



כיצד מדענים מגלים את הנדידות הסודיות של דגים

Pedro Morais^{1*}, Ester Dias², Inês Cerveira³, Stephanie M. Carlson¹, Rachel C. Johnson^{4,5},
Anna M. Sturrock⁵

¹המחלקה למדיניות וניהול מדעי הסביבה, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ברקלי, קליפורניה, ארצות הברית

²המרכז הבין-תחומי למחקר ימי וסביבתי (CIIMAR), אוניברסיטת פורטו, פורטו, פורטוגל

³המרכז למדעי הים CCMAR, אוניברסיטת אלגרב, פארו, פורטוגל

⁴המחלקה לאקולוגיית דגים, מרכז מדעי הדיג הדרומי, שירות הדיג הימי הלאומי, מנהל האוקיינוס והאטמוספירה הלאומי (NOAA), סנטה קרוז, קליפורניה, ארצות הברית

⁵המרכז למדעי קו פרשת המים, אוניברסיטת דיויס, דיויס, קליפורניה, ארצות הברית

סוקרת צעירה

DEAN

גיל: 10



נדידה של חיות היא התנועה העונתית מאזור אחד לאזור אחר, אשר יכולה לערב אלפי בעלי חיים שמטיילים לאורך יבשות ואוקיינוסים. מדענים משתמשים לעיתים קרובות בסמנים אלקטרוניים ופיזיים כדי לעקוב אחרי תנועות נדידה של דגים. אולם הסמנים האלה עובדים רק על דגים גדולים, ומספקים תמונה מוגבלת בנוגע למקומות שבהם הדגים היו. אולם מדענים גילו כיצד השימוש באוטוליטים (Otoliths; נקראים גם "Ear stones") של דגים יכול לגלות את סודות מסעות הנדידה של דגים לכל אורך חייהם. אוטוליטים מנדלים שכבה חדשה בכל יום בחיי הדג, מה שמייצר פסי גדילה, ממש כמו בעצים. האוטוליטים קולטים יסודות כימיים מהמים בזמן שהדגים גדלים וזזים, דבר המספק מפה כימית של המקומות שבהם הדגים היו. פסי הגדילה גם אומרים לנו כמה זמן הדגים בילו בכל **סביבת מחיה**, וכמה מהר הם גדלו. המידע הזה מסייע לשומרי הטבע להבין אלה סביבות מחיה הכי חשובות, וכיצד להגן על זנים שנמצאים בסיכון.

במאמר הזה אנו עומדים לקחת אתכם למסע אל העולם המופלא של נדידת דגים, ולהכיר לכם את ה-Ear stone הקטנה שמצוטתת לחיי הדגים, רושמת כל תנועה שלהם, ועוד הרבה יותר...

נדידת דגים – מהי ולמה אכפת לנו?

לעיתים קרובות אנו שומעים על נדידה עונתית של ציפורים שעפות מחצי כדור אחד לאחר כדי להימנע מחורפים ארוכים וקרים, או על נדידות של חיות פרא שחוצות את הסוואנה באפריקה. אולם גם דגים מבצעים נדידות מדהימות אלא שהן מתחת לפני המים, היכן שקשה יותר לראותן [1]. בדומה לציפורים, דגים יכולים לנוע בכל הכיוונים, ובאוקיינוס דגים רבים מבצעים בכל יום "נדידות" אנכיות – בלילות הם עולים לפני השטח של המים כדי למצוא מזון, ובמהלך היום הם מתחבאים במעמקי המעורפלים של הים מפני טורפים רעבים. דגים גם יכולים לשחות למרחקים ארוכים, כאשר הטונה האדירה למשל נודדת לאורך אלפי קילומטרים אל אותו אזור רבייה בכל שנה [1]. אפילו דגי הסנג'ל יכולים לנדוד לאורך אלפי קילומטרים בכל שנה באמצעות גלישה על זרמי האוקיינוס, והם גומעים מרחקים עצומים ללא שימוש בשרירים גדולים כמו שיש לטונה. דגי הסנדל החמקמקים קוברים את עצמם בחול כשהזרמים משנים את כיוונם כדי לוודא שהם לא יחליקו אחורה. ישנם גם דגים כמו סלמון או צלופח שיכולים לנדוד דרך מים מתוקים ומי ים כדי להגיע אל יעדיהם הסופיים. רבים מכם ודאי אכלו סלמון, אך האם ידעתם שהוא יכול לנדוד יותר מ-3,000 קילומטרים במעלה נהרות כדי לחזור למקום שבו נולד? זה יותר רחוק מהמרחק שבין מקסיקו לקנדה!

אולם, מדוע אכפת לנו מנדידת דגים? מלבד היותה אירוע מרתק שכולל לעיתים קרובות אלפי בעלי חיים, הנדידה גם משפיעה על האופן שבו אנו מנהלים אוכלוסיות בעלי חיים ומשמרים זנים בסיכון. בני אדם סביב לעולם אוהבים לאכול דגים. אולם כדי למנוע דיג מוגזם שלהם אנו צריכים ראשית להבין היכן דגים ממוקמים לאורך החיים שלהם. זה מאתגר במיוחד עבור דגים נודדים, אולם זה מאפשר למנהלי שטחי דיג להגדיר, במידת הצורך, חוקים שיפחיתו את הדיג **בסביבות מחיה** מסוימות, כמו אלו שבהן הדגים נאספים כדי להתרבות ולגדול. כיום דגים רבים אינם מצליחים לנדוד אל סביבות המחיה שהם זקוקים להן לצורכי תזונה ורבייה, מאחר שבני אדם חסמו את הנתבים שלהם עם סקרים ומבנים אחרים.

