



האוניברסיטה העברית בירושלים

הפקולטה למדעי הרוח

## **עונג אמנותי לעומת עונג גופני**

האם אנחנו נהנים ממוזיקה באותו אופן שבו אנחנו נהנים משוקולד?

החוג למדעי הקוגניציה

סמינריון חוגי

רן ערב (201336385)

דברת אביכזר (203896998)

יולי 2014

## תוכן עניינים

3	מבוא .....
3	רקע .....
3	פתח דבר .....
4	הפעילות המוחית המתווכת הנאה ממוזיקה .....
4	תיאוריות לפיהן רגשות מוזיקליים אינם שונים מרגשות אחרים .....
5	תיאוריות לפיהן רגשות מוזיקליים שונים מרגשות אחרים .....
6	דרך חדשה לחקירת ההבנה בין הנאה מוזיקלית לגופנית .....
6	השוואה בין הציפייה בעת גירוי מוזיקלי לציפייה בעת גירוי גופני .....
7	מהו מנגנון הציפייה וכיצד הוא יוצר רגשות מוזיקליים .....
9	ציפייה מוזיקלית לעומת ציפייה גופנית : בדיקת מחקרים קיימים בספרות .....
10	דיון בתוצאות הבדיקה .....
10	הצעות למחקר עתידי .....
11	סיכום .....
13	מקורות .....

## מבוא

בני אדם מסוגלים לחוות עונג בהשפעת גירויים "גופניים", דוגמת אוכל ויחסי מין, או בהשפעת גירויים בעלי ערך תועלתני, דוגמת כסף. הם מסוגלים להעריך גירויים כאלה כחיוביים על פי נחיצותם מבחינה ביולוגית להישרדות, או בשל היותם חיזוקים משניים אשר ניתן באמצעותם להשיג מטרות אחרות. עם זאת, בני האדם יכולים גם להיות מושפעים רגשית, ולחוות עונג, מגירויים מופשטים דוגמת מוזיקה ויצירות אמנות אחרות. על אף שגירויים אלה אינם נחוצים באופן ישיר לשם הישרדות, ואף אינם חיזוקים משניים בעלי ערך תועלתני, בני אדם מסוגלים להעריך אובייקטים כאלה כ"יפים", וכך להפיק הנאה מהם. נשאלת השאלה האם ההנאה שיוצרת בנו אמנות היא אותה ההנאה שיוצרים בנו גירויים גופניים, והאם התהליך בעזרתו אנו מעריכים גירויים אמנותיים וגופניים כמהנים הוא אותו התהליך.

בעבודה זו נרצה לבחון את השאלות הללו בהקשר של מדיום האמנות המופשט והבלתי-מוחשי ביותר [1]: מוזיקה. בחלקה הראשון של העבודה נסקור את הממצאים הקיימים בחקר המוח, וכן את התפיסות התיאורטיות השונות - כאלה לפיהן הרגשות שיוצרת בנו מוזיקה אינם שונים מרגשות אחרים, וכאלה לפיהן מדובר ברגשות מסוג שונה. בחלקה השני של העבודה נציע דרך חדשה לבחינת ההבדל בין "הנאה מוזיקלית" ל"הנאה גופנית": בחינה של הפעילות המוחית הקשורה בהערכה של מוזיקה כמהנה, והשוואתה לעומת גירוי גופני. בחלק זה נסביר מדוע מנגנון הציפייה הינו מנגנון הקשור בהערכת ההנאה ממוזיקה, ונשווה תוצאות מחקרים קודמים אשר בדקו פעילות מוחית בזמן ציפייה הקשורה בגירויים מוזיקליים ושאינם מוזיקליים. על ידי השוואה זו, שעד כמה שאנחנו יודעים לא נעשתה עד היום, ננסה לקבוע האם הפעילות המוחית המתווכת הנאה זהה עבור מוזיקה וגירויים גופניים, וכן האם אנו מעריכים מוזיקה וגירויים גופניים כמהנים על ידי אותה מערכת נוירונלית.

