתנים וליונקים ימיים אחרים יש **התאמות** פיזיולוגיות ואנטומיות מסוימות שעוזרות להקטין את הסיכון של היווצרות הבועות אחרי הצלילה. אולם עלולים להיות כמה מצבים בלתי רגילים הנובעים מפעולות של בני אדם, שבהם התאמות אלה אינן פועלות כפי שצריך [2, 3]. במהלך צלילה רגילה, גזים כגון חמצן וחנקן עוברים מהריאות לדם, וגזים אלה מועברים בגוף דרך **מערכת הלב וכלי הדם**. כאשר הלווייתן יורד לצלילה, הלחץ של המים שסביבו עולה ככל שהוא מעמיק, לוחץ על החזה של הלווייתן ומגדיל את הלחץ על הריאות. כמות הגז המתמוסס בנוזל (הדם במקרה זה) עולה ככל שהלחץ עולה, כך שעליית הלחץ בריאות מגדילה את כמות הגז שמגיע לדם ועובר דרך גופו של הלווייתן. אתם יכולים לנסות זאת עם בקבוק או עם פחית משקה תוסס (זה לא קורה בבקבוק זכוכית), או עם מים מוגזים אם אתם רוצים חלופה בריאה, ולבצע את הניסוי הבא: בקשו מחבר, מאימא או מאבא לְנַעַר את הפחית, ואז תגידו להם לפתוח אותה בלי שישפך הנוזל. ניעור הבקבוק מפריע לגז (במקרה זה, פחמן דו-חמצני), וכאשר הבקבוק נפתח, הגז יוצא במהירות מהנוזל ככל שהלחץ פוחת, ובכך גורם לנוזל להתיז החוצה מהבקבוק. כדי למנוע מהנוזל להתיז החוצה תוכלו ללחוץ חזק על הבקבוק למשך כ-2 דקות, לפני פתיחתו. בזמן שאתם לוחצים על הבקבוק הלחץ בתוכו עולה, דבר שמחזיר את הגז לתוך הנוזל, ואז אפשר לפתוח את הבקבוק בלי שהנוזל יזנק החוצה.

## איך לווייתנים יכולים לעצור את הנשימה שלהם למשך יותר משעתיים?

בואו נחזור ללווייתן. רוב הגז שבריאות הוא חנקן. הגוף אינו משתמש בחנקן, אבל זהו הגז העיקרי המצוי באוויר שאנו (והלווייתנים) נושמים. כאשר הלווייתן צולל, הלחץ הגובר בריאות מעלה את כמות הגז הנקלט בדם ומועבר לרקמות. כמות החנקן המתמוסס בדם וברקמות גדלה בגלל עליית הלחץ. חלק מגז החנקן הנקלט בכל צלילה מסולק, כאשר הלווייתן נושף על פני השטח, אבל אם משך הזמן שהוא נמצא על פני השטח אינו ארוך דיו, והלווייתן אינו נושם מספיק פעמים, עודף החנקן אינו מסולק במלואו.

לווייתנים ויונקים ימיים אחרים שצוללים כדי להשיג מזון מתחת למים, עושים זאת לעיתים קרובות ב"התקפי צלילה". הכוונה לתקופות שבהן הלווייתנים צוללים שוב ושוב, והם נמצאים על פני השטח רק לפרק זמן קצר, לפני הצלילה הבאה. אנו חושבים שיונקים ימיים צוללים ב"התקפים" כדי להשיג כמה שיותר מזון בזמן הצלילה. למשל, אם הם מוצאים להקת דגים גדולה, הם לא רוצים לבזבז הרבה זמן על פני השטח שמא הלהקה תברח. לכן הם צוללים שוב, כדי להגיע למטה במהירות ולתפוס עוד דגים. כך, הם נשארים על פני השטח רק למשך הזמן הנחוץ להם לחידוש מלאי החמצן. אולם ייתכן שהזמן על פני השטח אינו מספיק לסילוק כל החנקן מהדם שלהם. זו הסיבה לכך שכמות החנקן עולה בהדרגה, מצלילה לצלילה, ולפעמים היא כה גבוהה שְבועות עלולות להיווצר בלווייתנים כאשר הם חוזרים אל פני השטח.

