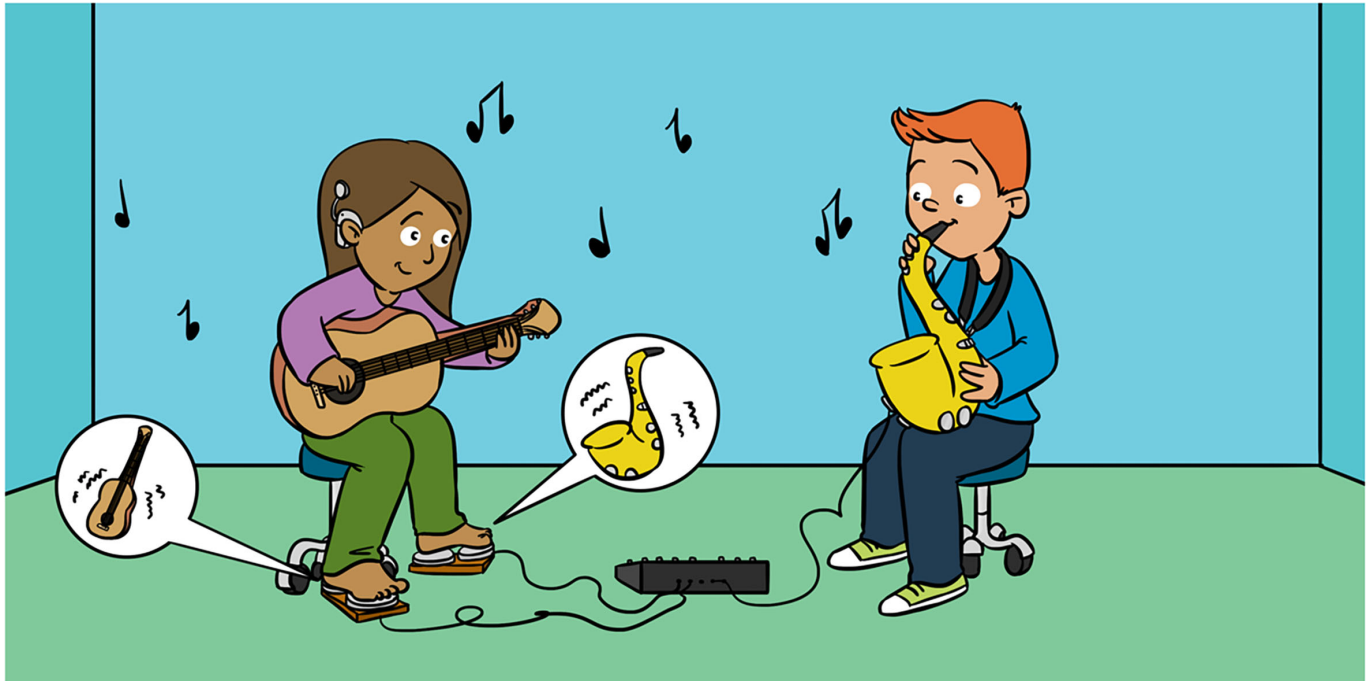




כבדות שמיעה ומוזיקה: האם אפשר להשתמש ברקט כשמנגנים יחד?

Carl Hopkins^{1*}, Saúl Maté-Cid¹, Robert Fulford², Gary Seiffert¹, Jane Ginsborg² | Natalie Barker¹