## רקע

### פתח דבר

אחד הביטויים הייחודיים [2] לאנושיותו של האדם היא יכולתו להפיק הנאה מגירויים מופשטים דוגמת יצירות אמנות, ובפרט מוזיקה [3,4]. היכולת לבצע הערכה חושית לא רק לגבי מה שמועיל ביולוגית או אבולוציונית, אלא גם לגבי מה ש"יפה", היא מהותית לחוויה האנושית. אך האם ההנאה שאנו מפיקים מיצירת אמנות היא מיוחדת, או שזוהי למעשה אותה ההנאה שאנו מפיקים מגירוי שאנו זקוקים לו מבחינה ביולוגית? יתר על כן, האם התהליך בו אנו מעריכים גירוי אמנותי דוגמת שיר כמהנה או לא מהנה, הוא אותו תהליך כמו זה שבו אנו מעריכים גירוי גופני דוגמת אוכל כמהנה או לא מהנה?

השאלה כיצד גירוי אמנותי כמו מוזיקה - גירוי שלמעשה אינו יותר מרצף צלילים - יכול לגרום לנו לתגובה רגשית חזקה, העסיקה רבים עוד מתקופת יוון העתיקה [5]. הוגים רבים בהיסטוריה הבחינו בין הנאה מאמנות לבין הנאה גופנית, וחשבו שמדובר ברגשות שונים. לפי הפילוסופיה של עידן הנאורות מהמאה השמונה-עשרה למשל, התפיסה של יופי ביצירות אמנות מתרחשת על ידי תהליך שונה מאשר זה בעזרתו אנו מעריכים אובייקטים רגילים, דוגמת פריטי מזון [6,7]. עמנואל קאנט, ההוגה המזוהה ביותר עם הפילוסופיה של הנאורות, חשב כי בניגוד לאובייקטים כמו פריטי מזון, כלפי יצירות אמנות יש לנו עמדה "אדישה", כיוון שאין להן שימוש פרקטי עבורנו. אי

לכן הוא חשב שהסיפוק שאנו מפיקים מ"יופי טהור" אינו חושי אלא תבוני [8]. תפיסה דומה ניתן לזהות גם אצל פסיכולוגים ומוסיקולוגים מהמאה התשע-עשרה [9] ומהמאה העשרים [10,11]; אלה גרסו כי הרגשות המופקים כתוצאה מהאזנה למוזיקה שונים מרגשות "יומיומיים", שאינם תוצר של מוזיקה.

השאלה האם ההנאה והרגשות להם גורמת מוזיקה שונים מהנאה ורגשות אחרים ממשיכה להעסיק חוקרים עד היום. בפרק זה נסקור מחקרים עכשוויים שונים - מוחיים, התנהגותיים ותיאורטיים - היכולים לסייע במענה לשאלה זו.

### **הפעילות המוחית המתווכת הנאה ממוזיקה**

עד לסוף המאה העשרים הוגים הבחינו בין סוג הנאה אחד לאחר על בסיס פילוסופי ותיאורטי בלבד. כיום, מחקרי דימות (imaging) מוחי מאפשרים לנו לבחון האם ההנאה ממוזיקה שונה מהנאה מגירויים אחרים תוך התבוננות בפעילות המוח. אולם, בחינת הפעילות המוחית בזמן הנאה טומנת בחובה בעיה מתודולוגית; הנאה הינה חוויה סובייקטיבית התלויה בדיווח של הנבדק, אי לכך קשה לזהות באופן מדויק ואובייקטיבי מצב של הנאה. כמענה לבעיה זו חוקרים השתמשו בתור סמן לרגע השיא של העונג המוזיקלי בתחושת ה"צמרמורת" (chills). תחושת הצמרמורת הינה סמן ייחודי לשיאה של חווית העונג המוזיקלית, שבנוסף לדיווח הסובייקטיבי של הנבדק כולל גם מאפיינים פיזיולוגיים הניתנים לאימות - דוגמת דופק ומוליכות חשמלית של העור. תחושת הצמרמורת הינה אירוע ברור ומובחן, לכן היא מהווה כלי טוב לבדוק באמצעותו את הפעילות המוחית הקשורה בהנאה מוזיקלית [12-14].