במהלך מיליוני שנות התפתחות הלווייתנים, הם פיתחו אסטרטגיות כדי להימנע מהצטברות חנקן ברמות מסוכנות. למשל, לעיתים קרובות יש תקופות זמן ארוכות בין "התקפי הצלילה", שבהן הלווייתנים נשארים סמוך לפני השטח. תקופות ארוכות אלה עשויות לעזור לסלק את עודפי החנקן מדמו של הלווייתן, עד הפחתתם לרמות בטוחות. אסטרטגיה נוספת שבה נוקטים יונקים ימיים רבים היא הורדת קצב חזרתם לפני השטח – כאשר הם בעומק 30-40 מטר, הם מאטים. מדענים סבורים שהאטה זו עוזרת להקטין את סיכויי היווצרות הבועות, בדומה למה

שקורה כאשר פותחים לאט בקבוק של משקה תוסס אחרי נייעורו, בהשוואה לפתיחה מהירה שלו.

יש גם אסטרטגיות פיזיולוגיות להקטנת הסיכון שיווצרו בועות. **פיזיולוגיה** היא מדע החוקר את האופן שבו גוף בעלי החיים מתפקד, ויש מדענים (פיזיולוגים) שמתעניינים באופן שבו בעלי חיים מסוימים פותרים אתגרים סביבתיים שונים. למשל, אלה אסטרטגיות מאפשרות לבעלי חיים לשרוד באזורי אקלים חם מאוד או קר מאוד, או מהם ההבדלים באופן שבו זימים של דגים וריאות של בעלי חיים אחרים משמשים לחילוף גזים? פיזיולוגים שחוקרים את הלוייתנים מתעניינים באופן שבו בעלי חיים אלה יכולים לעצור את נשימתם למשך יותר משעתיים, ואיך הם יכולים לצלול עמוק מאוד, כמעט 3 ק"מ לעומק האוקיאנוס, שם הלחץ גדול פי 300 מהלחץ שעל פני השטח.

פיזיולוגים מתעניינים גם בהבנת האופן שבו לווייתנים מפחיתים את סכנת היווצרות הבועות. מדענים אלה הציעו סברה שלפיה **מערכת הנשימה** הייחודית של הלוייתנים, יחד עם החזה הגמיש שלהם ונתיבי האוויר העליונים הקשיחים, עשויים לעזור להפחית את כמות החנקן הנקלטת. כאשר הלוייתן צולל, הלחץ ההולך וגובר גורם לריאות ולחזה להידחס. לבני אדם יש חזה שעומד בלחץ במהלך הצלילה, אבל ליונקים ימיים שצוללים יש חזה רך ייחודי. כאשר הם צוללים לעומק, הריאות פשוט קורסות כמו בלון ריק. קריסת ריאות עלולה להרוג בן אדם, אבל ללווייתנים זה קורה כמה פעמים מדי יום. כאשר הריאות קורסות, אין יותר גז זמין שיכול להיקלט בדם ולגרום לבעיות כאשר הלוייתן חוזר לפני השטח. במהלך ההתרוממות, הריאות מתרחבות מחדש, כך שהלוייתן יכול לנשום רגיל כאשר הוא מגיע לפני השטח.

נוסף על כך לווייתנים פיתחו תכסיס אחר שנקרא "תגובת צלילה". גם לבני אדם, ובמיוחד לתינוקות, יש את התגובה הזו, אבל לווייתנים עושים זאת הרבה יותר טוב. תגובת הצלילה היא סדרה של שינויים בלב ובכלי הדם, שבהם קצב הלב יורד לפעילות מעטות לדקה. במהלך תגובת הצלילה כמות מסוימת של דם עדיין מגיעה לאיברים כגון הלב והמוח, שאינם יכולים לשרוד ללא חמצן. כך, כאשר הלוייתן צולל הוא הופך למעין מכונת מוח-לב - הדם מוזרם ללב ולמוח, ומעט מאוד (אם בכלל) דם מוזרם לאיברים אחרים, שיכולים להסתדר טוב יותר ללא חמצן. תגובת הצלילה עוזרת לשמר את החמצן הזמין ולהאריך את משך הזמן שהלוייתן יכול לעצור את נשימתו. תגובת הצלילה מסייעת גם להפחתת כמות החנקן שנקלט ברקמות האחרות, וכך עוזרת להקטנת הסיכון שיווצרו בועות בזמן שהלוייתן עולה לפני השטח.