¹היחידה למחקר אקוסטי, אוניברסיטת ליברפול, ליברפול, אנגליה

²הקולג' המלכותי הצפוני למוזיקה, מנצ'סטר, אנגליה

סוקרים צעירים

ALEX
גיל: 11



עיסוק במוזיקה – נגינה משותפת או שירה יחד, מִסֵּב הנאה רבה לאנשים העושים זאת. אך שעה שאנשים חירשים או כבדי שמיעה מנסים לשיר או לנגן בכלי, לא תמיד ביכולתם לשמוע את המוזיקאים האחרים אשר שרים או מנגנים איתם. קשה במיוחד לקלוט גבהי צליל שונים באמצעות מכשירי שמיעה, או עם עזרי שמיעה אחרים. אולם כשהעור מרגיש רָקֵט, גוף האדם יכול לשַׁדֵּר צלילים למוח. במילים אחרות, ביכולתנו להרגיש מוזיקה. במחקרנו, זיהינו דרך בטוחה לאפשר לאנשים חירשים וכבדי שמיעה לשמוע צלילים דרך עור הידיים והרגליים. הראינו כי הָרֵטט מאפשר להרגיש מוזיקה על העור. גישה זו מקנה לאנשים יכולת לזהות צלילים כנמוכים יותר או גבוהים יותר בהשוואה לצלילים אחרים, ומסייעת למוזיקאים לנגן יחד.

מבוא

המלחין הגרמני הנודע לודוויג ואן בטהובן הלחין כמה מיצירותיו הטובות ביותר כשכבר כמעט לא הצליח לשמוע. איך הוא עשה זאת? אומרים שהניח קיסם עץ בין שיניו, והשעין אותו כנגד הפסנתר כדי להרגיש את ההיברציה (רטט). הגברת אוולין ג'לי היא נגנית כלי הקשה סקוטיית מפורסמת, ובמקרה, גם כבדת שמיעה. כשהיא מתאמנת ומופיעה, הא יכולה להרגיש את הרטט שכלי הנגינה שלה מייצרים.

מבוגרים רבים המשתמשים בעזרי שמיעה או בשתלי שבלול מתקשים לשמוע מוזיקה [1]. כבדות השמיעה עלולה להקשות על נגנים וזמרים בוגרים, בעלי לקויות שמיעה, להשתתף ביצירה של מוזיקה [2]. כיום ישנם כ-32 מיליון ילדים כבדי שמיעה בעולם. נשאלת השאלה האם רטט יכול לעזור להם ללמוד נגן בכלים ולהופיע עם ילדים אחרים? במחקרנו, בדקנו מנעד של צלילים שאפשר להרגיש בצורה בטוחה באמצעות רטט, ובחנו אם אנשים יכולים לחוש בהבדלים בגובה הצליל, באמצעות רטט.

האם אנו יכולים לשמוע דרך עור הגוף?

האוזניים שלנו ממירות צלילים לאותות הנשלחים למוח, וכך אנו מצליחים לזהות את הצלילים. החלק החיצוני של האוזן האנושית, כלומר החלק הרכה שנמצא מחוץ לראש – מכונה אפרכסת. האפרכסת מסייעת לצלילים להיכנס לתעלת השמע, שהיא צינור קצר המגיע אל עור התוף ואל האוזן התיכונה. הצליל גורם לעור התוף לרטוט. רטט זה נשלח לשבלול (איבר שנמצא באוזן הפנימית) באמצעות רטט של עצמות קטנות מאוד. בתוך האוזן הפנימית ישנם תאי שיער זעירים הרגישים לרטט, וממירים אותו לאותות חשמליים המיועדים להישלח אל המוח. תאי השיער נקראים מְכָנוֹרְצֵפְטוֹרִים (קולטני חישה המגיבים לכוחות/ לחצים מְכָנִיִּים), כיוון שהם קולטים רטט מכני.

כשאנו חשים רטט, סוגים שונים של מְכָנוֹרְצֵפְטוֹרִים המצויים מתחת לשכבת העור העליונה, שולחים אותות למוח. המכנורצפטורים הללו אינם רגישים כמו אלו המצויים באוזניים שלנו, אך הם מאפשרים לנו לחוש רטט עבור כמה מהצלילים שאנו מסוגלים לשמוע באמצעות אוזנינו.

האם הפעלת רטט על הגפיים מסוכנת, ומהו מנעד הצלילים שהאדם יכול לשמוע?

