



## מה מחקר שיריהם של פְּרִימָטִים רחוקי-משפחתנו יכול ללמד אותנו על עצמנו?

Dena Jane Clink \*

מרכז ק. לזיה יאנג לשימור ביו-אקוסטי, מעבדת קוֹרְנֶל לחקר העופות, אוניברסיטת קורנל, איִתְקָה, ניו יורק, ארה"ב

### סוקרים צעירים

ADAM

גיל: 15



קופיפיים, או בשמם הלוועזי, טְרָסִיִּסִים, הם חיות לילה. העיניים שלהם כבדות יותר ממוחותיהם. הם ניזונים רק מחרקים ומיצורים חיים אחרים. קופיפיים הם פְּרִימָטִים (קופאים), בדיוק כמו בני האדם, וחֶלֶק ממיני הקופיפיים יכולים לשיר! ישנם הבדלים רבים בין שירי הקופיפיים ובין שפת בני האדם. עם זה חקירת נקודות הדמיון ביניהם, עשויה לסייע לנו להבין טוב יותר את השפה האנושית. במסגרת מחקרנו, הקלטנו קופיפיים שרים באי סוֹלָאוֹסִי שבאינדונזיה. בעזרת מחשבים, מצאנו שביכולתנו להבחין בקופיפיים אינדיבידואליים בהתבסס על שיריהם. ייתכן כי שירי הקופיפיים ממלאים תפקיד חשוב ביכולת לזהות ממרחק את הקופיף ששר. גילינו גם שאם נקבה ממשפחת הקופיפיים מאיצה את שירתה, גם הזכר עושה זאת. היכולת לשנות את הפְּלֶט הקולי בהתבסס על מה שאחרים עושים, היא מאפיין אוניברסלי בשפות של בני האדם. תוצאות מחקרנו מראות כי הקופיפיים (כמו בני האדם), מסוגלים לשנות את הפקת הצליל שלהם בהתבסס על מה ששותפם עושה. העובדה שהן הקופיפיים הן בני האדם יכולים לעשות זאת, מצביעה על כך שקרוב לוודאי כי גם לאבותיהם הקדמונים המשותפים

הייתה יכולת כזו. תוצאותינו מחזקות את הרעיון שלפיו הגמישות בתקשורת הקולית התפתחה הרבה לפני הופעתם של בני האדם המודרניים.

## מהם הקופיפיים?

קופיפיים הם פְּרִימָטִים (קופאים), בדיוק כמו בני האדם, אך יש להם כמה מאפיינים מדהימים למדי, השונים מאוד משלנו. אלה הם יצורים ליליים, כלומר פעילים בלילה. יש להם עיניים ענקיות המסייעות להם לראות טוב יותר בחושך (איור 1). הקופיפיים הם הפְּרִימָטִים היחידים בעולם שהם אוכלי בשר לחלוטין, כלומר, ניזונים רק מחרקים ומחיות אחרות. לפני כ-55 מיליון שנים בני האדם חלקו אבות קדמונים משותפים עם הקופיפיים [1]. מרבית הפרימטים הפעילים במהלך היום חיים בקבוצות, אבל רבים מהפרימטים הליליים חיים לבד. הדבר נכון לגבי רוב הקופיפיים, פרט לאלה המצויים באי סולאונסי שבאינדונזיה. בסולאונסי, קופיפיים ממין זכר וממין נקבה חיים בזוגות עם צאצאיהם, בניגוד לאוכלוסיית הקופיפיים המצויים באי בּוּרְנָאָו ובפיליפינים, אשר חיים בְּגֶפֶם. הבדל זה במבנה החברתי עשוי להיות קשור למספר החרקים החיים ביערות – ביערות סולאונסי יש שפע רב יותר של חרקים, מה שאולי מאפשר לקופיפיים לחיות בקבוצות גדולות יותר.



