

## מעקב אחרי ציפורים: כיצד תרמיל קטן יכול להשפיע על חייה של ציפור פרא

Verena Puehringer-Sturmayer<sup>1,2</sup>, Francesca Hemetsberger<sup>1</sup>, Didone Frigerio<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>מרכז מחקר קונארד לורנץ להתנהגות ולקוגניציה, אוניברסיטת וינה, וינה, אוסטריה  
<sup>2</sup>המחלקה לביולוגיה התנהגותית וקוגניטיבית, אוניברסיטת וינה, וינה, אוסטריה

### סוקרים צעירים

ISABEL

גיל: 9



MARGARIDA

גיל: 12



SHASHI-  
PREETHAM

גיל: 13



האם אתם יודעים שאפשר לעקוב אחרי התנועה של ציפורים בכל מקום שאליו הן עפות? מְשֻׁדְּרֵי ג'י-פי-אס, שנראים כמו תרמילים, יכולים להינשא על ידי הציפורים, מה שמאפשר לנטר את תנועותיהן למשך תקופות זמן ארוכות ועל פני מרחקים גדולים. אולם לפני שמציידיים ציפורים עם ה"תרמילים הקטנים" האלה, חשוב לחקור אם וכיצד משדרי הג'י-פי-אס משפיעים על ההתנהגות של הציפורים ועל תהליכים בגופן, כמו למשל רמות העקה שלהן. כדי לברר זאת, צפינו בהתנהגות של קבוצת ציפורי מגלן מצויץ צפוני שצוידו במשדרי ג'י-פי-אס והשוונו אותן עם קבוצה ללא משדרים. לא מצאנו כל הבדל בהתנהגות בין הציפורים עם המשדרים לציפורי הביקורת, אולם חודש אחד לאחר הציוד במשדרים רמות העקה היו גבוהות יותר בקבוצה עם המשדרים. מאחר שציפורי מגלן מצויץ צפוני הן מין בסכנת הכחדה, חשוב מאוד לחוקרים לנסות להגן עליהן ולוודא שמשדרי הג'י-פי-אס לא מגדילים את רמות העקה של החיה הזו.

### כיצד אנו יכולים לעקוב אחרי חיות נעות?

טכנולוגיה מודרנית מאפשרת לנו לעקוב אחרי תנועתן של ציפורים, בכל מקום שבו הן נמצאות. אתם תמיד יכולים לדעת את המיקום של ציפור, אפילו כשהיא עפה הרחק או מהגרת. **משדרי**

### משדרי ג'י-פי-אס (GPS-transmitters)

מכשירים מיניאטוריים שמחוברים לחיה, אשר משתמשים במערכת האיפון הגלובלית (ג'י-פי-אס) – אשר מורכבת מלוויני ג'י-פי-אס שמשדרים אותות למכשירים שעל כדור הארץ – כדי לקבוע את מיקומן של חיות מתויגות.

### תיג (Tagging)

ציפורים צוידו עם משדרי ג'י-פי-אס שהיו מקובעים לגב שלהן באמצעות רתמה שדומה לרתמת כלב.

### ניקוי נוצות הגב (Dorsal Feather Preening)

ניקוי הנוצות סביב למשדר הג'י-פי-אס עם המקור.

### קורטיקוסטרון (Corticosterone)

הורמון עקה מרכזי בציפורים. אפשר למדוד רמות קורטיקוסטרון בדם או בצואה. כמות הקורטיקוסטרון בצואה פרופורציונלית לזו שבדם, ולכן זו מדידה טובה להערכת תגובת העקה של חיה.

**ג'י-פי-אס** הם כלים שמשתמשים במערכת האיפון הגלובלית (ג'י-פי-אס) כדי לקבוע את מיקומן של ציפורים שצוידו במשדר (ציפורים מתויגות). משדרי ג'י-פי-אס כאלה נישאים על ידי ציפורים כמו "תרמילים קטנים", והם מאפשרים לנו לנטר את הציפורים במשך תקופות זמן ארוכות ועל פני מרחקים גדולים [1].