צלילים חזקים מאוד עלולים להזיק לאוזנינו. לפיכך, האם רטט הוא דבר בטוח? כאשר פועלים חופרים בכביש באמצעות פטיש אוויר, הם חשופים לרמות גבוהות של רטט. חשיפה זו עלולה לגרום לבעיית בריאות קבועה המכונה תסמונת רעידות יד-זרוע (hand-arm vibration syndrome), המתבטאת בחוסר תחושה באצבעות. כדי להימנע מכך, בחנו אם אנשים יכולים להרגיש צלילים מוזיקליים ברמות רטט נמוכות, הבטוחות לאורך זמן. הדבר חשוב, כיוון שמוזיקאים וזמרים מקדישים שעות רבות לאימון בכלי הנגינה שלהם. במטרה לאתר את רמות הרטט הנמוכות ביותר שאנשים מסוגלים להרגיש בקצות אצבעותיהם ובחלק התחתון של כפות הרגליים [3], ערכנו ניסויים עבור צלילים שונים.

שתל שבלול (Cochlear Implant)

מכשיר אלקטרוני בתוך האוזן הפנימית שמסייע לאנשים חירשים/ כבדי שמיעה לשמוע.

מְכָנוֹרְצֵפְטוֹרִים (Mechano-receptors)

חיישנים בגוף המגיבים ללחץ מכני או לשינוי צורה.

הסף הוויברטורי-טקטילי (Vibrotactile Threshold)

הרמה הנמוכה ביותר שבה
אדם יכול להרגיש רטט
באמצעות מגע.

איור 1

דסקיות מגע מעבירות רטט.
דסקיות מגע עבור (A) קצות
האצבעות, ו-(B) העקב
והרגל הקדמית. שתי
הדיסקיות מחוברות למנערים
אלקטרו-דינמיים שגורמים
להן לרטוט, כך
שהמשתמשים יכולים להרגיש
את הרטט דרך העור.

סולם מוזיקלי (Musical Scale)

קבוצת תווים המאורגנים לפי
גובה הצליל שלהם.

גובה הצליל (Pitch)

עד כמה צליל הוא נמוך
או גבוה.

אוקטבה (Octave)

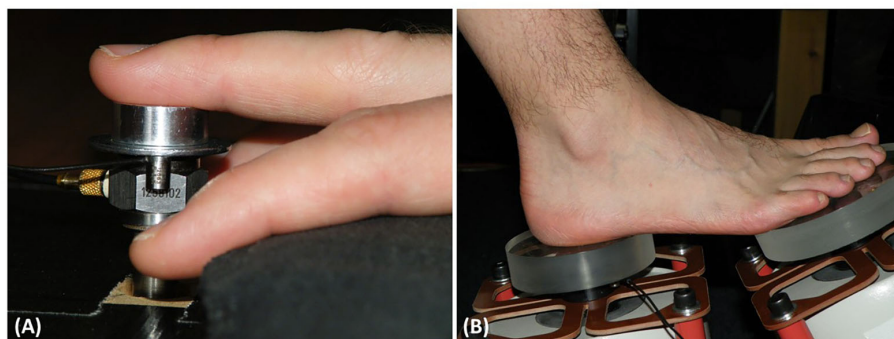
המרווח בין שני תווים כאשר
תדירות הרטט של תו אחד
כפולה מתדירות הרטט של
התו האחר, או שווה
למחצית ממנה.

איור 2

תווים על מקלדת הפסנתר.
התווים שבתוך המסגרת
האדומה יכולים לשמש
להצגה ויברטורי-טקטילית של
מוזיקה. ככל שהצליל גבוה
יותר, מ-5A ומעלה, קשה
יותר להרגיש אותו. זה מצביע
על כך שחוש השמיעה רגיש
יותר מחוש המישוש.

רמות החישה הנמוכות ביותר מכונות **הסף הוויברטורי-טקטילי**. המילה 'וויברטורי' מצביעה על רטט (וויברציה); המילה 'טקטילי' מלמדת על קשר לחוש המישוש, והמילה 'סף' מתייחסת לרמה הנמוכה ביותר.