איור 1

לקופיפיים בסולאונסי יש מאפיין מיוחד נוסף: הזכרים והנקבות שרים יחד [2]! אנו מכנים את שירי הקופיפיים גם דוֹאָטִים, כיוון שהזכרים והנקבות מְתַאמים את שירתם, ושרים לסירוגין. לעיתים הצעירים שרים עם ההורים, ואז אנו מכנים את השיר 'מקהלה'. ישנם פרימטים רבים (יותר מ-500 זנים), אך רק מעטים מהם שרים. הפרימטים המְזַמרים כוללים את הקופיפיים; אֵינְדְרִי (מין של לְמוּר – יונק דמוי-קוף החי במדגסקר); קופי טיטי (נפוצים באמריקה הדרומית); גִּיבּוֹנִים (משפחה הנמנית עם תת-סדרת הקופים צרי-האף, מונה ארבעה סוגים) ובני האדם. פרימטים מְזַמרים נוטים לחיות בקבוצות קטנות הכוללות את הזכר הבוגר, הנקבה הבוגרת וצאצאיהם. הם גם נוטים להיות טְרִיטוֹרְיָאליים, כלומר אינם חולקים את אזור הבית שלהם עם קבוצות אחרות. הקופיפיים בסולאונסי שרים עם שחר כשהם חוזרים לעצי השינה שלהם. אנו סבורים כי לשירי הקופיפיים שני תפקידים: (1) לאקד את חברי הקבוצה בתום הלילה; (2) לתקשר עם שכניהם [2]. מדענים עדיין אינם מבינים

### פְּרִימָטִים (קופאים), (Primates)

קבוצה של יונקים הכוללת לְמוּרִים, לורִיסִים, קופיפיים (או בשמם הלועזי, טרְסִיוֹסִים), קופים והוֹמִינוֹאִידִים – קופי אדם (בכלל זה בני האדם).

### מאפיינים (Traits)

תכונות ייחודיות.

### לילי (Nocturnal)

פעיל בלילה.

### אוכלי בשר (Faunivorous)

שם תואר המתאָר חיות שאוכלות חיות אחרות.

### איור 1

קופיפ בַּפָּאָרְק הַלְאוּמִי טְאָנְגְקוּ, צפון סולאונסי, אינדונזיה (קרדיט לתמונה: DC).

### דוֹאָט (Duet)

אינטראקציה קולית בין שני יחידים.

מדוע מינים מסוימים של פרימטים שרים ואחרים לא, אבל אולי באחד הימים אתם תוכלו לעזור לנו להבין זאת!

## מה מחקר הקופיפיים יכול ללמדנו על בני האדם ועל שפת בני האדם?

בני אנוש מסוגלים לקרוא, לכתוב ולדבר על אודות רעיונות מורכבים. היכולות הללו מייחדות אותנו משאר החיות, וזה זמן רב מדענים מנסים להבין איך הן התפתחו. אחת הדרכים שבה מדענים יכולים לחקור זאת היא על ידי השוואה בין בני אדם ובין חיות אחרות. לדוגמה, אם אנו מוצאים מאפיין המשותף לבני אדם ולפרימטים, קרובי-המשפחה הרחוקים שלנו, המשמעות היא שהמאפיין ככל הנראה התקיים באבותינו הקדמונים המשותפים. אם מאפיין מסוים נצפה רק בבני אדם ולא בפרימטים, קרובי-משפחתנו הרחוקים, אנו מניחים שמאפיין זה לא התקיים אצל אבותינו הקדמונים המשותפים. מחקרים כאלה יכולים לסייע לנו להבין אלה מאפיינים הם חדשים בבני האדם, וכך לאסוף רמזים לגבי הדרך שבה התפתחו יכולותינו הייחודיות.