אולם השפעות ה**תיג** על התנהגות הציפורים עדיין לא מובנות לחלוטין. דמיינו שאתם צריכים לסחוב תרמיל במשך כמה ימים, חודשים, או אפילו במשך כל חייכם. האם אתם חושבים שזה היה משפיע על איכות החיים שלכם? כפי שאתם יכולים לדמיין, המידע הזה עשוי להיות חשוב במיוחד כאשר מנטרים מינים שנמצאים בסכנת הכחדה, כאשר מתכננים אסטרטגיות לשימור מינים בסכנת הכחדה, וכאשר מכניסים מחדש את המינים לסביבת מחיה [2]. לכן, קריטי לזהות ולחקור את ההשפעות הפוטנציאליות של משדרי ג'י-פי-אס על ציפורים.

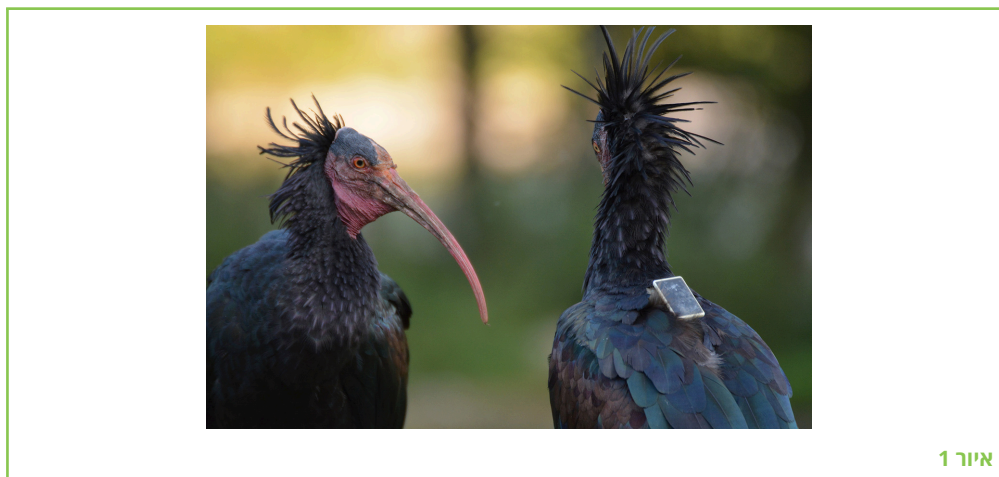
במחקר שלנו, חקרנו את ההשפעות של משדרי ג'י-פי-אס על ההתנהגות של קבוצת ציפורי מגלן מצויץ צפוני ועל התהליכים בגופן (שֶמָן הלטיני *Geronticus eremita*). התמקדנו בהשפעות של הטווח הקצר (הימים הראשונים אחרי החיבור), והטווח הבינוני (11 שבועות אחרי החיבור) על הציפורים, במיוחד על התנהגויות מסוימות, כמו למשל תחזוקה כללית של הגוף (לדוגמה ניקוי הנוצות) ו**ניקוי נוצות הגב**, שהוא ניקוי האזור שסביב למשדר הג'י-פי-אס באמצעות המקור. חקרנו גם את ההתנהגות החברתית של המגלנים, הן הידידותית הן האגרסיבית. לבסוף, בחנו שני משתנים נוספים: (i) משקל הגוף של הציפורים, ו-(ii) רמות ההורמון שנקרא **קורטיקוסטרון** בצואה של הציפורים. קורטיקוסטרון משמש למדידת רמת העקה של הציפורים. כדי להיות מדויקים מאוד, מדדנו את "המטאבוליטים המופרשים של קורטיקוסטרון", אולם לשם פשטות ההבנה נדבר בטקסט על קורטיקוסטרון.