מחקרי דימות מוחי כאלו, אשר השתמשו בתחושת הצמרמורת בתור סמן, מצאו שבזמן תחושת עונג עמוק כתוצאה מהאזנה למוזיקה נרשמת הפרשת דופמין ופעילות באזורים המוחיים הקשורים במערכת ה"תגמול" (reward) המזו-לימבית; מערכת זו ידועה כמערכת הניורולית המופעלת בתגובה לגירויים גופניים חיוביים, דוגמת אוכל ויחסי מין, וכן חיזוקים משניים כמו כסף. בין היתר היא כוללת את הסטריאטום, המידברייך, האמיגדלה, האורביטו-פרונטל קורטקס והפרה-פרונטל קורטקס הוונטרלי והמידאלי [14-17]. ממצאים אלה מרמזים כי הנאה ממוזיקה והנאה מגירויים גופניים, לפחות מבחינת הפעילות המוחית המתווכת אותם, היא למעשה אותה ההנאה.

עם זאת, יש לציין כי קביעה זו אינה חד משמעית שכן ישנם מספר ממצאים העשויים לסתור אותה: שני מחקרים מצאו כי "רגשות מוזיקליים" עשויים להיות מושפעים לא רק ממערכת התגמול, אלא גם מאזורים אחרים, דוגמת קליפת המוח הקדמית [15,18]; ישנן עדויות על אנשים שנפגעה יכולתם לחוש רגשות בתגובה למוזיקה לאחר שסבלו מנזק באזורים מוחיים שאינם שייכים למערכת התגמול [19,20]; כמו כן מטא-אנליזה שנערכה לאחרונה מצאה עדויות לכך שגירויים מחזקים מסוגים שונים (אוכל, סקס וכסף) אמנם מפעילים את אותה מערכת תגמול המתווכת הנאה, אך הם מפעילים אזורים שונים בה [21].

### **תיאוריות לפיהן רגשות מוזיקליים אינם שונים מרגשות אחרים**

בהשפעת תוצאות הדימות המוחי, המראות שהנאה ממוזיקה מתווכת על ידי אותה מערכת תגמול המתווכת הנאה מגירויים גופניים, חוקרים מתחומי חקר המוח והאבולוציה טוענים כי אין להפריד בין הרגשות שיוצרת אמנות לבין הרגשות שיוצרים גירויים שאינם אמנותיים [22,23]. חוקרים אלו גורסים כי אמנות וגירויים גופניים מפעילים את המוח באופן דומה, לכן ההסבר הפרסימוני ביותר יהיה שגירויים מסוג שונה יוצרים - בצורות וברמות שונות - את אותם רגשות. לפי גישה זו, לא

התפתחו מערכות נורנליות ייחודיות להערכת אמנות, אלא היכולת ליהנות מאמנות התפתחה מתוך מערכות שהיו כבר קיימות, אשר תפקידן האבולוציוני הוא להעריך גירויים בעלי יתרונות ביולוגיים-הישרדותיים; עם התפתחות היכולות הקוגניטיביות של האדם הוסבו (co-opt) מערכות אלו לשימושים נוספים, כך שכעת אנו מעריכים בעזרתן את ערכם של גירויים גופניים ומופשטים כאחד. חוקרים אלו קובעים שנטל ההוכחה הוא על אלה שטוענים כי אמנות ומוזיקה מפעילים רגשות מיוחדים, כיוון שכיום אין מספיק ידע אמפירי או תיאורטי התומך בתפיסה כזו.