נבחן את הדיבור כדוגמה לכך. אנשים מדברים בתורות, ונוטים שלא להתפרץ לדברי אחרים. הם גם יכולים לשנות בקלות את מה שהם אומרים (ואת הזמן שבו הם אומרים את הדברים), כתלות באנשים שאיתם הם מדברים. אלה הם דפוסים שאפשר לראות, ללא קשר לשפה זו או אחרת שבה בני אדם משוחחים [3]. מחקרים קודמים הצביעו על כך שלפרימטים אחרים לא הייתה יכולת ללמוד צלילים ושפה, כמו זו שבני האדם ניחנו בה. מדענים הניחו כי פרימטים אינם יכולים לשנות את הפקת הצליל שלהם כשהם מתבגרים. עם זה כיום מדענים לומדים שאין זה תמיד נכון. לפרימטים ישנן חלק מהיכולות של בני האדם, בכלל זה גמישות קולית ודיבור בתורות. אם אנו מבחינים באותן היכולות בחיות קרובות-משפחה רחוקות (כמו בני אדם וקופיפיים), הדבר מלמד אותנו שהמאפיין התפתח הרחק בעבר של ההיסטוריה האבולוציונית.

## מקליטים את הקופיפיים וחוקרים את שיריהם

במסגרת המחקר שלנו, הקלטנו 15 זוגות של קופיפיים בפארק הלאומי טאנגקוקו שבאינדונזיה, באמצעות מכשיר להקלטות קוליות ומיקרופון. המטרה הראשונה שלנו הייתה לבדוק אם אנו יכולים להבחין בין קופיפיים בהתבסס על השירים שלהם. כשמדובר בבני אדם, אם בן משפחה או חבר קרוב מתקשר אליכם, תוכלו להבין מייד מי הוא, רק מזיהוי צליל קולו. צפינו שזה יהיה המקרה גם עם שירי הקופיפיים. המטרה השנייה שלנו הייתה לבחון אם לשירי הקופיפיים יש קצב. מוזיקה היא מרכיב חשוב בחיי היומיום של התרבויות האנושיות, וכמעט כל בני האדם מסוגלים לנוע 'לפי הקצב'. האם ניתן לראות את היכולת הזו בקרב חיות אחרות? זוהי שאלה שעדיין אין עליה מענה. המטרה השלישית שלנו הייתה לבדוק אם קופיפיים, כמו בני אדם, יכולים לשנות את שיריהם כתלות בשירם של בני הזוג שלהם.

אחת הדרכים הנפוצות המשמשות מדענים לחקר צלילים היא יצירה של ספקטרוגרמה, המספקת ייצוגים חזותיים של צלילים. באיור 2 תוכלו לראות ספקטרוגרמות של שירי קופיפיים, שאותן יצרנו באמצעות תוכנה ייעודית [4].

### אבות קדמונים משותפים (Common Ancestor)

מושג בביולוגיה האבולוציונית, שלפיו זן אחד הוא אביהם הקדמון של שני זנים, או יותר, שחיו בזמן מאוחר יותר.

### גמישות קולית (Vocal Flexibility)

היכולת לשנות את המבנה של ביטויים קוליים או את השימוש בהם, כתלות בהקשרים חברתיים או סביבתיים שונים.

### ההיסטוריה האבולוציונית (Evolutionary History)

תיאור הדרך שבה זנים חיים וזנים שנכחדו, התפתחו במהלך הזמן.

### ספקטרוגרמה (Spectrogram)

ייצוג חזותי של צליל. ציר ה-x מייצג את הזמן, וציר ה-y מייצג את תדר הצליל (ראו להלן במילון המונחים). הצבעים בספקטרוגרמה מייצגים את החוזק/עוצמת אות הקול, בזמן ובתדר מסוימים.

## איור 2

### ספקטרוגרמות של שירים מארבעה זוגות שונים של קופיפיים.

בספקטרוגרמות, ציר ה-x מייצג את הזמן (Time, נמדד בשניות, s), וציר ה-y מייצג את תדר הצליל, או גובה הצליל (Frequency, נמדד ביחידות של הרץ, Hz).

הצבעים בספקטרוגרמה מייצגים את המשרעת (או עוצמת הקול) בנקודת זמן ובתדר מסוימים. הצבעים הירוק והאדום מייצגים משרעת מתונה או גבוהה, בעוד שהצבע הכחול מייצג משרעת נמוכה.