## היכן ערכנו את המחקר, וכיצד תכננו את הניסוי?

החיות שחקרנו שייכות למושבה של ציפורי מגלן מצויץ צפוני שנעות בחופשיות, אשר נוסדה במרכז מחקר קונארד לורנץ, בעמק של נהר אלם בחלק הצפוני של האלפים האוסטריים, בשנת 1997 [3]. הציפורים רגילות לנוכחות של בני אדם, וכל מגלן מסומן עם שילוב ייחודי של טבעות רגליים מיוחדות לצורך זיהוי. בזמן איסוף הנתונים, המושבה הכילה 45 פרטים, בוגרים וצעירים. בחרנו ב-24 פרטים בוגרים, בגילי שנתיים עד 18 שנים, כדי לצפות בהן במחקרנו. הציפורים חוו טיפולים שונים: טיפול, שקילה ותיוג. תהליך הטיפול כלל תפיסה של הציפורים והחזקתן. הציפורים נתפסו ביד או ברשת ידנית, ונמנענו מלרדוף אחריהן. עבור תהליך השקילה, משקל הגוף של המגלנים נמדד על ידי שימת כל ציפור בשק ושקילתה על מאזני שקילה. זוהי מדידה חשובה, מאחר שמשדרי ג'י-פי-אס צריכים שלא לשקול יותר מ-3% ממשקל גופה של הציפור [4]. כפי שאתם יכולים לדמיין, משדרי ג'י-פי-אס כבדים יותר עלולים להקשות על הציפור לעוף באופן נורמלי. תהליך התיג כלל מיקום של המשדר במיקום יציב על גופה של הציפור. כתלות בטיפולים שהן חוו, הציפורים חולקו באופן אקראי לשלוש קבוצות: (i) קבוצת משדר: שמונה ציפורים חוו את תהליכי הטיפול והשקילה, וצוידו עם משדרי ג'י פי אס על גבן (איור 1); (ii) קבוצת טיפול: שמונה ציפורים חוו את תהליך הטיפול בלבד; ו-(iii) קבוצת ביקורת: שמונה ציפורים לא חוו כל תהליך, והן רק נצפו.

**איור 1**

שתי ציפורי מגלן מצויץ צפוני,  
אחת מהננושאות משדר ג'י  
פי אס. קרדיט לתמונה:  
Pühringer- Verena  
.Sturmayer



איור 1

**כיצד תייגנו את הציפורים?**

חיות בקבוצת המשדרים צוידו עם משדרי ג'י פי אס שהיו מקובעים לגבן של הציפורים באמצעות רתמה שדומה לרתמת כלב. הרתמות נוצרו בעבודת יד כדי לוודא התאמה מושלמת לכל ציפור, מאחר שיכולים להיות הבדלים במדידות הגוף. חיות בקבוצת הטיפול הוחזקו בחיקם של המדענים במשך אותה כמות הזמן שערך תהליך התיוג. חיות בקבוצת הביקורת נצפו אולם לא טופלו. תפיסת ציפורים, חיבור המשדרים ושחרור הציפורים ארכו כ-18 דקות לכל ציפור.

**אלו נתונים אספנו וכיצד?**

מאוקטובר ועד לינואר, כל הציפורים בכל הקבוצות נצפו לפני תהליכי התיוג והטיפול, במהלכם ואחריהם. התמקדנו בהתנהגות תחזוקת הגוף הכללית (ניקוי במקור, גירוד, הרעדה, שקשוק נוצות, התמתחות, שינה, מנוחה ושהייה בשמש או במים); ניקוי נוצות הגב (ניקוי סביב לאזור משדר הג'י-פי-אס באמצעות המקור); תנועה (הליכה, תעופה למרחקים קצרים) וחיפוש מזון (שתייה, הזנה, ניקור עם המקור באדמה), כמו גם בתדירות האינטראקציות החברתיות והאגרסיביות עם מגלנים אחרים (לתיאור מפורט של ההתנהגויות של מגלן מצויץ צפוני ראו [5]).