דוגמא לחוקרי מוזיקה הנוקטים בגישה זו הם Juslin & Vastfjall [23]. בעבודתם, השניים מציעים שישה מנגנונים (רפלקסים של גזע המוח; התנייה; קליטה רגשית; דימוי ויזואלי; זיכרון אפיזודי; ציפייה מוזיקלית) אשר לטענתם פעילות שלהם היא שיוצרת את הרגשות המוזיקליים. מנגנונים אלה אינם ייחודיים למוזיקה או לאמנות, אלא מגויסים גם על ידי גירויים אחרים היוצרים רגשות. כאשר מאזינים לקטע מוזיקלי, השילוב המסוים בין פעילות ששת המנגנונים (חלקם או כולם) יוצר תגובה רגשית מיוחדת; תגובה זו יכולה למשל לכלול רגשות מנוגדים (לדוגמא עצב בעקבות קצב איטי וצלילים נמוכים, יחד עם שמחה כיוון שהשיר מזכיר אירוע משמח מהעבר). בכל זאת, רגשות אלו אינם רגשות מסוג מיוחד; דהיינו, אין רגשות מוזיקליים השונים באופן איכותי מכל רגש יומיומי אחר.

#### **תיאוריות לפיהן רגשות מוזיקליים שונים מרגשות אחרים**

בניגוד לחוקרים הגורסים כי קיים רק סוג אחד של רגשות, אחרים מאמינים כי רגשות עשויים להתחלק לסוגים שונים. דוגמא לחוקרים כאלו הם Frijda & Sundararajan [24], שבהתבסס על רעיונות מהשירה והפילוסופיה הסינית, הציעו להבחין בין רגשות "גסים" (coarse) לרגשות "מעודנים" (refined). האחרונים, לדידם, הם רגשות הקשורים פחות בתגובה הפיזיולוגית לאובייקט, ויותר בהרגשה שלנו כלפיו; הם נוצרים כתוצאה מהערכה מורכבת של האובייקט שעשויה לטעון אותו במשמעויות שמעבר לאספקטים המידיים שלו; וכן החוויה של רגשות כאלו כוללת מודעות רפלקטיבית מסדר שני (מודעות שלנו לעצם ההרגשה שאנו חווים) המאפשרת להתענג (savor) על האובייקט הנחוה. לפי Frijda & Sundararajan כל סוג של גירוי עשוי ליצור רגש מעודן או רגש גס. כך למשל, ניתן לאכול רק כדי לענות על צורך ביולוגי של השבעת רעב ובכך לחוש ברגש גס; אך ניתן גם לאכול מנת גורמה, להעריך את המיומנות שבה הוכנה, להתענג על הטעם, ובכך לחוש ברגש מעודן. אף על פי כן, במרבית המקרים רגשות הנוצרים כתוצאה מהערכה של יצירת אמנות יכללו את המאפיינים של רגשות מעודנים, בעוד רגשות הנוצרים כתוצאה מגירויים גופניים יהיו רגשות גסים.

צמד חוקרים אחר, Scherer & Zentner [25], טענו אף הם כי ישנם סוגים שונים של רגשות. בפרט, הם גורסים כי רגשות הנוצרים כתוצאה מהאזנה למוזיקה שונים מרגשות יומיומיים, המכונים בספרות "רגשות בסיסיים" (basic emotions) - אלו רגשות הנוצרים כתוצאה מהערכה של האינדיבידואל את האפשרות של מצבים סביבתיים להשפיע על רווחתו ומטרותיו. השניים ניסו לבדוק טענה זו באופן אמפירי, ובסדרת ניסויים מצאו שבתגובה למוזיקה אנשים לרוב לא מדווחים כי הם חשים ברגשות שנחשבים בסיסיים (כגון שמחה, עצב, כעס, פחד), אלא ברגשות אחרים (כגון התעלות, רכות, נוסטלגיה, שלוה).

Scherer & Zentner מציינים שמסגרת תיאורטית העשויה לעזור להבין הבדל זה בין רגשות מוזיקליים לרגשות אחרים היא תיאוריית "הרגשות המעודנים" של Frijda & Sundararajan.