מדוע וכיצד אנו מסמנים בעלי חיים?

בני אדם תמיד היו סקרנים לדעת לאן חיות הולכות. לדוגמה, אנשים רבים שמים פעמונים על הכלבים או החתולים שלהם כדי לאתר אותם. המנהג הזה היה נפוץ לפני שנים רבות במצרים העתיקה. רועים עושים את אותו הדבר עם בקר. אם כן, פעמון פשוט יכול לשמש כסמן שמאפשר לאדם לדעת היכן החיה ממוקמת. אולם הסמן הזה מאפשר מעקב אחרי חיות שנמצאות בטווח שמיעה או ראייה בלבד, והחיה צריכה להיות גדולה מספיק כדי לענוד קולר.

כיום הקדמה הטכנולוגית הובילה אותנו הרבה מעבר לפעמונים, ומאפשרת לנו לעקוב אחרי נדידות ארוכות טווח עבור מגוון זנים [1]. סמנים אלקטרוניים משתנים מחיישני אור שמאתרים נדידת ציפורים מהקוטב הצפוני לקוטב הדרומי, ועד סמני **מערכת מיקום גלובלית** (GPS) מורכבים אשר רושמים את מיקום החיה בכל רגע נתון בכל מקום על פני כדור הארץ. סמני

סביבת מחיה (Habitat)

סביבות מחיה הן אזורים או סביבות שאורגניזמים משתמשים בהן כדי לקיים את צורכיהם הבסיסיים, כולל אכילה ורבייה.

מערכת מיקום גלובלית (GPS)

מערך לוויינים שחגים סביב כדור הארץ אשר שולחים לנו מידע של GPS ומאפשרים למקלטים אלקטרוניים על כדור הארץ לאתר מיקומים מדויקים.

איור 1

(A) נתיב הנדידה של כריש עמלץ כחול בצפון-מערב האוקיינוס האטלנטי, שהוא האזור שמסומן בריבוע ירוק. (B) הכריש סומן באמצעות מכשיר GPS ליד חוף מרילנד (מרילנד, ארצות הברית) ב-23 במאי, 2015. סמן ה-GPS שידר מידע על תנועותיו של הכריש במשך 626 יום. במהלך התקופה הזו הכריש שחה מרחק של 21,974 ק"מ. (B, C) הקו הירוק מייצג את תנועותיו של הכריש במהלך שנת 2015. (D, E) הקווים השחורים מייצגים את תנועות הכריש ב-2016. (F) הקווים הסגולים מייצגים את התנועות שבוצעו ב-2017. מעניין לראות שהכריש הזה נדד חזרה אל חוף מרילנד שנה אחת אחרי שהוא סומן שם. אתם יכולים לעקוב אחרי נדידתם של דגים אחרים באתר <http://cnso.nova.edu/sharktracking>. התמונות שמוצגות באיור זה נלקחו מהאתר הזה, והונגשו על-ידי מכון המחקר גיא הרווי שבאוניברסיטת Nova Southeastern בארצות הברית.

דגי סחוס

(Cartilaginous fish)

דגים עם שלד שמורכב מסחוס, שהוא רך יותר מעצם. כרישים ותריסניות הם דוגמאות מושלמות לכך.

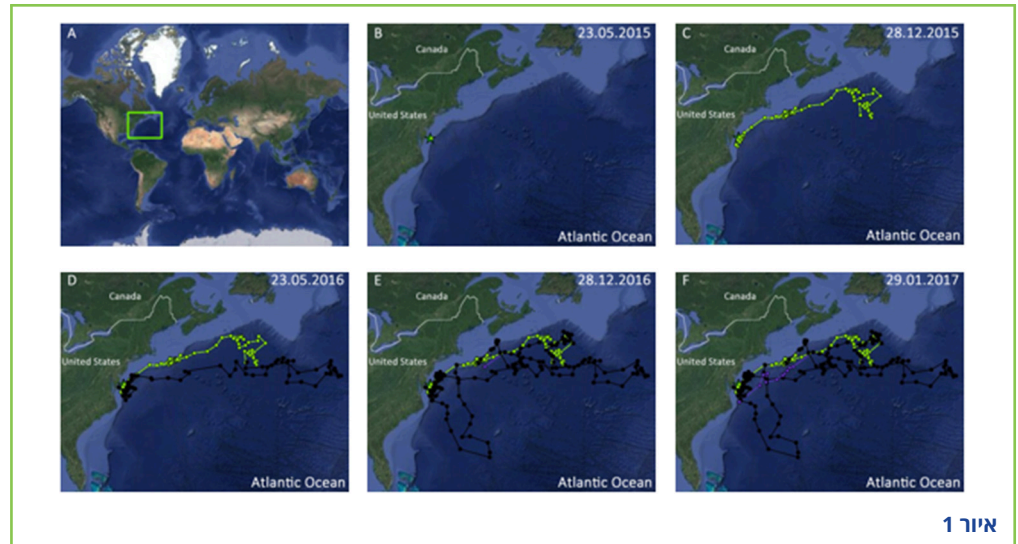
אוטוליטים (Otoliths)

אוטוליטים של דגים, שנקראים גם ear stones ('אבני אוזניים'), הם מבנים המורכבים מסידן פחמתי (calcium carbonate) וממוקמים באוזן הפנימית של דגי גרם. אוטוליטים מסייעים לדגים לאתר צלילים ולהימנע מטורפים, כמו גם להישאר מאזניים מאזניים.