## חיים מסובכים בחושך!

כפי שאתם יכולים לראות, ליונקים צוללים יש חיים מסובכים. לא רק שהם צריכים למצוא מזון מתחת למים בעולם קר וחשוך, גם הזמן אשר זמין עבורם למציאת הטרף המהיר ולתפיסתו, מוגבל. אם כמות המזון הזמינה פוחתת, הם נאלצים לבצע צלילות רבות יותר כדי להשיג די מזון להישרדותם. פירושו של דבר שנחוצים להם "**התקפי צלילה**" ארוכים יותר, שעלולים להעלות את כמות החנקן שמתמוסס בדם וכך את הסיכון שיווצרו בועות. כלומר, לפעמים לווייתנים צריכים למתוח את גבולות יכולותיהם, וייתכן שהפרעות מסוימות הנובעות מפעילות האדם עלולות להשפיע על האיזון העדין הזה אצל הלוייתן. הפרעות אלה גורמות להגברת קליטת החנקן או שהן גורמות ללווייתנים לעלות לפני השטח באופן שמגדיל את הסיכון להיווצרות

### פיזיולוגיה (Physiology)

מדע החוקר את האופן שבו בעלי חיים מתפקדים.

### מערכת הנשימה (Respiratory system)

ריאות ודרכי האוויר (קנה הנשימה, הסימפונות והסימפונות).

### "התקפי צלילה" (Dive bouts)

סדרת צלילות חוזרות, לעיתים קרובות כאשר הלוייתן צד טרף, הנקטעות על-ידי פרקי זמן קצרים על פני השטח.

בועות. למשל, קולות הנובעים מפעילות האדם בחיפוש אחר נפט וגז הטמונים בקרקעית הים. "רובי האוויר" האלה פולטים קול חזק החוזר את קרקעית הים ומנתר חזרה משכבות הסלעים השונות וממשקעים. ההד המוחזר יכול לשמש ליצירת תמונות של קרקעית הים. שימוש נוסף בקול הוא לגילוי עצמים במים, כגון להקות דגים, ספינות טבועות או צוללות. גילוי צוללות חשוב עבור הצבא, כדי למנוע מכלי תחבורה אלה להתקיף בהפתעה. המתקנים המשמשים לגילוי צוללות נקראים סונָר, והרעש מהסונָר עלול להשפיע על התנהגותם של הלווייתנים ועל הפיזיולוגיה שלהם.

כדי לחקור את ההשפעה הפוטנציאלית שיש לסונר על הלווייתנים, פיתחנו מודל מתמטי שעושה שימוש בהתנהגות הצלילה של הלווייתנים לצורך הערכת הסיכון שתופענה בועות גז בלווייתנים, כאשר הם חוזרים לפני השטח [4]. מכשיר חשמלי חובר לעורם של לווייתנים על-ידי התקני הצמדה, ומכשיר זה רשם את ההתנהגות של הלווייתנים, כמו גם את הלחץ של המים שסביבם (איור 2). הלחץ עולה ככל שמעמיקים. על פני השטח, הלחץ הוא 1 **אטמוספירה מוחלטת** (ATA), אחת מהיחידות הרבות למדידת לחץ. עבור כל 10 מטר עומק, הלחץ עולה ב-1 ATA, ועל-ידי מדידת הלחץ יכלו מכשירים אלה לרשום את העומק שאליו צללו הלווייתנים בזמן שחיפשו מזון. השתמשנו בנתוני הלחץ וב**מסיסות הגזים** להערכת כמות הגז שהתמוססה בדמו של הלווייתן וברקמות שלו, והערכות אלה נתנו לנו מושג מהו הסיכון שהלווייתנים יסבלו מבעות גז [4, 5]. השווינו את הערכים המשוערים האלה של גז שהתמוסס בהתבסס על התנהגות הצלילה של הלווייתן לפני החשיפה לסונָר, במהלך החשיפה ואחריה. רמות הסונר בניסויים אלה נבחרו בקפידה לשם מניעת נזק פוטנציאלי ללווייתנים, אבל הן היו גבוהות דיין כדי לראות אם הלווייתנים מגיבים לסונר. למשל, אם הלווייתנים יתייחסו אל הסונר כאל גורם סכנה עבורם, ייתכן כי הם ישחו משם במהירות או יעצרו באמצע את הצלילה ויחזרו לפני השטח טרם סיימו לצוד מזון, או במקרים אחדים אולי אפילו יצללו עמוק יותר מהרגיל [6, 7]. המודל הביא בחשבון את האופן שבו התנהגויות אלה של הלווייתנים יכולות להשפיע על הסיכויים להיווצרות הבעות. הסקנו כי לא סביר להניח שלווייתנים שבדרך כלל אינם צוללים עמוק מאוד (כגון לווייתן קטלן, איור 2A) יסתכנו בהיווצרות בועות בגופם בגלל הסונר, אבל ייתכן כי לווייתנים שנוהגים לצלול לעומק רב (כגון לווייתני זרע או לווייתנים דמויי מקור, איורים 2C, D) יהיו מועדיים יותר לסכנת היווצרות הבעות במהלך שינויי התנהגותם עקב חשיפה לקולות הסונר. מהתוצאות עולה גם שאם לווייתנים מגבירים את הפעילות הפיזית שלהם בניסיון להתחמק מהסונר, הדבר עלול להגביר את סכנת היווצרות הבעות (איור 3).