במסגרת הניסויים השתמשנו בעור החשוף, חסר השערות, בכפות הידיים ובכפות הרגליים. זאת כיוון שעור זה רגיש יותר מעור שעיר, ולכן הסף הוויברטורי-טקטילי שלו נמוך יותר. חשבנו שזמרים יוכלו להשתמש בקצות אצבעותיהם כדי לחוש את הרטט הנוצר על ידי מוזיקאים אחרים. אולם, מוזיקאים המשתמשים בידיהם לנגינה, נדרשים להשתמש ברגליהם כדי לחוש את הרטט. במטרה לייצר רטט, השתמשנו בדסקיות שטוחה שבאה במגע עם כף היד או עם כף הרגל, ומחוברת למכשיר המכונה מנער (שיקר) אלקטרו-דינמי (איור 1). המנערים דומים לרמקולים, אך במקום לייצר קול, הם מייצרים רק רטט. רמקול הוא דבר עדין שנפגם בקלות, ולכן אי אפשר לגעת בו, אך המנער הוא איתן ויכול לתמוך במשקל היד או הרגל.



איור 1

במוזיקה מערבית מסורתית, **סולם מוזיקלי** מורכב משבעה תווים. לדוגמה, סולם דו מז'ור כולל את הצלילים: דו (C), רֶה (D), מִי (E), פֶּה (F), סוֹל (G), לָה (A), סִי (B). לכל תו יש **גובה צליל** שונה. אם הזדמן לכם לשיר את נעימת 'דו, רה, מי', אולי אתם זוכרים איך שבעת הצלילים הללו נשמעים, כיוון שבשיר הם זהים לצלילי סולם דו מז'ור. **באיור 2**, תוכלו לראות כי אלה הם הקלידים הלבנים במקלדת הפסנתר. רצף התווים הזה חוזר לאורך כל המקלדת, כאשר ה'דו' הבא גבוה **באוקטבה** מבחינת גובה הצליל. כדי להבדיל בין התווים באוקטבות השונות, מוסיפים מספר אחרי כל תו (המיוצג על ידי אות). לדוגמה, 5G מתייחס לתו סול באוקטבה החמישית.



איור 2

הניסויים שערכנו הראו שניתן להרגיש בבירור על כפות הידיים וכפות הרגליים, את כל התווים מ-1C (גובה צליל נמוך) ועד 5G (גובה צליל גבוה). חשוב לציין שהמשתתפים בניסוי הצליחו להרגיש את התווים הללו באופן בטוח, בלי שנגרמו להם בעיות בריאותיות. מנעד התווים הזה

מכסה יותר מארבע אוקטבות, כלומר, הוא כולל את רוב הצלילים בפסנתר (איור 2), ובכלי נגינה רבים אחרים, כמו גם צלילים שבני אדם מפיקים בקולם. העובדה שלאנשים קשה יותר להרגיש את הצלילים הגבוהים מ-5A ועד 8C בפסנתר, מזכירה לנו כי חוש המישוש פחות רגיש מחוש השמיעה.

עבור צלילים נמוכים, מצאנו שלעקב ולרגל הקדמית היו סיפים ויברו-טקטיליים נמוכים יותר מאשר לקצות האצבעות. רוב המוזיקאים אינם יכולים להשתמש בקצות האצבעות לצורך חישת רטט כשהם מנגנים בכלי, שכן ידיהם תפוסות. לכן מסייע שרגליהם רגישות יותר, ושביכולתם להשתמש בהן כדי לזהות רטט. גילינו גם שהסף הוויברו-טקטילי בקצות האצבעות דומה בין אנשים בעלי שמיעה רגילה, ובין אנשים כבדי שמיעה. המשמעות היא שכולם יכולים להשתמש ברטט.

האם שימוש ברטט מאפשר לנו להבחין בהבדל בין גובהי צליל שונים?