דגי גרם

(Bony fish)

דגים בעלי שלד שבנוי מעצם. סלמון; סוסוני ים; שושנונים; דג perch (דג שחי במים מתוקים) וטונה הם רק חלק מדגי גרם רבים שקיימים.



איור 1

GPS שממוקמים על קולרים נמצאים בשימוש עבור חיות אדמה רבות כולל אריות, גורילות, פילים, זברות, דובים ודובי פנדה. סוגים אחרים של סמני GPS מחוברים כמו פירסינג לסנפירים או לגב של חיות ימיות גדולות כמו למשל צבים, לווייתנים, טונה או כרישים [1]. באיור 1 אתם יכולים לראות את מסלול הנדידה של כריש עמלץ כחול בצפון-מערב האוקיינוס האטלנטי, כפי שנרשם על-ידי סמן GPS. לרוב, סמני GPS הם גדולים וכבדים כך שלא ניתן להשתמש בהם עבור חיות קטנות וחלשות יותר [1]. מסכה זו מרבית הציפורים מסומנות באמצעות טבעות מתכת קטנות וקלות או באמצעות צמידי פלסטיק צבעוניים עם קודים מיוחדים. הסמנים האלה קלים הרבה יותר מסמני GPS אולם הם פחות מתקדמים טכנולוגית, ומספקים לנו מידע מועט יותר על מיקומה של הציפור כאשר מתבוננים ברגלה או בכנפה של הציפור. אולם מה לגבי דגים שהם באופן טיפוסי קטנים מדי עבור סמני GPS, ושוחים מתחת למים היכן שאי אפשר לשמוע אותם?

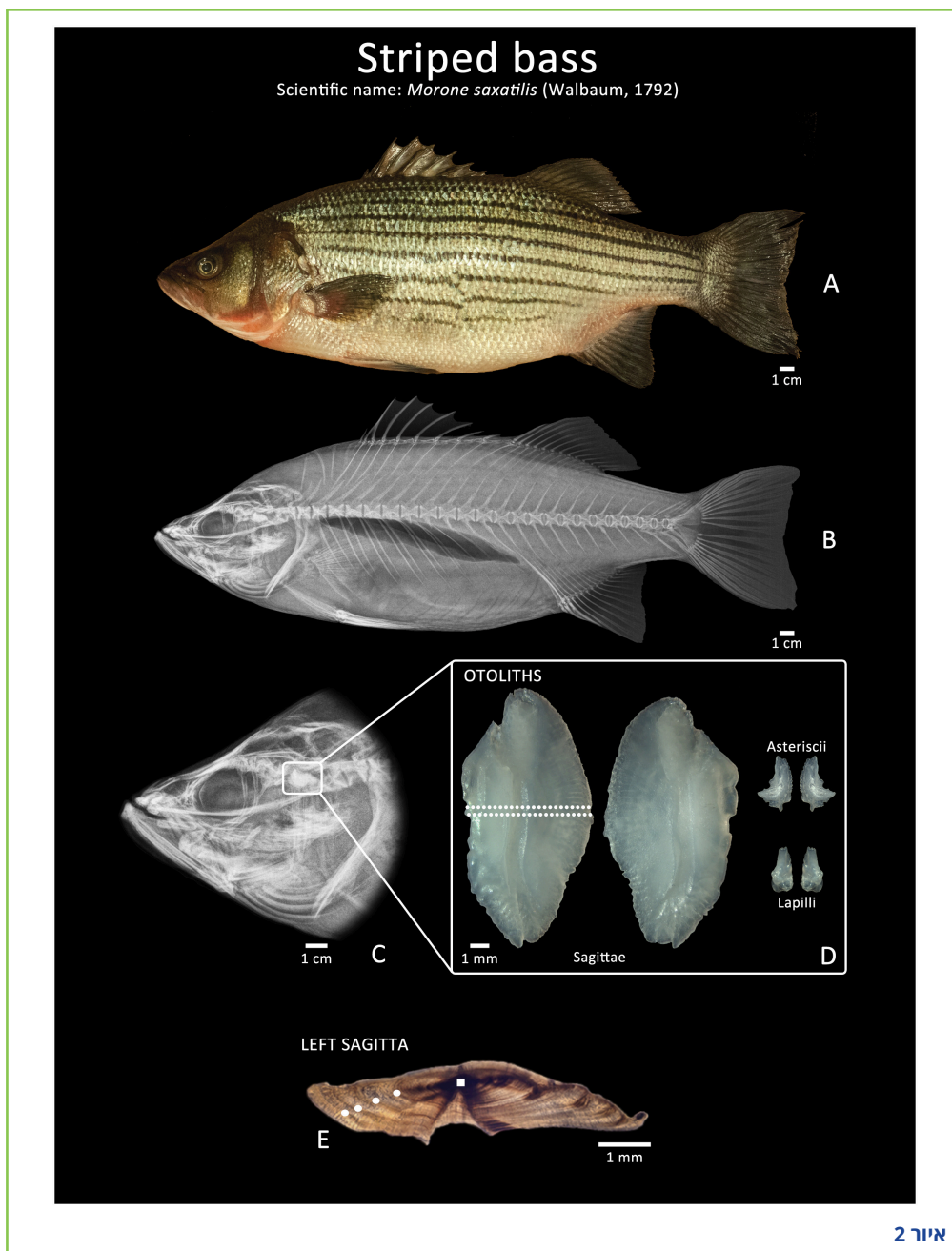
דגים קטנים יכולים גם הם להיות מסומנים באמצעות מכשירים שונים. הם יכולים להיות מסומנים באמצעות סמני מתכת או פלסטיק בעלי קוד סימון מיוחד, או עם סמנים אלקטרוניים מינאטוריים שמוכנסים אל הראש של הדג או אל בטנו [1]. למזלנו, דגים בעלי שלד שבנוי מעצמות כמו סרדינים, דגי סגנל או סלמון, נולדים עם סמן טבעי שמאפשר למדענים לחקור את התנועות שלהם מהלידה ועד המוות, בלי להזדקק לסמן את הדג באופן פיזי [1]. הסמן הטבעי הזה הוא עצם מיוחדת שנקראת אוטוליט (Otolith), אשר רושמת את הנדידה היומית, העונתית והשנתית של הדגים, כמו גם היבטים רבים נוספים בחייהם [1]. לדגים עם שלד שבנוי מסחוס הנקראים גם **דגי סחוס** כמו כרישים או תריסניות, אין אוטוליטים.