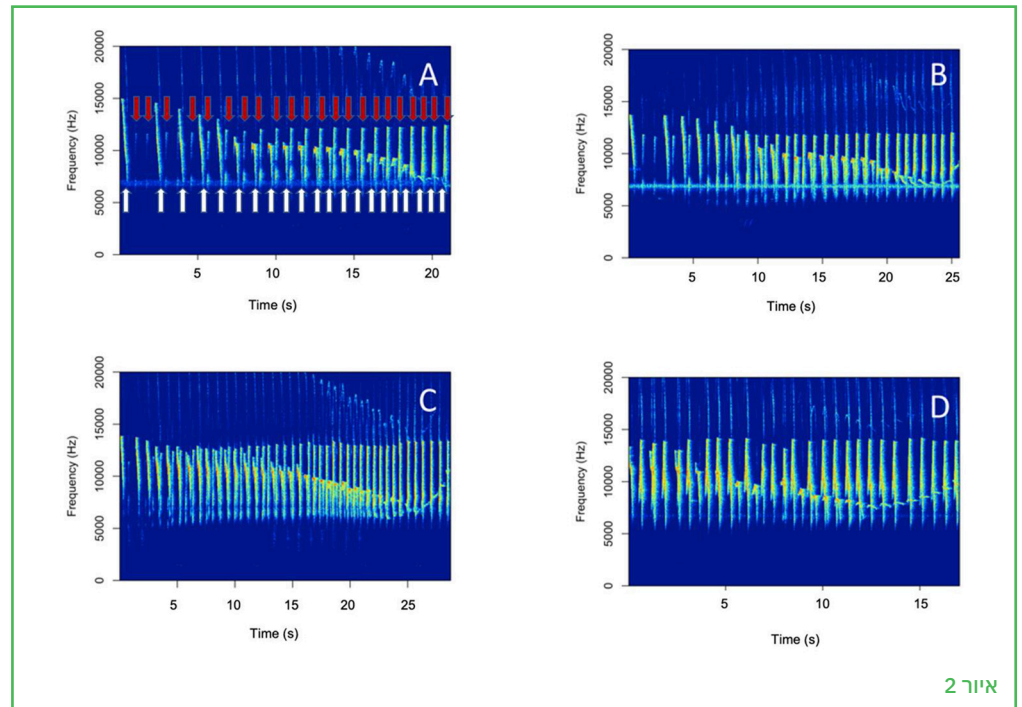
בספקטרוגרמה הראשונה (A) צלילי הזכר מוצגים בחיצים אדומים, וצלילי הנקבה מוצגים בחיצים לבנים. צלילי הזכר עקביים לבנים, וצלילי הנקבה משתנים מאוד, וצלילי הנקבה משתנים בתדר שלהם ובמשכם. בכל ארבעת השירים, הזכר והנקבה שרים יחד. האם תוכלו להבחין בהבדלים בין הצלילים בשירים של זכרי ונקבות הקופיפיים? מה לגבי ההבדלים בין זוגות הקופיפיים השונים?

קובץ שמע 1: הקלטה של זוג קופיפיים בפארק הלאומי טאנגקוקו, סולאונסי, אינדונזיה. השתמשו בהקלטה זו כדי ליצור את ספקטרוגרמה (A) [https://youtu.be/4kw8vsQR\\_qM](https://youtu.be/4kw8vsQR_qM).

קובץ שמע 2: הקלטה של זוג קופיפיים בפארק הלאומי טאנגקוקו, סולאונסי, אינדונזיה. השתמשו בהקלטה זו כדי ליצור את ספקטרוגרמה (B) <https://youtu.be/478o4RuJ6PQ>.

קובץ שמע 3: הקלטה של זוג קופיפיים בפארק הלאומי טאנגקוקו, סולאונסי, אינדונזיה. השתמשו בהקלטה זו כדי ליצור את ספקטרוגרמה (C) <https://youtu.be/RM1bRgeiVrE>.

קובץ שמע 4: הקלטה של זוג קופיפיים בפארק הלאומי טאנגקוקו, סולאונסי, אינדונזיה. השתמשו בהקלטה זו כדי ליצור את ספקטרוגרמה (D) <https://youtu.be/DH5UhalxQso>.