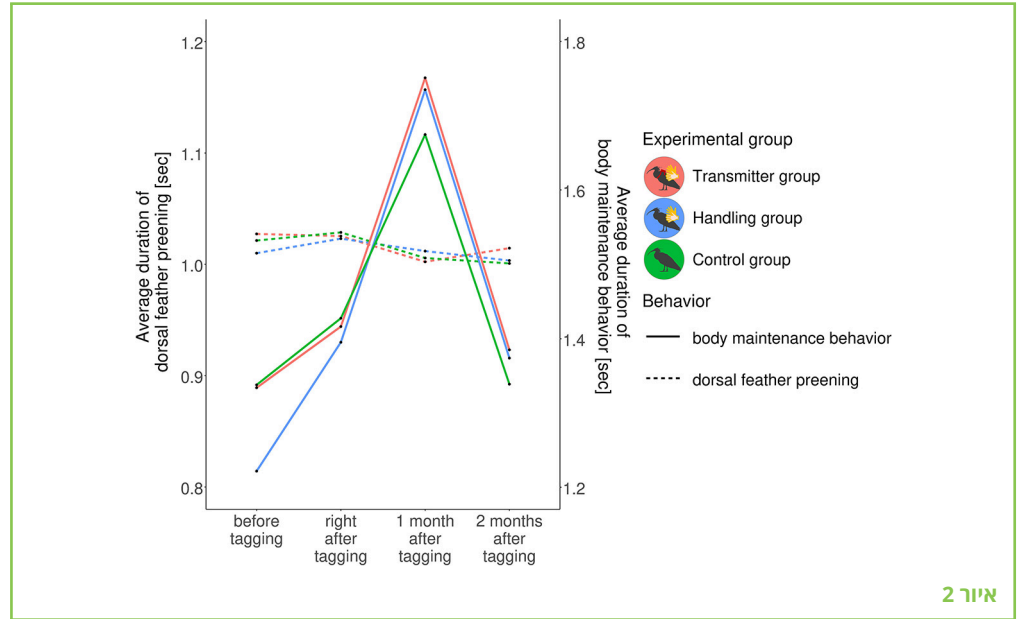
נוסף על כך אספנו צואה מציפורים כדי לקבוע את רמות הקורטיקוסטרון בצואה, מאחר שאנו יודעים שכמות ההורמון הזה בצואה פרופורציונלית לרמתו בדם [6]. מדידת הריכוז של קורטיקוסטרון בצואה היא שיטה קלה ובטוחה לקביעת רמות העקה של הציפורים. איסוף צואה עשוי להיות דורשני ביותר, מאחר שהצופים צריכים לחכות עד שהחיה תעשה את צרכיה. הצואה הוקפאה תוך שעתיים מזמן האיסוף, ונשלחה לעמיתים שלנו בווינה לשם אנליזה.

**מה ציפינו למצוא?**

חזינו שההשפעות החזקות ביותר על התנהגותם של המגלנים תיצפנה זמן קצר אחרי תהליך התיוג. חשבנו שהציפורים עשויות להרגיש שלא בנוח עם משדרי הג'י-פי-אס, מה שיכול לשנות את מיקומם נוצותיהן, וחשבנו שהציפורים יגבירו את התנהגות תחזוקת הגוף שלהן. צפינו גם

**איור 2**

דפוסים של שתי התנהגויות, ניקוי נוצות הגב באמצעות המקור והתנהגות תחזוקת הגוף (ניקוי עם המקור, גירוד, הרעדה, שקשוק נוצות, התמתחות, שינה, מנוחה ושהייה בשמש או במים) עבור קבוצות המשדר, הטיפול והביקורת של מגלן מצויץ צפוני. התנהגויות נמדדו בזמנים שונים של תקופת התצפית, שמוצגים על ציר משך הזמן (בשניות) של ההתנהגויות מוצג מצד שמאל ומצד ימין בציר אתם יכולים לראות ששלוש קבוצות הניסוי עוקבות אחרי אותו הדפוס בשתי ההתנהגויות. אם כן, שתי ההתנהגויות לא השתנו בעקבות חיבור משדר הג'י-פי-אס. אנו מסכמים שלחיבור של משדרי ג'י-פי-אס לא הייתה השפעה שלילית על התנהגויות של תחזוקת הגוף.



איור 2

שפרטים מתויגים יהיו לחוצים יותר מקבוצת הביקורת, מה שיגרום לריכוזים גבוהים יותר של קורטיקוסטרון בצואה זמן קצר אחרי חיבור משדרי הג'י-פי-אס. אולם צפינו שדפוס ההתנהגות של הציפורים וריכוז הקורטיקוסטרון יחזרו למצב הרגיל בתוך חודשיים וחצי אחרי התיוג. חשבנו גם שיתכן כי פריטים בקבוצת המשדר עשויים לאבד משקל, מאחר שהם צריכים להשקיע יותר אנרגיה כדי לשאת את התרמילים שלהם.