במחקר שלנו, אנו מראים כיצד קול שנובע מפעילות האדם עלול לשנות את מידת הסיכון להיווצרות הבעות בלווייתנים הצוללים רדוד או לעומק. אומנם, כיום עדיין איננו מבינים לחלוטין איך בעלי החיים הענקיים האלה מסוגלים לעצור את נשימתם ולצלול לעומקים עצומים ללא הבעיות שבהן נתקלים בני אדם שצוללים, אך התוצאות שלנו מעידות על כך שיש גורמים מסוימים המעלים את הסיכון להיווצרות בועות גז בעקבות צלילה. למשל, בעלי חיים גדולים יותר או אלה שמעמיקים יותר לצלול עלולים להיות בסיכון גבוה יותר להיווצרות בועות גז. חשיבות תוצאות אלה בכך שהן עוזרות לנו להבין אלה מינים עלולים להיות בסיכון גבוה יותר להיווצרות בועות. מידע כזה יכול לעזור לסוכנויות ממשלתיות לִפְתֹּת את המיקום ואת האופן שבו עושים שימוש בקול באוקיאנוס למטרות חיפוש אחר צוללות או אחר נפט וגז. כתוצאה מכך, ייתכן שהתוצאות שאנו מציגים יעזרו להקטין את המצוקה של הלווייתנים, ולהוריד למינימום את השפעת נוכחות האדם באוקיאנוס.

### אטמוספירה מוחלטת (Atmosphere absolute)

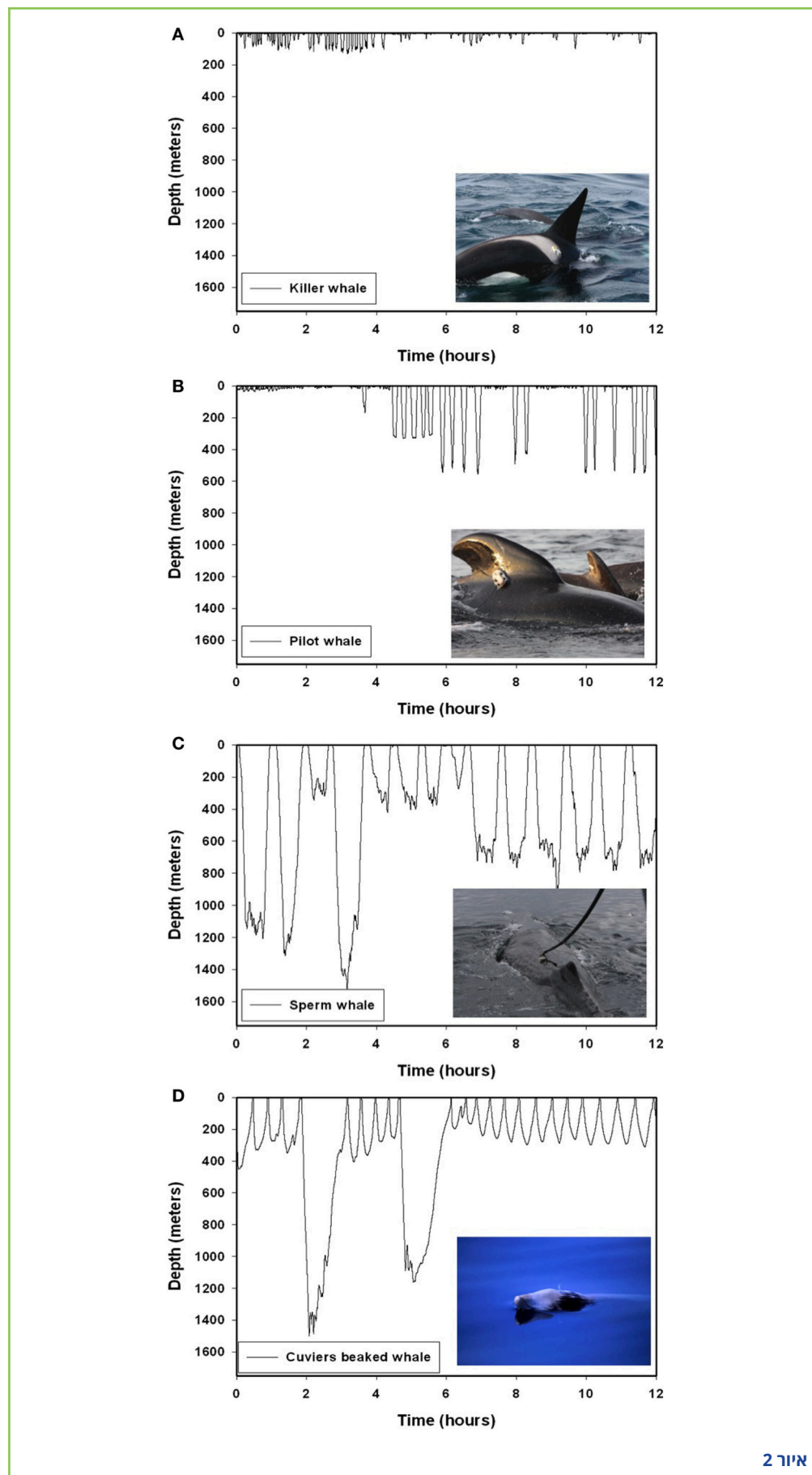
יחידת לחץ.