מהם אוטוליטים של דגים?

אוטוליטים, או Ear stones, גדלים באוזן הפנימית של **דגי גרם**, שכוללים יותר מ-28,000 זנים לרבות זנים מגוונים כמו שושנונים, סוסוני ים, סלמון וטונה. לדגי גרם יש שלושה זוגות אוטוליטים: ה-sagittae, ה-lapilli וה-asteriscii (איור 2). אוטוליטים מורכבים מסידן פחמתי, אותה התרכובת הכימית שגיר ואבן סיד מורכבים ממנה. לדגים שונים יש אוטוליטים השונים בצורתם ובגודלם, כך שמדענים יכולים למצוא את האוטוליטים ביציאות של ציפורים ואריות ים

איור 2

(A) תמונה של דג בס
 (B) מפוספס (*striped bass*).
 צילום רנטגן של בס מפוספס.
 (C) פרטי הראש בצילום רנטגן
 שמציגים את מיקום
 האוטוליטים. (D) לדגים יש
 שלושה זוגות אוטוליטים
 שנקראים ה-sagittae, ה-
 asteriscii וה-lapilli (E)
 התמונה הזו היא חתיכה
 מהאוטוליט השמאלי מזוג
 אוטוליטי ה-sagittae, ומיקומו
 המדויק מצוין באמצעות
 הפסים הלבנים המקווקווים
 ב-(D). הריבועים הלבנים
 מראים את ליבת האוטוליט,
 אשר נוצרה כאשר הדג הזה
 היה צעיר. כל אחת מהנקודות
 הלבנות מראה פס גדילה דק
 וכה שנוצר במהלך החורף,
 כך שסך הכול הדג הזה חי 4
 שנים. צילום הרנטגן בוצע
 על-ידי בית הספר לרפואת
 בעלי חיים (אוניברסיטת
 קליפורניה, דיויס) על-ידי
 קבוצה גדולה של צוות קליני
 תחת הדרכתה של
 Dr. Kathryn L. Phillips.



איור 2

כדי לראות אלה סוגי דגים החיות האלה אוכלות - איכס! אוטוליטים מאפשרים לדגים לשמור על איזון וּלְאִתָּר צלילים במעמקי המים. אוטוליטים גדלים באופן רציף במהלך חייהם של דגים, מספר מיקרונים (מיליוניות המטר) כל יום מהלידה ועד המוות [2]. מיקרון אחד קטן פי 1,000 ממילימטר אחד, כך שהאוטוליטים לרוב בגודל של גרגיר חול בדגים צעירים, ובערך בגודל של ציפורן במרבית הדגים הבוגרים.

איזה מידע נרשם באוטוליטים?

אוטוליטים ידועים בקרב מדענים בתור גרסת הדגים של מקליט טיסה אשר מקליט באופן רציף את נתיב הטיסה של מטוס. כמו מקליט טיסה גם האוטוליטים שומרים את התזמון ומשך הזמן

של אירועים מכריעים בחייו של הדג. מדענים יכולים להשתמש במיקרוסקופים ובטכנולוגיה מתחכמת כדי לפענח הודעות ויזואליות וכימיות שמודפסות באוטוליטים, כמו למשל גילו של הדג וגילוי המקומות שבהם הוא חי בזמנים שונים בחייו [3].