**מה גילינו ומה המשמעות של תוצאותינו?**

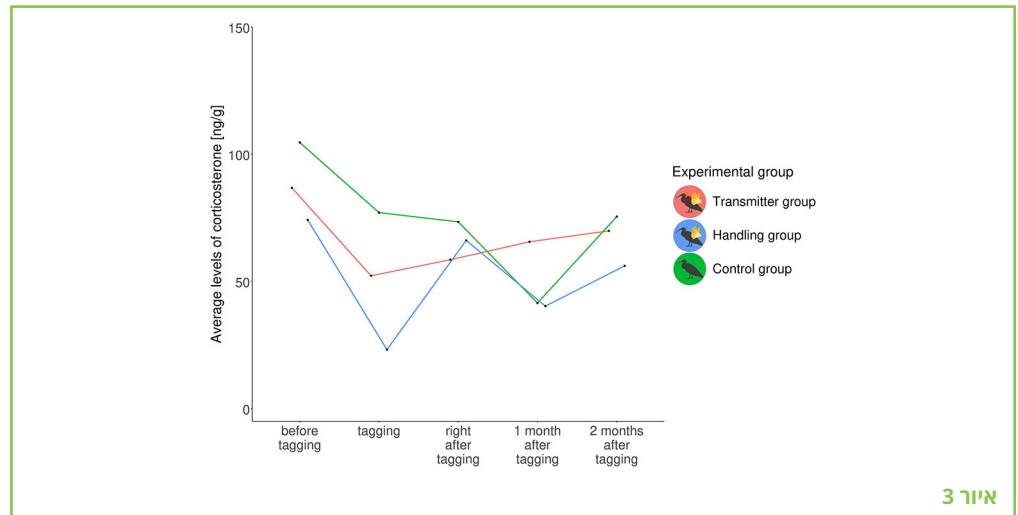
התוצאות שלנו בפועל היו שונות מעט מהתחזיות שלנו. מצאנו שחיבור של משדרי ג'י-פי-אס לציפורי מגלן מצויץ צפוני שעפות בחופשיות לא גרם לשינויים בהתנהגויות תחזוקת הגוף של הציפורים מייד אחרי התיוג (איור 2). התוצאות האלה, אשר סתרו את הציפיות שלנו, אפשרו לנו להסיק שמשדרי הג'י-פי-אס שחוברו באמצעות רִתְמָה במחקר הזה לא גרמו להשלכות שליליות על התנהגויות תחזוקת הגוף של המגלנים. יתרה מזו תיוג לא שינה את התנועה של הציפורים ואת התנהגות חיפוש המזון שלהן.

אולם ראינו שהתיוג השפיע על התנהגותן של ציפורי מגלן מצויץ צפוני בהקשר למגלנים אחרים. התנהגויות חברותיות פחתו בקבוצת המשדר אחרי חיבור משדרי הג'י פי אס, בעוד שקבוצות הטיפול והביקורת לא הראו שינוי בהתנהגות. מאחר שהתנהגויות חברותיות בין בני זוג חשובות לרבייה, חיבור משדרי ג'י-פי-אס עלול להשפיע על סיכויי ההתרבות של מגלנים מתויגים. למרבה המזל, הנתונים שלנו הראו שרמת ההתנהגות החברותית בקרב המגלנים חזרה למצב רגיל חודש אחד אחרי התיוג.

ראינו גם השפעות ארוכות-טווח של התיוג. כחודש אחרי שהן תיוגו, לציפורי המשדר היו רמות גבוהות יותר של קורטיקוסטרון בצואתן בהשוואה לקבוצות הטיפול והביקורת (איור 3). משמעות הדבר יכולה להיות שהציפורים המתויגות היו עדיין לחוצות מסחיבת משדר הג'י-פי-אס, אף על פי שההתנהגות החברותית חזרה למצב הרגיל. ראינו שרמות

### איור 3

רמות קורטיקוסטרון שנמדדו בצואה של קבוצות שונות של ציפורי מגלן מצויץ צפוני. מדידות בנו-גרם של הורמון עבור גרם צואה מוצגות עבור קבוצות המשדר, הטיפול והביקורת. רמות הקורטיקוסטרון נמדדו בזמנים שונים של תקופת התצפית, והן מוצגות על ציר ה-x. אתם יכולים לראות שחודש אחד אחרי התינוג, קבוצת המשדר הכילה רמות גבוהות יותר של קורטיקוסטרון בצואה בהשוואה לקבוצות הטיפול והביקורת. משמעות הדבר יכולה להיות שהציפורים היו לחוצות יותר באופן זמני. לכן, חשוב במיוחד שבקרוב מינים שנמצאים בסכנת הכחדה ייערכו מדידות של רמות קורטיקוסטרון בקרב חיות מתויגות, כדי לשמור עליהן בריאות ולמזער השפעות אפשריות של משדרי הג'י-פי-אס.



איור 3

הקורטיקוסטרון של כל שלוש קבוצות הניסוי היו זהות בסוף הניסוי (ינואר), מה שאומר שההשפעה הזו של התינוג עשויה להיות זמנית.