### מסיסות גזים (Gas solubility)

כמות הגז אשר יכולה להיות בתוך נוזל.

## איור 2

מחשבי צלילה חוברו בעזרת התקני הצמדה לארבעה סוגים שונים של לווייתנים: **A.** לווייתן קטלן, **B.** לווייתן נתב, **C.** לווייתן זרע, **D.** זיפיוס חלול חרטום. מחשבי הצלילה רשמו את העומק שאליו צללו הלווייתנים. בכל גרף, הזמן מוצג בשעות ועומק הצלילה מוצג במטרים. הקו השחור מראה את תרשים העומק של צלילת הלווייתן, המאפשר לנו לספור את מספר הצלילות ואת העומק שלהן. שימו לב להבדל הגדול במספר הצלילות ובעומק שלהן בין מיני הלווייתנים השונים. הלווייתן הקטלן **A.** ביצע צלילות קצרות ורדודות יחסית (פחות מ-200), בעוד שהלווייתן הנתב **B.** ביצע צלילות עמוקות ומהירות, אך עדיין הן היו די קצרות. לעומת זאת לווייתן הזרע **C.** ולווייתן זיפיוס חלול חרטום **D.** ביצעו צלילות עמוקות וארוכות מאוד. השינויים בהתנהגות הצלילה שימשו לקביעת ההבדלים בין המינים בסיכון ללקות במחלת הפחתת לחץ ובסיכון להיווצרות בועות (האיור נלקח ממקור [4]). קרדיט על הצילום של לווייתן קטלן, של לווייתן זרע ושל לווייתן נתב SMRU/Sanna Kuningas-ל קרדיט על הצילום של לווייתן זיפיוס חלול חרטום ל-Todd Pusser-7. עומק = Depth (meters) (מטרים) Time (hours) = זמן (שעות).