בתחום המוזיקה, שמיעה יחסית היא מיומנות שימושית עבור מוזיקאים. משמעות הדבר היא שיש ביכולתם לזהות צליל בגובה מסוים אחרי ששמעו צליל אחר, או לשיר את הצליל המקורי. חשבו שוב על נעימת 'דו, רה, מי'. אם הייתם שומעים 'דו' ולאחריו 'מי', וניחנתם בכישורי שמיעה יחסית, יכולתם לומר ש'מי' הוא צליל גבוה יותר מ'דו'. ערכנו ניסויים עם רטט במטרה לבחון אם אפשר לזהות צליל מסוים כגבוה או נמוך יותר מצליל אחר, כשמשתמשים בקצות האצבעות או ברגל הקדמית [4]. המוזיקאים בעלי השמיעה הרגילה שהשתתפו במחקרנו ביצעו 16 הכשרות קצרות כדי לבחון אם יוכלו לשפר את כישוריהם.

גילינו שהיה קל יותר לזהות גדולים מרווחים קטנים. מרווח גדול מורכב מתווים הרחוקים זה מזה, כמו בין דו (C) לסול (G). במרווח קטן, התווים קרובים זה לזה, כמו בין דו (C) לרה (D). במילים אחרות, היה קל יחסית להבחין בין דו (C) ובין פה (F), סול (G), לה (A) וסי (B); וקשה יותר להבחין בין דו (C) ובין רה (D) או מי (E). ממצא זה היה משותף למוזיקאים חובבנים ולמוזיקאים מקצוענים בעלי שמיעה רגילה, כמו גם למוזיקאים מקצוענים כבדי שמיעה. ההכשרות הקצרות שיפרו את כישורי השמיעה היחסית של המוזיקאים בעלי השמיעה הרגילה.

איך ניתן להשתמש ברטט כדי לנגן מוזיקה וכדי ללמוד על אודותיה?

מוזיקאים יכולים להשתמש ברטט כדי שסייע להם ללמוד לנגן על כלי ולנגן מוזיקה עם אנשים אחרים. זאת על ידי שליחת צלילים מכל כלי נגינה למערבל אותות, ושידורם חזרה כרטט אל גוף המוזיקאים (איור 3). לדוגמה, גיטריסט יכול לבחור להרגיש את התופים ברגל אחת, ואת הגיטרה שעליה הוא מנגן, ברגל האחרת.

התקנו את הציוד הוויברו-טקטילי שלנו בבית הספר המלכותי לכבדי שמיעה בדרכי, אנגליה. סגל המורים והתלמידים השתמשו בציוד בשיעורי המוזיקה שלהם, כדי להבין מהו גובה צליל ולנגן מוזיקה יחד [5]. בסרטון 1 תוכלו להתרשם מתגובותיהם. המורה למוזיקה, Matthew Taylor, מצא שהציוד הביא לשינוי חיובי בהוראה שלו, ויצר אווירה רגועה יותר בכיתה. Matthew השתמש בציוד כדי לעזור לתלמידיו לקשר בין רטט לגובה הצליל של

שמיעה יחסית (Relative Pitch)