בהתבסס על תיאוריה זו, השניים מציעים הבחנה משלהם: בין רגשות "תועלתיים" (utilitarian) לרגשות "אסתטיים" (aesthetic) [26]. לפי הבחנה זו, רגשות "תועלתיים" מופעלים על ידי הצורך של האינדיבידואל להתאים את עצמו למצב שיכול להשפיע על רווחתו והאינטרסים שלו, וכוללים תגובה אינטנסיבית והכנה לפעולה; רגשות כאלה ייווצרו בתגובה לאובייקטים בעלי תועלת ביולוגית, דוגמת פריטי מזון. לעומת זאת, לרגשות "אסתטיים" מאפיינים שונים: הם מופעלים במצבים שאינם משפיעים באופן ברור על רווחתו של האינדיבידואל ולרוב אינם מובילים לתגובה מוכוונת מטרה; ההערכה שמובילה לרגשות "אסתטיים" היא הערכה של הגירוי עצמו (ולא של התועלת שבו); האינדיבידואל לא רק חש ברגש, אלא יכול גם להתענג על התחושה של רגש כזה. לפי Scherer & Zentner, רגשות "אסתטיים" הם אלו המופעלים כתוצאה מהאזנה למוזיקה; אם כך, הרגשות שיוצרים את תחושת ההנאה ממוזיקה שונים באופן קטגורי מרגשות המופעלים על ידי גירויים גופניים כמו אוכל.

עדות נוספת לכך שהנאה ממוזיקה אינה זהה להנאות אחרות עולה ממחקר שפורסם לאחרונה [27] ומצא שישנם אנשים להם פגיעה ספציפית ביכולת הפקת הנאה (אנהדוניה) ממוזיקה. על ידי שימוש בדיווח אישי וכן במדדים פיזיולוגיים (דופק ומוליכות עורית), החוקרים השוו את רמת ההנאה של הנבדקים ממוזיקה לעומת הנאה מגירוי מתגמל אחר (כסף). לפי התוצאות, היו נבדקים שהראו תגובות התנהגותיות ופיזיולוגיות תקינות לגירוי הכספי, אך מדדי הנאה נמוכים מאוד למוזיקה. לאור תוצאות אלה שיערו החוקרים כי ייתכן שמערכת התגמול המוחית אינה פועלת באופן זהה עבור כל סוג של גירוי, וכן כי ייתכן שהאנהדוניה המוזיקלית נוצרת כתוצאה מפגם בקשר שבין מערכת התגמול לבין אזורי עיבוד מוזיקלי אחרים בקליפת המוח.

## **דרך חדשה לחקירת ההבחנה בין הנאה מוזיקלית לגופנית**

### **השוואה בין הציפייה בעת גירוי מוזיקלי לציפייה בעת גירוי גופני**

בפרק הקודם הראינו כי מחקרי המוח מלמדים שהנאה ממוזיקה והנאה מגירויים גופניים מתווכות שתיהן על ידי פעילות מוחית של מערכת התגמול. ברם, איננו חושבים שנגזר מכך כי אותה פעילות מוחית היא בהכרח גם זו שאחראית על ההערכה האסתטית של גירויים אלה כמהנים. כלומר, ייתכן שמערכות נוירונליות נפרדות אחראיות על עיבוד והערכה של מוזיקה כיפה או לא יפה (ולכן מהנה או לא מהנה), לעומת עיבוד והערכה של גירויים גופניים כנעימים או לא נעימים. כך, כאשר מערכות נפרדות אלה מעריכות גירוי כמהנה, הן מפעילות את אותה מערכת תגמול - והיא זו שמתווכת את תחושת ההנאה. אנו מציעים אפוא לבדוק לא את המערכת הנוירונלית המתווכת את תחושת ההנאה עצמה, אלא את המערכות הנוירונליות בעזרתן מעריכים את הגירוי כמהנה או לא מהנה.