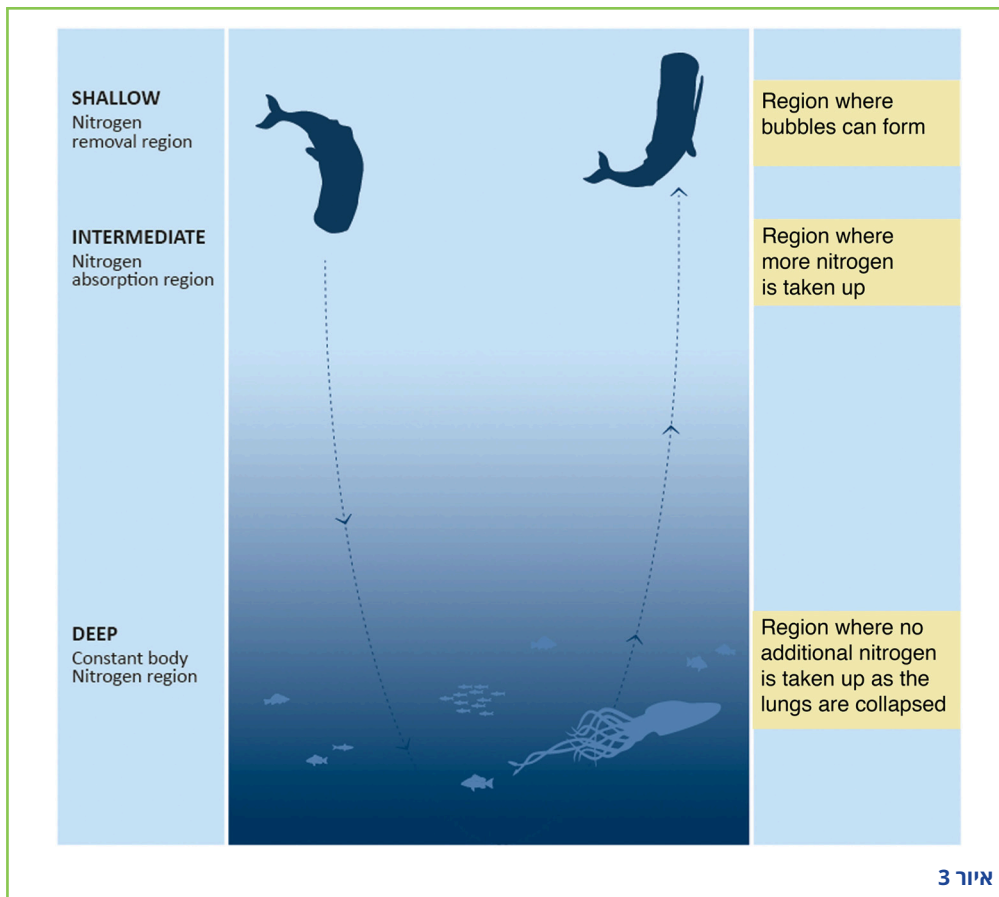


איור 2



**איור 3**

מתי לווייתנים נמצאים בסיכון להיווצרות בועות חנקן? האיור מראה לווייתן שעוזב את פני השטח וחוזר לשם במהלך צלילה. הנקודות מראות את נתיב הצלילה בזמן שהלווייתן צולל לעומק כדי לתפוס דיונון ענקי. בעומקים רדודים (Shallow), החנקן מסולק מהדם של הלווייתן, אבל זה גם האזור שבו הבועות עלולות להיווצר. בעומקי ביניים (Intermediate), חנקן נקלט ומתמוסס בדם וברקמות. באזור העמוק (Deep), הריאות מתמוטטות שכן הלחץ דוחס את הגז. זו הסיבה לכך שגז נוסף אינו נקלט, ושהגז שכבר נקלט בעומק הבינוני עובר עכשיו מהדם לרקמות (האיור נלקח ממקור [5]).



איור 3

עלינו לפתור עדיין תעלומות רבות לגבי חייהם של היונקים הימיים ושל הלווייתנים, ולעיתים קרובות אנו מבינים שיש לנו יותר שאלות מתשובות, דבר שקורה לעיתים תכופות במחקר.

**מאמר המקור**

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 N<sub>2</sub> 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

**מקורות**

1. Mahon, R. T., and Regis, D. P. 2014. Decompression and decompression sickness. *Compr. Physiol.* 4, 1157–1175. doi: 10.1002/cphy.c130039

2. Fernandez, A., Edwards, J. F., Rodruiguez, 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, 446–457. 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 N<sub>2</sub> 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 longterm 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

פורסם אונליין: 08 בפברואר 2019

נערך על ידי: Michele A. Johnson, Trinity University, United States

**ציטוט:** Fahlman A, Tyack PL, Miller PJM and Kvadsheim PH (2019) הפרעות הנובעות מפעילות של האדם עלולות לגרום להיווצרות בועות גז מסוכנות בלווייתנים הצוללים לעומק. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2017.00062-he