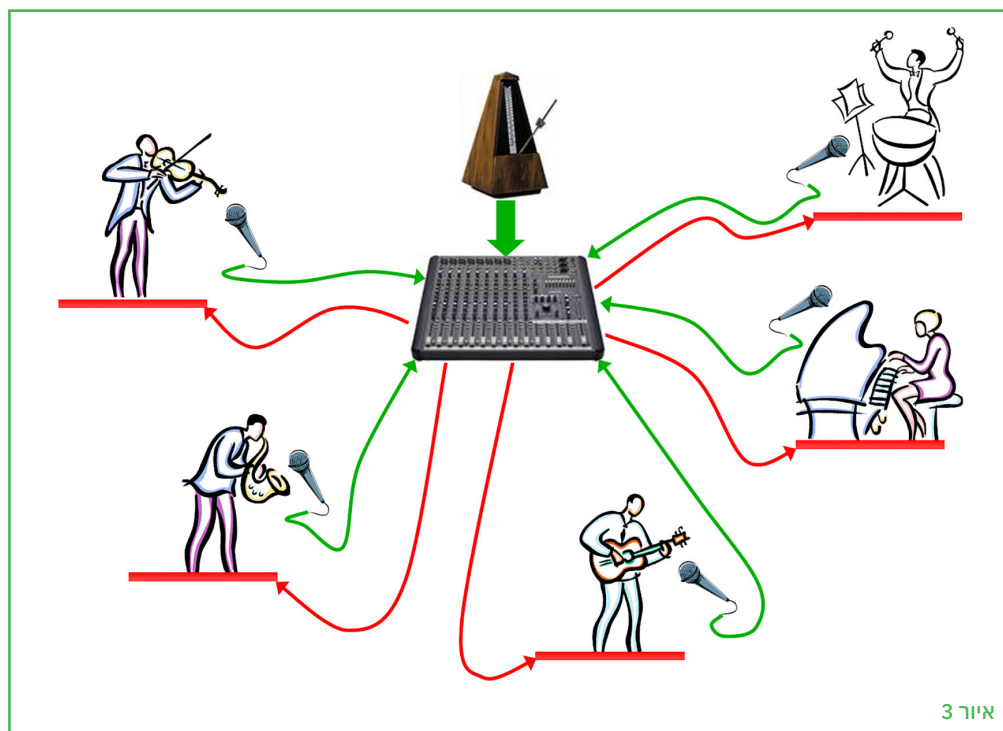
היכולת לייצר תו או לזהותו בצורה נכונה, במונחים של מיקומו היחסי בסולם מוזיקלי.

מרווח (Interval)

המרחק בגובה הצליל בין שני תווים.

איור 3

הופעה של קבוצת מוזיקאים המשתמשים ברטט. הקווים הירוקים מצביעים על צלילים הנקלטים על ידי מיקרופונים, ומועברים אל מערבול האותות. הקווים האדומים מציגים את האות ה'מעורבל', שנשלח כרטט אל רגלי המוזיקאים.



איור 3

התווים. זה סייע לתלמידים להחליט אם תו מסוים גבוה יותר או נמוך יותר מתו אחר. Matthew אמר כי בעקבות השימוש בצידוד שהתקנו, תלמידי הפגינו יותר עניין ועצמאות בשיעורי המוזיקה, ונהיו פעילים בהם יותר. לדבריו, הם נהנו מאוד לנגן יחד.

סיכום

מחקרנו מראה כי אנשים בעלי לקויות שמיעה יכולים להשתמש ברטט ברמה בטוחה, כדי לסייע להם לנגן עם מוזיקאים אחרים. אנו מקווים ששיטה זו תספק לילדים ומבוגרים בעלי לקויות שמיעה הזדמנויות נוספות לנגן מוזיקה, להלחינה וליהנות ממנה. המחקר מקדם חינוך מוזיקלי כוללני, על ידי הנגשה יתרה של מוזיקה לילדים בעלי לקויות שמיעה.

תודות

מחקר זה נתמך על ידי המועצה לחקר האומנויות ומדעי הרוח (AHRC) – מענק מספר AH/H008926/1, 2010–2013. נרצה גם להודות מקרב לב לסגל בית הספר המלכותי לכבדי שמיעה בדרכי, ולתלמידי בית הספר, על כך שאפשרו לנו לתעד את חוויותיהם.

הצהרת כלי בינה מלאכותית

טקסט חלופי הנלווה לאיורים במאמר זה נוצר על ידי פרונטירז בסיוע כלי בינה מלאכותית, ונעשו מאמצים על מנת להבטיח את דיוקו, כולל בדיקה על ידי כותבי המאמר כאשר הדבר התאפשר. אם ברצונכם לדווח על בעיה, אנו צרו איתנו קשר.