איור 2

## מה גילינו?

בשירת הקופיפיים, הזכר והנקבה נשמעים שונה. לאחר אימון רב, היה לנו קל להבחין בין זכרים לנקבות רק על ידי האזנה להם וצפייה בספקטרוגרמות. צליליהם של הזכרים עקביים למדי, אך צליליהן של הנקבות מתארכים ומשנים תדר (גובה צליל) לאורך הזמן. למרות שביכולתנו להבדיל בין הזכרים לנקבות, קשה יותר להבדיל בין קופיפיים יחידים או בין זוגות בהתבסס על השירים שלהם. לצורך כך היה עלינו להיעזר במחשבים. כאשר אנו בוחנים אם שירים מכילים מידע על אודות זהותם של יחידים או של זוגות, הדבר יכול לסייע לנו להבין את תפקיד השיר. גילינו כי בעזרת מחשבים, ביכולתנו להבדיל בין קופיפיים יחידים בהתבסס על שיריהם. מצאנו גם כי קל יותר להבדיל בין נקבות, מאשר בין זכרים. אנו חושבים כי אחד התפקידים של שירי נקבות הקופיפיים עשוי להיות קשור לזיהוי של חיות שרות הנמצאות במרחק. אנו סבורים כך משום ששירי הנקבות מכילים מידע על אודות זהות החיה הקוראת.

עוד גילינו כי לשירי הקופיפיים יש קצב, וכי לזכרים קצב עקבי יותר מאשר לנקבות. זה ממצא חשוב, משום שלכל בני האדם יש יכולת לייצר צלילים קצביים, ולקלוט אותם. מצאנו גם כי אם נקבה מאיצה את השיר שלה, הזכר יאיץ אף הוא את שירו. ממצא חשוב זה מצביע על כך שקופיפיים, כמו בני אדם, מסוגלים לשנות את שירם כתלות בשירת השותף שלהם. יכולת זו לשנות את השירים בהתבסס על שירי השותפים נצפתה בעבר בקופי אינדרזי ובגיבונים [5, 6], ומצאנו כאמור כי היא מתקיימת גם בקרב הקופיפיים. כיוון שהקופיפיים ניחנו הן בקצב הן ביכולת לעקוב אחר בני ובנות הזוג שלהם, תוצאות מחקרנו מעידות על כך שהיכולות הללו הופיעו בהיסטוריה האבולוציונית המוקדמת של הפרימטים, ולפני האבולוציה של בני האדם המודרניים.

## יש לנו עוד הרבה ללמוד

קולותיהם של קופיפיים יחידים שונים זה מזה, אך האם הדבר מלמד על כך שהקופיפיים מסוגלים להבדיל בינם לבין עצמם לפי שיריהם? וכיצד נוצרים ההבדלים הללו בשירים? האם קופיפיים צעירים לומדים את שיריהם מההורים שלהם? ואם כן, האם כאשר קופיפיים צעירים גדלים הם נשמעים כמו הוריהם? נמצא כי בקרב ציפורי-שיר רבות, ישנו תיאום גדול יותר בשירה בין אלה החיות יחד במשך תקופה ארוכה. איננו יודעים אם זה המקרה בקרב הקופיפיים, אך הדבר אפשרי. אנו מקווים לערוך מחקרים עתידיים שבהם נתחיל להקליט קופיפיים בצעירותם. כשנחקור קופיפיים לאורך תקופת חייהם, נוכל ללמוד עוד על אודות התפתחות שיריהם. במדע, תמיד ישנן עוד שאלות לשאול, ודברים נוספים ללמוד! זהו המצב גם עם קרובינו הפרימטים הקטנטנים, הקופיפיים.