לא מצאנו הבדלים במשקל הגוף בין קבוצות המשדר והטיפול. משמעות הדבר היא שציפורים שנושאות משדר ג'י-פי-אס לא השקיעו יותר אנרגיה בהשוואה לציפורים לא מתויגות.

### מסקנות

במחקר הזה, הסתכלנו על השפעות של משדרי ג'י-פי-אס על ההתנהגות ועל התהליכים הגופניים של ציפורי מגלן מצויץ צפוני, מין ציפור שנמצא בסכנת הכחדה. לא מצאנו השפעות של משדרי הג'י-פי-אס על מרבית ההתנהגויות של המגלנים, כולל התנהגות תחזוקת הגוף. כן ראינו ירידה בהתנהגות החברותית, ועלייה ברמות הקורטיקוסטרון בצואה, אולם הגורמים האלה הושפעו רק באופן זמני על ידי התינוג. המחקר הזה מציע שמשדרי ג'י-פי-אס עשויים שלא להשפיע באופן שלילי על הציפורים ועל חיות אחרות בטווח הארוך, כל עוד משדרי הג'י-פי-אס עוצבו באופן טוב. אולם אנו מרגישים שחשוב שחוקרים ימשיכו למדוד את רמות הקורטיקוסטרון בקרב ציפורים מתויגות, כדי לאתר עלייה אפשרית ברמות העקה של ציפורים אחרי שהן מתויגות.

הממצאים האלה יסייעו לחוקרים שמנסים לשמר ולהגן על ציפורים בסכנת הכחדה, מאחר שחוקרים מעוניינים לשמור על הציפורים בריאות, ולמזער השפעות אפשריות של משדרי הג'י-פי-אס. באמצעות מה שלמדנו מהמחקרים האלה, אנו יכולים להשתמש בתרמילים הזעירים האלה במטרה לנטר מקרוב מינים שנמצאים בסכנת הכחדה, כמו למשל ציפורי מגלן מצויץ צפוני, כדי לקבל החלטות מודעות לגבי צורת ההגנה הטובה ביותר עבורן – ובתקווה לא לגרום להן לעקה בתהליך!

### תודות

קולגות רבות תרמו להצלחת המחקר שלנו. אנו רוצים להודות ל-Tanja Czerny, Johannes, Julia Krejci, Julia Rittenschober, Katharina Buchegger,

Felix ל-Madelaine Leitsberger ו-Gschwandegger על שסייעו בתחום. אנו מודים ל-Josef Hemetsberger, Hirschenhauser על תרומתו לכתיבת כתב היד הזה. Kurt Kotrschal ו-Matthias-Claudio A. Loretto סיפקו תמיכה מדעית. הקבוצה של Elisa Pschernig במחלקה לביולוגיה התנהגותית וקוגניטיבית באוניברסיטת וינה ניתחה את הצואה. Verein der Förderer der Konrad Lorenz Forschungsstelle ו-Herzog von Cumberland Stiftung סיפקו תמיכה מתמשכת.

## מאמר המקור

Puehringer-Sturmayr, V., Loretto, M. A., Hemetsberger, J., Czerny, T., Gschwandegger, J., Leitsberger, M., et al. 2020. Effects of bio-loggers on behaviour and corticosterone metabolites of Northern Bald Ibises (*Geronticus eremita*) in the field and in captivity. *Anim. Biotelemetry* 8:2. doi: 10.1186/s40317-019-0191-5

## מקורות

1. Stuchbury, B. J. M., Tarof, S. A., Done, T., Gow, E., Kramer, P. M., Tautin, J., et al. 2009. Tracking long-distance songbird migration by using geolocators. *Science*. 323:896. doi: 10.1126/science.1166664
2. Kays, R., Crofoot, M. C., Jetz, W., and Wikelski, M. 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science* 348:aaa2478. doi: 10.1126/science.aaa2478
3. Tuckova, K., Zisser, B., and Kotrschal, K. 1998. Versuch der Ansiedlung einer ortsfesten Waldrapp-Kolonie an der Konrad Lorenz Forschungsstelle. *ÖKOL*. 20:3–14.
4. Phillips, R. A., Xavier, J. C., and Croxall, J. P. 2003. Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *Auk* 120:1082–90. doi: 10.2307/4090279
5. Pegoraro, K. 1992. *Zur Ethologie des Waldrapps (Geronticus eremita L.)*. Beobachtungen in Volieren und im Freiland (Türkei, Marokko). (Doktorarbeit), University of Innsbruck, Innsbruck, Austria.
6. Palme, R. and Möstl, E. 1997. Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood. *Int. J. Mamm. Biol.* 62:192–7.