מקורות

1. Greasley, A., Crook, H., and Fulford, R. 2020. Music listening and hearing aids: perspectives from audiologists and their patients. *Int. J. Audiol.* 59:694–706. doi: 10.1080/14992027.2020.1762126
2. Fulford, R., Ginsborg, J., and Goldbart, J. 2011. Learning not to listen: the experiences of musicians with hearing impairments. *Music Educ. Res.* 13:447–64. doi: 10.1080/14613808.2011.632086
3. Hopkins, C., Maté-Cid, S., Fulford, R., Seiffert, G., and Ginsborg, J. 2016. Vibrotactile presentation of musical notes to the glabrous skin for adults with normal hearing or a hearing impairment: thresholds, dynamic range and high-frequency perception. *PLoS ONE*. 11:e0155807. doi: 10.1371/journal.pone.0155807
4. Hopkins, C., Maté-Cid, S., Fulford, R., Seiffert, G., and Ginsborg, J. 2021. Perception and learning of relative pitch by musicians with using the vibrotactile mode. *Mus. Sci.* 1–24. doi: 10.1177/10298649211015278
5. Hopkins, C., Seiffert, G., and Barker, N. 2020. *Vibrotactile Technology to Support/Deaf People in Music Education: When Musical Vibrations Met Royal School for the Deaf Derby*. Available online at: <https://stream.liv.ac.uk/2qvw9th> (accessed June 29, 2021).

פורסם אונליין: 02 בפברואר 2026

נערך על ידי: Naomi Curati

מנחים מדעיים: Won Chan Oh

ציטוט: Hopkins C, Maté-Cid S, Fulford R, Seiffert G, Ginsborg J ו Barker N (2026) כבדות שמיעה ומוזיקה: האם אפשר להשתמש בֶּרֶט כשנגנים יחד? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.732713-he

תורגם והותאם מ: Hopkins C, Maté-Cid S, Fulford R, Seiffert G, Ginsborg J and Barker N (2022) Deafness And Music: Can Vibration Be Used When Playing Music Together? *Front. Young Minds* 9:732713. doi: 10.3389/frym.2021.732713

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

זכויות יוצרים © 2026 Hopkins, Maté-Cid, Fulford, Seiffert, Ginsborg ו Barker 2021. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתיקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתיקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

ALEX, גיל: 11

אני אוהב לשחק בייסבול וטניס. אשמח ללכת לדוג בכל מקום שהוא, במיוחד בפלורידה, ארה"ב. אני גם עוסק בפל'י פִּיִּשִּׁינג (Fly fishing, שיטת דִּיג מיוחדת), ואוהב לצאת לטיולי מחנאות בהרי הרוקי בקולורדו, ארה"ב. סדרת הספרים האהובה עליי היא 'בית ספר למרגלים', והצבעים האהובים עליי הם ירוק וכחול. מתמטיקה ומדעים הם המקצועות האהובים עליי. יש לי כלב אחד, צב אחד, ו-12 דגים.

הכותבים

CARL HOPKINS

אני פרופסור לאקוסטיקה וראש היחידה למחקר אקוסטי באוניברסיטת ליברפול, אנגליה. קיבלתי את מדליית טינדל (Tyndall Medal) מטעם המכון לאקוסטיקה באנגליה ב-2012, עבור הישגים ושירות בתחום האקוסטיקה, ואת מדליית ההנדסה ב-2016. אני גם עמית במכון לאקוסטיקה. המחקר שלי מתמקד בקול וברטט, ובזמני הפנוי אני נהנה להאזין למוזיקה ולנגן מוזיקה (עוד אקוסטיקה!).
*carl.hopkins@liverpool.ac.uk

SAÚL MATÉ-CID

אני מהנדס אקוסטיקה ומעריך מושבע של אומנות ומוזיקה. יש לי תואר ראשון בטכנולוגיית נְשָׁמַע מאוניברסיטת סלפורד, אנגליה, תעודה בלימודי מקצוע מהקבוצה האקוסטית של פיליפס (בלגיה), תואר שני בעיבוד אותות מקינגס קולג' בלונדון, ודוקטורט באקוסטיקה מאוניברסיטת ליברפול, אנגליה. אני חבר באגודה להנדסת נְשָׁמַע, ותחומי המומחיות שלי הם פסיכו-אקוסטיקה, מגע מוזיקלי, שימור שמיעה ואלקטרו-אקוסטיקה.