על מנת לבדוק את הפעילות המוחית הקשורה בהערכה האסתטית של מוזיקה, אנו מעוניינים לבדוק את הפעילות המוחית הקשורה במנגנון הציפייה המוזיקלית. כפי שנראה בפרק הבא, חוקרים רבים מאמינים כי זהו מנגנון המעורב בהערכה האסתטית של מוזיקה וביצירת רגשות בתגובה אליה. רגשות אלו נוצרים על ידי אישור או הפרה של ציפייה של המאזין בנוגע לקלט המוזיקלי. אנחנו יוצאים מתוך הנחה תיאורטית זו - שמנגנון הציפייה הוא אחד המנגנונים הקשורים בהערכה האסתטית של מוזיקה - ומבקשים לבדוק מהן ההשלכות באם הנחה זו נכונה. לצורך כך נרצה להשוות את הפעילות המוחית בזמן ציפייה הקשורה בגירוי מוזיקלי לעומת ציפייה הקשורה בגירוי גופני.

אנו מאמינים שהשוואה כזאת, שלמיטב ידיעתנו לא נעשתה עד כה, תוכל לשפוך אור על השאלה האם מוזיקה וגירויים גופניים מוערכים כמהנים באופן זהה או שונה. במידה שמנגנון הציפייה קשור לא רק בהערכה של גירויים מוזיקליים אלא גם בהערכה של גירויים גופניים, השוואה שלו על פני שני סוגי הגירויים תהווה למעשה השוואה של מנגנונים הקשורים בהערכה האסתטית של אותם גירויים. תוצאה לפיה הפעילות המוחית הקשורה בציפייה בעת גירוי מוזיקלי שונה מזו שקשורה בציפייה בעת גירוי גופני תעיד על כך שההערכה של מוזיקה כמהנה מתרחשת, מבחינה מוחית, בתהליך שונה מזה שבו אנו מעריכים גירוי גופני כמהנה. מאידך, במידה שמנגנון הציפייה ייחודי להערכה האסתטית של מוזיקה, ואינו קשור בהערכה של גירוי גופני כמהנה, הרי ממילא המשמעות היא שגירוי מוזיקלי מוערך כמהנה באופן שונה מזה שבו מוערך גירוי גופני. לדעתנו ממצא לפיו מוזיקה וגירויים גופניים מוערכים באופן שונה יכול ליישב בין הגישות התיאורטיות השונות לרגשות מוסיקליים; ייתכן כי ההנאה והרגשות עצמם מתווכים על ידי אותה פעילות מוחית של מערכת התגמול ובמובן זה הם זהים, אך ישנו הבדל באופן ההערכה האסתטית של אותם רגשות. ייתכן שמהבדל זה נובעת האינטואיציה של חלק מהחוקרים להפריד בין רגשות מוזיקליים לאחרים מבחינה תיאורטית.

מציאה של מנגנונים מוחיים נפרדים להערכה של גירוי מוזיקלי וגופני תוכל גם ליישב בין תוצאות מחקרי המוח אותם הזכרנו, אשר ממבט ראשון נראות סותרות: ייתכן שהאזורים הקורטיקליים שזוהו כמשפיעים על רגשות מוזיקליים על אף שאינם חלק ממערכת התגמול [15,18] היו קשורים למעשה למנגנון ההערכה האסתטית של המוזיקה; כמו כן, ייתכן שהפגיעה ביכולת של אנשים לחוות רגשות מוזיקליים בעקבות פגיעה מוחית באזורים שאינם חלק ממערכת התגמול [19,20], נבעה מנזק באזורים הקשורים בהערכה האסתטית של המוזיקה ולא בפעילות מערכת התגמול המתווכת את תחושת ההנאה עצמה.