## מאמר המקור

Clink, D. J., Tasirin, J. S., and Klinck, H. 2019. Vocal individuality and rhythm in male and female duet contributions of a nonhuman primate. *Curr Zool.* 66:173–86. doi: 10.1093/cz/zoz035

## מקורות

- Schmitz, J., Noll, A., Raabe, C. A., Churakov, G., Voss, R., Kiefmann, M., et al. 2016. Genome sequence of the basal haplorrhine primate *tarsius syrichta* reveals unusual insertions. *Nat Commun.* 7:12997. doi: 10.1038/ncomms12997
- MacKinnon, J., and MacKinnon, K. 1980. The behavior of wild spectral tarsiers. *Int J Primatol.* 1:361–79. doi: 10.1007/bf02692280
- Stivers, T., Enfield, N. J., Brown, P., Englert, C., Hayashi, M., Heinemann, T., et al. 2009. Universals and cultural variation in turn-taking in conversation. *Proc Natl Acad Sci USA.* 106:10587–92. doi: 10.1073/pnas.0903616106
- Barreda, S. 2015. *PhonTools: Functions for Phonetics in R.* R Packag Version 02-21.
- Gamba, M., Torti, V., Estienne, V., Randrianarison, R. M., Valente, D., Rovara, P., et al. 2016. The indris have got rhythm! timing and pitch variation of a primate song examined between sexes and age classes. *Front Neurosci.* 10:249. doi: 10.3389/fnins.2016.00249
- Terleph, T. A., Malaivijitnond, S., and Reichard, U. H. 2018. Male white-handed gibbons flexibly time duet contributions. *Behav Ecol Sociobiol.* 72:16. doi: 10.1007/s00265-017-2432-z

פורסם אונליין: 23 באפריל 2025

נערך על ידי: Stuart Semple

מנחים מדעיים: Maskit Maymon

### מְשָׁרֶעַת

(Amplitude)

מדידה של גובה גל הקול. המשרעת של גל הקול קובעת מהי עוצמתו.

### תָּדָר

(Frequency)

מספר המחזורים של גל קול בשנייה; לפעמים מתייחסים אליו כאל גובה הצליל. על פי רוב, בני אדם מסוגלים לשמוע צלילים בתדרים שבין 20 ל-20,000 הרץ.

**ציטוט:** Clink DJ (2025) מה מחקר שיריהם של פְּרִימָטִים רחוקי-משפחתנו יכול ללמד אותנו על עצמנו? Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2021.575984-he

**תורגם והותאם מ:** Clink DJ (2021) What Studying the Songs of a Distant Primate Relative Can Teach Us About Ourselves. Front. Young Minds 9:575984. doi: 10.3389/frym.2021.575984

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

**זכויות יוצרים** © 2021 Clink. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). 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

**ADAM, גיל: 15**

היי, קוראים לי Adam. גר עם הוריי, עם אחי הגדול, ועם בעלי החיים שלי – כלב, דג ושתי ציפורים. אני מעריץ נלהב של מדעים ושל היסטוריה. אוהב לצייר, לכתוב ולקרוא, והספורט האהוב עליי הוא כדורגל. אני נהנה לשחות באוקיינוס ולשחק במשחקי וידאו.

## הכותבים

**DENA JANE CLINK**

Dena Jane Clink היא המְחַבֵּרֵת הראשית של מחקר הקופיים המקורי. עמיתת מחקר במרכז ק. ליהזיאנג לשימור בִּי-אקוֹסְטִי במעבדת קוֹרְנֵל לַחֲקֵר עופות. מתעניינת במיוחד בזני פרימטים ששרים יחד, וערכה מחקרים על קופיים, קופי טיטי וגִּיבּוֹנִים. אחת התשוקות שלה היא להפוך את המדע נגיש יותר לכולם. היא גם מקווה שעבודתה בנושא פרימטים המפיקים קול תוכל לתרום לשיפור מאמצי השימור של המינים הללו. כשאינה מקליטה פרימטים בג'ונגל, תוכלו למצוא את Dena בטיולים רגליים בצפון מדינת ניו יורק עם כלבה Monito, או מתרגלת יוגה. [dena.clink@cornell.edu](mailto:dena.clink@cornell.edu)\*

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



קרן משפחת  
שעשוע  
Shashua Family Foundation