ROBERT FULFORD

אני עמית מחקר אורח בתחום פסיכולוגיית מוזיקה באוניברסיטת לידס, אנגליה. תחומי המחקר שלי כוללים פיתוח קריירה בהוראה ובאומנויות הביצוע, איזון בית-עבודה, גיוס ושימור, גיוון והכללה, תפיסה מוזיקלית ותקשורת מוזיקלית, וכן שימוש בטכנולוגיית עזרי שמיעה בהאזנה למוזיקה. במסגרת הדוקטורט שלי בפסיכולוגיה של המוזיקה, התמקדתי במוזיקאים כבדי שמיעה ואלה המזדהים עימם תרבותית ומעורבים בקהילת כבדי השמיעה באופן פעיל (d/Deaf). בקרב אוכלוסייה זו חקרתי כיצד הם ניגשים למוזיקה, עורכים חזרות ומופיעים, תוך מיקוד בשימוש במשוב ויברו-טקטילי. יש לי תואר שני בפסיכולוגיה תעסוקתית וחינוכית, ואני ברמה 2 בשפת הסימנים הבריטית.

GARY SEIFFERT

אני עמית מחקר בכיר ביחידה למחקר אקוסטי באוניברסיטת ליברפול, אנגליה, עם יותר מ-40 שנות ניסיון במדידות ויברו-אקוסטיות. הדוקטורט שלי התמקד ביחסי הגומלין שבין קול לבין חומר בעל מרקם אֶבְקֵתִי, ואני ממשיך לחקור ניקוי אקוסטי של מרחבים תעשייתיים באמצעות רמות גבוהות מאוד של קול בתדר נמוך. מעריך נלהב של הי פִּיִּדְלִיטִי (Hi-Fi), שכפול קולי באיכות גבוהה, מוזיקאי חובב, ואוהב מוזיקה מכל הסוגים. לכן, מספק במיוחד עבורי לקחת חלק בפרויקט המחקר הזה כדי לסייע לילדים עם לקויות שמיעה לעסוק במוזיקה.

JANE GINSBORG

לפני שנהייתי פסיכולוגית, הייתי זמרת במקצועי. כיום אני פרופסורית לפסיכולוגיית מוזיקה, ומנהלת מחקר עמיתה בקולג' המלכותי הצפוני למוזיקה (מנצ'סטר, אנגליה), נָשָׁם אני עובדת מאז 2005. כיהנתי כנשיאת האיגוד האירופי למדעי המוזיקה הקוגניטיביים, וכיום אני העורכת הראשית של

המגזין האקדמי 'Musicae Scientiae'. כתבתי את ספר הלימוד 'Performing Music Research: Psychology, Methods in Music Education, and Performance Science' ('המחקר של ביצוע מוזיקה: שיטות בחינוך מוזיקלי, בפסיכולוגיה ובמדעי הביצוע'), וכן מאמרים רבים ופרקים בספרים על אודות התמחות באימון יחידני ומשותף, עריכת חזרות וביצוע, המתמקדים במיוחד בשירה; בריאותם של מוזיקאים, רווחתם, השכלתם וחוסנם הנפשי, מחקר מנחה-אימון ווירטואליזציה.



NATALIE BARKER

אני עמיתת מחקר במשרה חלקית בתחום חינוך מוזיקלי לילדים עם לקויות שמיעה. יש לי גם הכשרה כמוזיקאית וכמורה למוזיקה. במסגרת עבודתי ביחידה למחקר אקוסטי באוניברסיטת ליברפול, אנגליה, אני בוחנת את הקנסת הטכנולוגיה הוויברו-טקטילית לבתי ספר לחירשים ולכבדי שמיעה. אני מלמדת בבית ספר על-יסודי בליברפול, ומייעצת במרכז למוזיקה ספטון (Sefton Music Hub) העוסקת בפיתוח ערכת משאבים שתסייע למורים למוזיקה בהטמעת כישורי קריירה בגילים 11–14 (כיתות ז-ט).

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