פורסם אונליין: 23 ביוני 2022

נערך על ידי: Nathan M. Good

מנחים מדעיים: Rita Araujo and Sreenivas Ravella

ציטוט: Puehringer-Sturmayr V, Hemetsberger F and Frigerio D (2022) מעקב אחרי ציפורים: כיצד תרמיל קטן יכול להשפיע על חייה של ציפור פרא. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00116-he



**תורגם והותאם:** Puehringer-Sturmayer V, Hemetsberger F and Frigerio D (2020) Tracking Birds: How a Little Backpack Could Affect the Life of a Wild Bird. *Front. Young Minds* 8:116. doi: 10.3389/frym.2020.00116

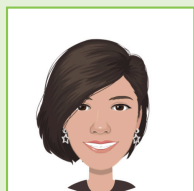
**הצרת ניגוד אינטרסים:** המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

**COPYRIGHT** © 2020 © Puehringer-Sturmayer, Hemetsberger and Frigerio 2022. 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.

## סוקרים צעירים

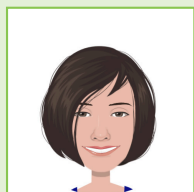
### ISABEL, גיל: 9

היי, אני איזבל מפורטוגל. אני בת 9, אוהבת קריאה, כתיבה ומוזיקה. יש לי שלושה חתולים, ואני אוהבת ללמוד היסטוריה. אין לי מושג מה אני רוצה לעשות כשאגדל. אני אוהבת מאוד ירקות (ופירות).



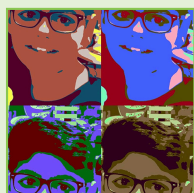
### MARGARIDA, גיל: 12

קוראים לי Margarida, אני בת 12 ואני אוהבת קריאה, טיפוס וכתיבה. אני אוהבת מדע, במיוחד כל מה שקשור לחורים שחורים, ואין לי שום מושג מה אני רוצה לעשות כשאהיה גדולה. אני גם אוהבת מאוד ביולוגיה.



### SHASHIPREETHAM, גיל: 13

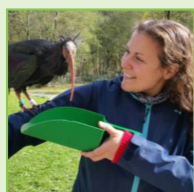
היי, קוראים לי Shashi, אני בן 13 והולך לבית ספר Penglais. אני נהנה לשחק כדורגל וכדורסל. המקצועות האהובים עליי הם מתמטיקה ומחשבים. כיום אני לומד בכיתה ח. אני מחזיק בארבעה שיאי גינס במשחק שנקרא Rocket League, ושמי מופיע במהדורת 2018 של ספר השיאים של גינס.



## הכותבות

### VERENA PUEHRINGER-STURMAYR

Verena Puehringer-Sturmayer היא ביולוגית התנהגותית. תחומי העניין העיקריים שלה הם התנהגות חיות בשילוב של פיזיולוגיה התנהגותית, כיצד פרטים בוחרים את סביבות המחיה שלהם ושימור. כיום, היא חוקרת גורמים שמשפיעים על בחירת סביבת המחיה של מגלן מצויץ צפוני.



### FRANCESCA HEMETSBERGER

Francesca Hemetsberger היא סטודנטית לתואר ראשון. היא סקרנית מאוד ומתעניינת בכמה נושאים, במיוחד בנושאים שקשורים לעולם המחקר של הוריה, ששניהם ביולוגים.



**DIDONE FRIGERIO**

Didone Frigerio היא ביולוגית התנהגותית. העניין העיקרי שלה הוא בקשר שבין חברותיות לבין תהליכים גופניים בקרב ציפורים שחיות בקבוצות. היא אוהבת לעבוד על אווזים אפורי רגליים, אפילו שציפורי מגלן מצויץ צפוני גם תפסו את תשומת ליבה לאחרונה. היא מיישמת מדע אזרחי כשיטת מחקר, ומערבת תלמידים ואזרחים במחקר ההתנהגותי שלה. \*didone.frigerio@univie.ac.at

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



**הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל**  
Hebrew version provided by



**THE SAGOL NETWORK**