שימוש בטבעות של אוטוליטים כדי להעריך את גילו וגדילתו של הדג

אנו יכולים לפענח את גילו של דג על-ידי ספירת טבעות הגדילה על האוטוליטים שלו, בדיוק באותו האופן שבו מפענחים את גילם של עצים [2]. האופן שבו זה עובד הוא שכל 24 שעות הדג עובר בין תקופות שקטות וישנוניות יותר לתקופות ערניות יותר שבהן הוא ניזון, ממש כמו בני אדם. הדבר יוצר רצועות כהות ובהירות באוטוליטים של דגים בכל יום, אותן אפשר לראות במיקרוסקופ. הרחב של הפסים היומיים אומר למדענים אם הדג גדל מהר או לאט: אינדיקציה למידת הקושי או הקלות של מציאת מזון. כשדגים מתבגרים מדענים יכולים להסתכל על פסים עונתיים גדולים יותר ולספור את מספר השנים שהדג המסוים חי (איור 2) [2]. אחד הדגים המבוגרים ביותר בעולם היה דג סלע ממשפחת הורדוניים, שהגיע לגיל 205 שנים, ואנו יודעים זאת בהתבסס על הטבעות השנתיות באוטוליטים שלו! הדג הזה היה מבוגר יותר מסבא וסבתא רבא-רבא-רבא שלכם!

מעקב אחרי נדידת דגים באמצעות אוטוליטים

מדענים משתמשים כיום בטכנולוגיות חדשניות כדי לפענח את הקוד הכימי שנרשם באוטוליטים ולבנות מחדש את החיים הסודיים של דגים במהלך הנדידות שלהם. הסיפור המְקֻדָּד כימית הזה מסייע למדענים להעריך את כמות הזמן שדג בילה בסביבות מחיה שונות במהלך חייו. זה אפשרי מאחר שהדג מטמיע חלק מהיסודות הכימיים שבמים ובמזון שסביבו בתוך האוטוליט, והכימיקלים האלה יכולים להיות ייחודיים לסביבות מחיה מסוימות שבהן הדג חי. זה קצת כמו טביעת אצבע כימית שנשמרת בפסי הגדילה של האוטוליט, אשר משתנים כשהדג נודד לסביבת מחיה חדשה. הטכנולוגיה של קריאת הכימיקלים באוטוליטים עובדת באופן מיטבי כאשר הדג זז בין סביבות מימיות שונות מאוד, כמו למשל בין נהרות, לשוניים (הנקודה הסופית שאליה מגיע נהר לפני שהוא נפגש באוקיינוס, כאשר האורך הטיפוסי שלה הוא בין ק"מ בודדים לכמעט 1,000 ק"מ) והאוקיינוס (ראו איור 3). אולם בחלקים מסוימים בעולם אפשר אפילו לזהות את הנהר המדויק שבו הדג נולד, ואז לעקוב אחרי התנועות שלו בין רשת מורכבת של נהרות [4].

על-ידי שילוב בין טבעות הגדילה ובין הניתוח הכימי אפשר להעריך כמה זמן דג מסוים בילה בכל סביבת מחיה, ולהשוות את קצב הגדילה בכל סביבת מחיה. הבנה של אלה סביבות מחיה חשובות לדגים היא מידע הכרחי עבור מדענים שמנסים להגן על סביבות המחיה האלה ולשחזר אותן [1].

מידע באוטוליטים יכול לסייע לנו להציל דגים בסכנת הכחדה

אנו משתמשים באופן פעיל בשיטות שתוארו בחלקים הקודמים של המאמר כדי לנסות להציל דג שנמצא בסכנת הכחדה רצינית. ייתכן שכבר שמעתם על דג הסלמון הזה שמְכַנָּה

יסודות כימיים

(Chemical Elements)

יסודות כימיים הם אבני הבניין של כל היקום החל מאורגניזמים חיים וכלה בעצמים דוממים. לדוגמה, מים מורכבים משני יסודות כימיים: מימן וחמצן.

לשון ים

(Estuary)

חלקו האחרון של נהר לפני שהוא פוגש באוקיינוס. המים בלשונות ים מכילים בתוכם כמויות שונות של מלח, ולעיתים קרובות זזים יחד עם הגאות והשפלה.