זאת ועוד, בנוסף להשוואת אופני ההערכה של הגירויים כמהנים, בחינה של מנגנון הציפייה עשויה לאפשר גם השוואה מדויקת יותר בין גירויים מוזיקליים לגופניים מבחינת הפעילות המוחית המתווכת את תחושת ההנאה עצמה. מנגנון הציפייה הינו טמפורלי מעצם הגדרתו; בחינה של מנגנון הציפייה מאפשרת הפרדה של ההנאה המוזיקלית לשלבים שונים - שלב הציפייה ושלב שיא הגירוי. בחינה של הפעילות המוחית בשלבים שונים של ההנאה המוזיקלית עשויה לאפשר אפיון טוב יותר של פעילות מערכת התגמול בתגובה לגירוי מוזיקלי. בעזרת אפיון מסוג זה, תוך השוואה לשלבים המקבילים בהנאה מגירוי גופני, יהיה ניתן לבצע השוואה מדויקת יותר של פעילות מערכת התגמול בתגובה לגירויים מוזיקליים לעומת גופניים. בעזרת השוואה כזו ייתכן כי אפשר יהיה לזהות שמערכת התגמול עצמה פועלת באופן שונה בתגובה לגירוי מוזיקלי לעומת גופני. אם אכן תזוהה פעילות שונה כזו של מערכת התגמול בתגובה לגירוי מוזיקלי, המשמעות היא שרגשות מוזיקליים הינם שונים מרגשות גופניים לא רק באופן הערכת הגירוי, אלא גם מבחינת הפעילות המוחית המתווכת את הרגשות עצמם.

#### **מהו מנגנון הציפייה המוזיקלית וכיצד הוא יוצר רגשות מוזיקליים**

בספרו משנת 1956, הנחשב לאחד הכתבים המצוטטים והחשובים ביותר בנושא רגשות מוזיקליים [23], טוען Leonard Meyer [28] כי רגשות מוזיקליים רבים נובעים ממימוש או השהייה של ציפיית המאזין. מאז, הציפייה נחשבת על ידי תיאורטיקנים רבים בתחום כבעלת תפקיד מרכזי בכל הקשור ליצירה של רגשות מוזיקליים [29]. הציפייה המוזיקלית היא אחת מששת המנגנונים המוצעים על ידי Juslin & Vastfjall כאלה שיוצרים רגשות מוזיקליים. במאמרם [20], השניים מגדירים ציפייה

מוזיקלית כ"תהליך שבו רגש נוצר אצל המאזין בעקבות כך שמאפיין במוזיקה מפר, משהה או מאשר את הציפייה שלו". הם טוענים כי בדומה לשפה, מוזיקה ניתנת לתיאור על ידי חוקי דקדוק ובנייה כהלכה (well-formedness). כך, מתוך האזנות קודמות לסגנון מוזיקלי מסוים המאזין קולט את כללי התחביר המוזיקלי, וכאשר כללים אלו מופרים, למשל, הדבר גורם אצלו לתגובה רגשית.