#### תורגם והותאם:

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

**הצהרת ניגוד אינטרסים:** המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

**COPYRIGHT** © Fahlman, Tyack, Miller and Kvadsheim 2017. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.



## סוקרות צעירות

### NADYA, גיל: 12

אני בכיתה ז' ומתגוררת בסאול, דרום קוריאה. התחביבים של הם לנגן בכינור וביוקולילי, לשיר, לצייר, לקרוא, לטייל עם כלבים ולצפות בסרטים מצוירים. אני חיה עם אימא שלי, עם אבא שלי ועם אחי הקטן. אני נהנית לקרוא על יונקים ימיים ולחקור לגביהם, במיוחד על פרות ים. אכפת לי מאוד מהסביבה ומהאופן שבו בני אדם מתייחסים לבעלי חיים. עבודת החלומות שלי היא להיות שחקנית או זמרת.



### CAROLYN, גיל: 12

אני אוהבת לצייר, לקרוא, לכתוב כתיבה יוצרת וללמוד על בעלי החיים שבטבע, בעיקר על ציפורים ועל יונקים. אני גם מתעניינת במדעי החלל. תוכנית הטלוויזיה האהובה עלי היא "אחים וחיות אחרות". הצילומים החיים והעובדות המגניבות שבספרי Eyewitness (בהוצאת DK) תמיד ריתקו אותי. במהלך טיול עם משפחתי בשנה שעברה נתקלתי בדוב, בינשוף, באריה ים, באייל ובפילי ים. כשאגדל, אני רוצה להיות סופרת-מאיירת או זואולוגית.



## הכותבים

### ANDREAS FAHLMAN

אני עובד כפיזיולוג השוואתי, כלומר אני חוקר בעלי חיים שונים והאופן שבו הם שורדים בסביבות שונות. השתתפתי במגוון גדול של מחקרים, החל בבעלי חיים שצוללים למעמקים, דרך בני אדם וכלה בסנאים שבתרדמת חורף. ב-15 השנים האחרונות חקרתי את האופן שבו בעלי חיים עוצרים את נשימתם למשך יותר משעתיים כדי לצלול לעומק של 3 ק"מ. \*afahlman@oceanografic.org



### PETER LLOYD TYACK

פרופסור לביולוגיה של יונקים ימיים באוניברסיטת סנט אנדרו. המחקר שלו מתמקד באקולוגיה התנהגותית, במיוחד בתקשורת קולית של יונקים ימיים ובהתנהגותם החברתית. הוא למד על דרכי החיזור של לווייתני מזיפות, על קריאות ההתקשרות הייחודיות לכל פרט ועל התמצאות של לווייתני שיניים הצוללים לעומק על-ידי תהודה. הוא פיתח שיטות חדשות כדי לבחון התנהגות של יונקים ימיים באופן רציף, כולל כלים הרושמים את התפתחות הקול-התמצאות, והשתמש בכך כדי לחקור תקשורת והתמצאות על-ידי תהודה. הוא פיתח סדרה של מחקרים על תגובות לקולות שנובעים מפעילות האדם, כולל השפעות של חיפוש נפט על לווייתני מזיפות ועל לווייתני זרע, והשפעות של סוכר חיל הים על לווייתני שיניים.



### PATRICK JAMES O'MALLEY MILLER

פרופסור לביולוגיה ביחידת היונקים הימיים של אוניברסיטת סנט אנדרו בסקוטלנד. הוא עובד באוניברסיטת וושינגטון עם צוות החוקר את שירת הציפורים, והתלהב לחקור את נושא התקשורת בין בעלי חיים, דבר שהוביל למחקר הדוקטורט שלו על המבנה והתפקוד של קולות בלווייתני קטלן. מחקרו הנוכחי מתמקד באקולוגיה ובהתנהגות של יונקים ימיים, בקידום שיטות חדשות כגון כלי תיוג וטכניקות, ובהבנת האופן שבו העלאת רמת הרעש התת-ימי שיוצר האדם עלולה להשפיע על בעלי החיים האלה בסביבתם הטבעית.





**PETTER H. KVADSHEIM**

פיטר עשה את הדוקטורט שלו כזואולוג באוניברסיטת טרומסו, נורווגיה, בשנת 1998. כיום הוא מתעניין בחקר יחסי הגומלין בין התאמות פיזיקליות והתנהגותיות ביונקים ימיים, וכן באופן שבו הם מגיבים להפרעות הנובעות מפעילות של האדם. מועסק במוסד הנורווגי לחקר ההגנה.

Hebrew version  
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ער.)  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem