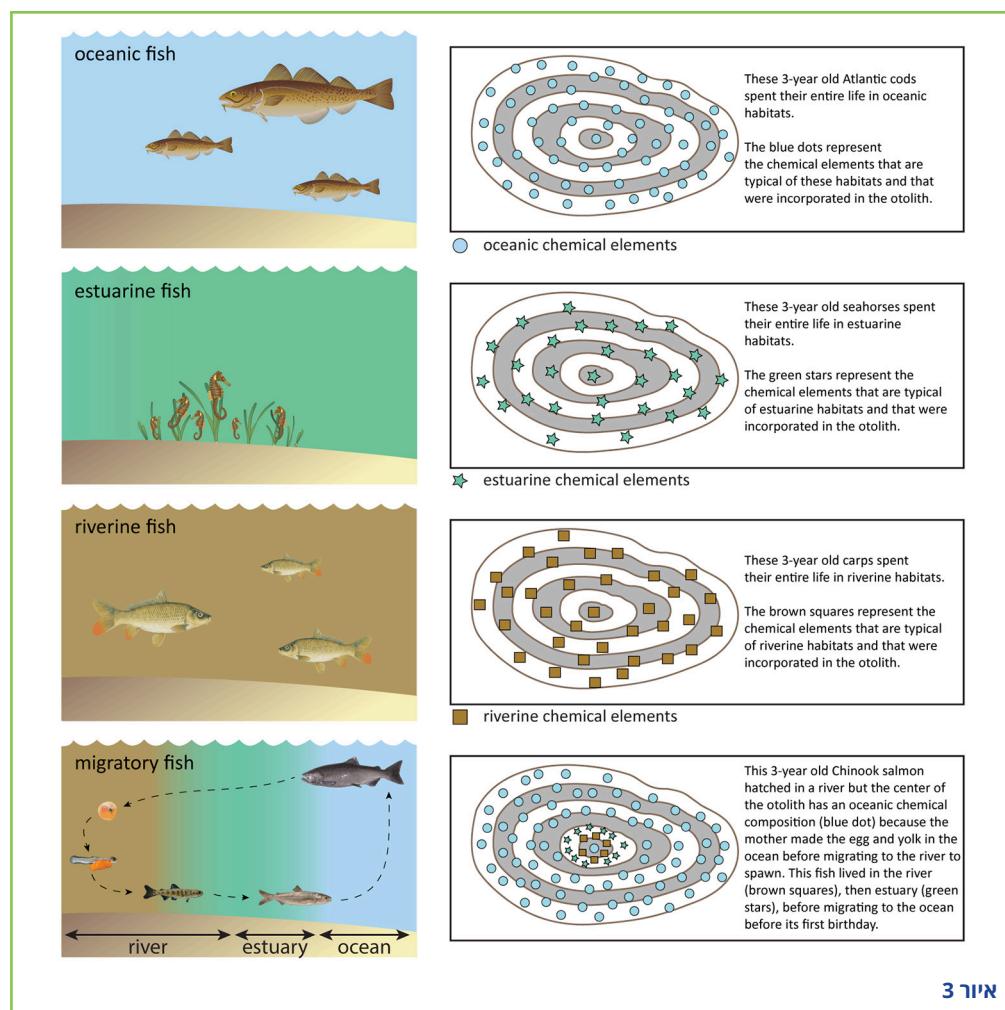
סלמון

(Winter-run salmon)

סלמון שחוזר לנהר (או "רץ") – "run" מהאוקיינוס) בעונת החורף.

איור 3

ההרכב הכימי של האוקיינוסים, לשונות הים והנהרות שונה מאד. לכן, היסודות הכימיים שמוטמעים באוטוליטים של דגים משתנים גם הם בין מערכות אקולוגיות. לכן, ניתן להשתמש ביסודות הכימיים על מנת לקבוע את המערכות האקולוגיות שבהן חיו דגים נודדים במהלך כל מחזור החיים שלהם (ראו את הפאנל התחתון), ולדעת כמה זמן הדגים בילו בכל אחת מהמערכות האקולוגיות האלה. Estuary = לשון ים.



אֶלִּיתִית גַּמְלוֹנִית (בלועזית: Chinook salmon או King salmon). זהו זן הסלמון הגדול ביותר בעולם, והוא חי לאורך כל החופים והנהרות באזור האוקיינוס השקט, מצפון יפן ועד למרכז קליפורניה בארצות הברית. כמו כל דגי הסלמון, סלמוני האליתית הגמלונית נולדים בנהר ונודדים אל האוקיינוס בגיל צעיר, ואז חוזרים אל הנהר שבו נולדו כדי להתרבות ולייצר את הדור הבא של דגי סלמון. סלמוני האליתית הגמלונית מתרבים רק פעם אחת בחייהם ואז מתים. אחרי שהם מתים, מדענים אוספים את האוטוליטים שלהם ומשחזרים את נתיבי הנדידה וקצבי הגדילה שלהם במהלך כל חייהם [4].

אליתית הגמלונית שבמערכת הנהרות Sacramento-San Joaquin ישנן ארבע עונות רבייה (שנקראות "runs"): עונת האביב (fall-run); עונת האביב המאוחרת (late fall-run); עונת החורף (winter-run) ועונת הסתיו (spring-run). שמות העונות האלה מעידים על העונה שבה סלמונים בוגרים נכנסים למים מתוקים כדי להתרבות. סלמוני אליתית גמלונית שמתרבים בחורף (winter-run Chinook salmon) הם במוקד הסיפור שלנו מאחר שנותרה רק אוכלוסייה אחת קטנה שלהם בקליפורניה (ארצות הברית), מה שמותיר אותם בסכנת הכחדה [5]. מידע חדש שמפוענח מהאוטוליטים שלהם עשוי לסייע לנו להגן על דגי הסלמון האלה. מבחינה היסטורית סלמוני winter-run salmon התרבו בכמה נהרות קרים בקליפורניה, אולם בני אדם חסמו את הנתיבים שלהם עם

סכרים גדולים. כיום המקום היחיד שנותר להם להתרבות בו הוא ממש מתחת לסכר, שם הטמפרטורות יכולות להיות גבוהות מאד. במהלך הבצורת של 2013-2015 ביצו רבות וסלמונים צעירים רבים מתו בגלל שהמים היו חמים. אולם מספר קטן של סלמוני winter-run Chinook salmon איכשהו שרדו וחזרו כדגים בוגרים בשנים 2016-2018. מדענים נרגשים להשתמש באוטוליטים כדי ללמוד על סיפוריהם של הסלמונים האיתנים האלה ששרדו. הם חושבים שהאוטוליטים יגלו אלה סביבות מחיה עשויות לסייע להישרדות סלמוני winter-run Chinook salmon במהלך תקופות בצורת עתידיות. אוטוליטים כבר גילו לנו שבשנים אחרות סלמוני winter-run Chinook salmon לעיתים קרובות חומקים הצידה לנהרות קטנים יותר כדי לגדול ולהתחבא [5]. למדענים לא היה מושג כמה חשובים היו מקומות העצירה האלה, והם חשבו שהם משמשים למציאת מזון ומחסה מפני טורפים בדרכם של הסלמונים אל האוקיינוס. האם אלה אותן סביבות המחיה שסלמוני winter-run Chinook salmon משתמשים בהן במהלך תקופות בצורת? המידע החדש הזה יאפשר למדענים להבין על אלה סביבות מחיה להגן כדי לשמר את הדג הייחודי הזה.

מה אתם יכולים לעשות כדי להגן על דגים נודדים?

דגים נודדים

(Migratory fish)

דגים שצריכים לזוז בין סביבות מחיה שונות במהלך תקופות מסוימות במחזור החיים שלהם כדי להתרבות; לאכול; לגדול ו/או למצוא מחסה מפני טורפים או מסביבות מזיקות.

שלו כוחות עם חבריכם ומוריכם כדי למצוא אלה זני **דגים נודדים** נמצאים באזור שבו אתם חיים, בין אם בנהרות או באוקיינוסים. מצאו אלה זנים נמצאים בסיכון וזקוקים לעזרתכם, ונסו לקנות מאכלי ים שהם ברי-קיימא בלבד (דגים שגודלו ללא הריסת סביבות מחיה טבעיות, בלי שסוכנו זנים אחרים ובלי לזהם מערכות אקולוגיות אחרות. הסתכלו באתר האינטרנט וביושומון של [Seafood Watch](#)). ידעו את משפחותיכם, חבריכם וקהילייתכם בכך שהם יכולים לסייע בהגנה על הזנים האלה. לדוגמה, העלאת מודעות לאתגרים שבפניהם עומדים דגים נודדים הוא הנושא של יום עולמי המוקדש לעיסוק בדגים נודדים ונקרא [World Fish Migration Day](#). היום הזה מצוין ברחבי העולם פעם בשנתיים. אולי אתם, חבריכם ומוריכם יכולים לארגן אירוע מיוחד עבור היום הזה! חפשו הזדמנויות לסייע בניקוי של חופים ונהרות (למשל באירועים מאורגנים) כדי לספק בתים נקיים לדגים נודדים וחיות ימיות אחרות. נוסף על כך אתם יכולים ליישם טיפים חכמים לחיסכון במים בבתיכם ובגינותיכם, ולשמור יותר מים שהדגים יוכלו ליהנות מהם, וגם לשמור על נהרות בריאים (מידע נוסף באתר <http://www.smartwater.org.nz/tips>). העלו את מודעות האנשים לכך שהקרת מחסומים לאורך נהרות יכולה לאפשר לדגים נודדים לחזור לסביבות המחיה הבריאות שלהם, שבהן גרו ושגשגו בעבר, ובכך לסייע בהגדלת מספר הדגים הנודדים בעולם.

מקורות

1. Morais, P., and Daverat, F. 2016. *An Introduction to Fish Migration*. Boca Raton, FL: CRC Press.
2. Panfili, J., De Pontual, H., Troadec, H., and Wright, P. J. 2002. *Manual of Fish Sclerochronology*. Brest: Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.
3. Campana, S. E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths - pathways, mechanisms and applications. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 188:263-97. doi: 10.3354/meps188263

4. Sturrock, A. M., Wikert, J. D., Heyne, T., Mesick, C., Hubbard, A. E., Hinkelman, T. M., et al. 2015. Reconstructing the migratory behavior and long-term survivorship of juvenile Chinook salmon under contrasting hydrologic regimes. *PLoS ONE* 10:e0122380. doi: 10.1371/journal.pone.0122380
5. Phillis, C. C., Sturrock, A. M., Johnson, R. C., and Weber, P. K. 2018. Endangered winter-run Chinook salmon rely on diverse rearing habitats in a highly altered landscape. *Biol. Conserv.* 217:358–62. doi: 10.1016/j.biocon.2017.10.023

פורסם אונליין: 09 ביולי 2020

נערך על ידי: Chelsea D. Specht, Cornell University, United States

ציטוט: (2020) Morais P, Dias E, Cerveira I, Carlson SM, Johnson RC and Sturrock AM
 כיצד מדענים מגלים את הנדידות הסודיות של דגים. *Front. Young Minds.*
 doi: 10.3389/frym.2018.00067-he

תורגם והותאם:

Morais P, Dias E, Cerveira I, Carlson SM, Johnson RC and Sturrock AM (2018) How Scientists Reveal the Secret Migrations of Fish. *Front. Young Minds* 6:67. doi: 10.3389/frym.2018.00067

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

COPYRIGHT © 2018 © 2020 Morais, Dias, Cerveira, Carlson, Johnson and Sturrock. 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 (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרת צעירה

DEAN, גיל: 10

אני תלמידת כיתה ד' שאוהבת מדע וטבע. יש לי לטאת מיוחדת מסוג crested gecko, ואני מרותקת מדינוזאורים ומזוחלים. אני מקווה לעסוק בפלאונטולוגיה (חקר מאובנים) או בהרפטולוגיה (חקר זוחלים ודו-חיים), ולעזור לאנשים להבין את עולם החיות.

הכותבים

PEDRO MORAIS

התשוקה שלי לביולוגיה ימית החלה כשהייתי בן 7. נסעתי לחופשה עם ההורים שלי ואחותי לחוף ים מקסים בדרום פורטוגל, וביליתי את מרבית זמני בבריכות הסלעים הטבעיות שבים בחיפוש אחר דגים, עקרבים ושושני ים. עד כה חקרתי כל מיני סוגים של אורגניזמים חיים (חיידקים; אצות מיקרוסקופיות; מדוזות; צדפות; עקרבים;



ציפורים; צבים; דגים) בכל מיני מערכות אקולוגיות – מהאוקיינוסים העמוקים ועד ללגונות הרדודות; לשונות ים; נהרות; אגמים ונחלים. נדידת הדגים סקרנה אותי זה זמן רב, והשימוש במבנים באוזניים שלהם שנקראים otoliths כדי לחקור את התנועות שלהם, הוא מרתק. אתם יכולים למצוא מידע נוסף על המחקרים שלי באתר pmorais@berkeley.edu pmorais.weebly.com*



ESTER DIAS

אני חברה בקבוצת המחקר שעוסקת בחקר פלישה אקולוגית וביולוגית לשפך נהר לים (CIIMAR – אוניברסיטת פורטו, פורטוגל). כילדה הסתקרנתי מהתנהגות של חיות, ממה שהן אוכלות ומדוע הן צריכות לנדוד מרחקים גדולים כדי להתרבות. לכן, הפיכה לביולוגית הייתה ההזדמנות שלי לענות על השאלות האלה. עד כה חקרתי חיות ימיות קטנות שנקראות זואופלנקטון (חלקן בגודל של 1 מ"מ בלבד); צדפות; ציפורים ימיות; דגים ואפילו יונקים ימיים. כיום אני חוקרת נדידה של דגים, את התפריט התזונתי של כל זן ימי ואת ההשפעות של הכנסה יזומה על-ידי בני אדם של זני דגים לסביבות מחיה אחרות מהאזורים הטבעיים שלהם.



INÊS CERQUEIRA

אני מסיימת את התזה שלי בביולוגיה ימית, אשר מתמקדת בזני דגים שהגיעו במקור מהחוף האטלנטי של צפון אמריקה, אך מצאו אזורי מחיה חדשים באירופה. אני רוצה לדעת כיצד הזנים האלה הגיעו לאירופה וכיצד הגעתם תשפיע על זנים אחרים שנמצאים בסביבות המחיה האירופאיות החדשות שלהם. בחלק מלשונות הים ישנה כמות גדולה כל כך של דגים כאלה, שהדייגים מכנים אותם מגפה. הדבר הטוב הוא שהדג הזה טעים כל כך! לכן אני מקווה שהזן הזה יוכל להפוך למקור מזון עבור קהילות מקומיות, וגם לסייע לקהילות האלה להרוויח כסף.



STEPHANIE M. CARLSON

אני פרופסורית לביולוגיה באוניברסיטת קליפורניה בברקלי. אני מלמדת קורס על דגים ומערכות אקולוגיות כולל נחלים; נהרות; אגמים ולשונות ים. אני חוקרת כיצד אוכלוסיות של דגים מגיבות לשינויים בסביבה, לדוגמה שינויים בכמות הזרמים שנובעים ממי גשם בין שנה לשנה. אני גם מתעניינת באופן שבו פעילויות אנושיות כמו דיג ושימוש במים רבים משפיעות על אוכלוסיות הדגים. אתם יכולים ללמוד עוד על המחקרים שמתבצעים במעבדה שלי באתר <https://nature.berkeley.edu/carlsonlab>.



RACHEL C. JOHNSON

אני מדענית בשירות הדיג הימי הלאומי שבמרכז מדעי הדיג הדרומי באוניברסיטת קליפורניה, דיוויס. המחקר שלי מתמקד בדגים שנוודים בין נהרות לבין האוקיינוס. הדגים האלה מתמודדים עם מכשולים רבים בדרך. אני עורכת ניסויים מדעיים כדי לזהות כיצד לסייע לזנים בסיכון ולתמוך בשגשוג של חוות דגים. בפרט אני משתמשת ב-ear stones (קראו את הכתבה כדי לדעת עוד!) כאחד הכלים המרכזיים בארגון הכלים המחקרי שלי כדי לאתר את התנועה; השימוש באזורי המחיה והגדילה של דגים. אתם יכולים ללמוד עוד על סלמון מסוג winter-run Chinook salmon שנמצא בסכנת הכחדה ועל הפעולות שמבוצעות כדי לשקם את הזן הזה באתר <https://www.fisheries.noaa.gov/species/chinook-salmon-protected#spotlight>.

**ANNA M. STURROCK**

אני חוקרת באוניברסיטת קליפורניה בדיוויס. מתמקדת בנדידה של דגים ובבריאותם. קבעון הדגים שלי החל כצוללנית שחוקרת חופי אלמוגים באפריקה, ואובססיית האוטוליטים שלי החלה במהלך פרויקט המחקר לתואר שני שחקר דגי sea perch (סוג של דגי סלע) בפיוורדים של ניו-זילנד. אני מתעניינת במיוחד בהבנת האופן שבו אנשים משפיעים על התנהגות והישרדות של דגים, כך שנוכל לשמר דגים ולהתנהל בצורה יעילה יותר עימם. זה חשוב במיוחד במקומות כמו קליפורניה, שם שינינו את הנופים והנהרות באופן כל כך דרמטי.

Hebrew version
provided by

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