תיאוריה מפורטת ורחבה יותר העוסקת במנגנון הציפייה המוזיקלית מוצגת על ידי David Huron [30]. טוען כי הרגשות האנושיים התפתחו במטרה לעודד התנהגויות העוזרות לאורגניזם להסתגל לסביבה על ידי ניבוי של אירועים עתידיים – יכולת הניבוי, לדידו, היא "הפונקציה המהותית של הקוגניציה אנושית". גם הרגשות המוזיקליים משתמשים במנגנוני ניבוי אלה, וכך הם נוצרים מתוך הציפייה של המאזין: מאישור או הפרה שלה, וגם משלב הציפייה עצמו. הציפייה המוזיקלית נוצרת מתוך ידע סטטיסטי אימפליציטי – כזה שאינו נגיש באופן מודע – בו מחזיקים המאזינים אודות השכיחויות השונות במוזיקה. אף על פי כן, Huron טוען שאנו משתמשים בהיוריסטיקות העוזרות לנו ליצור ניבויים מוזיקליים באופן יעיל יותר אך מדויק פחות; זוהי הסיבה שאנו יכולים להמשיך להיות מופתעים, ליהנות ולא להשתעמם משיר אותו שמענו פעמים רבות בעבר או מסגנון מוזיקלי שאין בו חידושים גדולים עבורנו. בספרו, Huron אף מציג תיאוריה פסיכולוגית בשם IPTRA, המסבירה את הציפייה המוזיקלית בעזרת חמש קטגוריות של תגובות לציפייה. שתיים מהתגובות מגיעות לפני התוצאה המצופה; אלו הן דמיון (imagination) של ההמשך המצופה ומתיחות (tension) לקראת הרגע המצופה. שלוש התגובות האחרות מגיעות לאחר התוצאה: ניבוי (prediction) הוא תגובה של חיזוק או עונש, בהתאם למידת הדיוק של הציפייה; תגובה (reaction) היא תהליך אוטומטי הכולל פעולות ורפלקסים גופניים; הערכה (appraisal) היא תגובה הקשורה בשיפוט מודע של התוצאה. אם כן, עבור Huron הציפייה היא אחד המנגנונים המרכזיים שגורמים לנו לחוות רגשות וליהנות ממוזיקה.

חוקרת נוספת העוסקת במנגנון הציפייה היא Elizabeth Margulis [28]. Margulis מדגישה את חשיבותו של אלמנט החזרתיות במוזיקה; במספר ניסויים שערכה נמצא כי אנשים חושבים שקטעים בהם יש חזרתיות הינם נעימים יותר וכן מוזיקליים יותר מכאלה בהם אין חזרתיות. בעבודתה היא מזכירה תיאוריות אנתרופולוגיות לפיהן כוחם של טקסים, שהינם רצפי פעולות נוסחתיים שחוזרים על עצמם, הוא בכך שהחזרתיות בהם ממקדת את המוח בפרטים החושיים המיידיים ולא במשמעויות שימושיות רחבות יותר של הפעולה. היא טוענת שמוזיקה פועלת באופן דומה, החזרתיות במוזיקה מאפשרת לנו להתנתק מן ההקשר הרחב ומן הסביבה, ולהתמקד בניואנסים האקספרסיביים של הצליל עצמו. יתר על כן, כשאנחנו שומעים שיר שאנו מכירים, החזרתיות גורמת למוח שלנו לצפות להמשך אותו אנחנו מכירים; באופן זה, אנחנו לא דווקא מאזינים ל-שיר אלא מאזינים "יחד איתו" - המוח שלנו, לפעמים גם באופן לא מודע, "שר יחד" עם השיר. אם כן, מבחינת Margulis לציפייה שיוצרת החזרתיות במוזיקה תפקיד מרכזי בהשפעה הרגשית של מוזיקה עלינו.

נוסף על התפקיד החשוב של ציפייה ביצירת רגשות מוזיקליים במסגרת מחקרים תיאורטיים, ישנן גם עדויות אמפיריות לכך שציפייה קשורה ברגשות שיוצרת בנו מוזיקה. מחקר כזה [32] בדק את התגובה הרגשית של נבדקים להפרה של ציפייה מוזיקלית על ידי שינוי של אחד המרווחים (אקורדים) בקטע של מוזיקה קלאסית. הבדיקה התבצעה באמצעות דיווח עצמי של הנבדקים, וכן באמצעות



סממנים פיזיולוגיים - דופק, מוליכות עורית ואלקטרואנצפלוגרם (EEG). התוצאות הראו כי אכן הפרה של ציפייה מוזיקלית יוצרת תגובה רגשית בקרב הנבדקים.

### **ציפייה מוזיקלית לעומת ציפייה גופנית: בדיקת מחקרים קיימים בספרות**

הצענו לבחון האם קיים הבדל בין הפעילות המוחית הקשורה בציפייה בעת גירוי מוזיקלי לבין הפעילות המוחית הקשורה בציפייה בעת גירויים אחרים. כדי לבדוק זאת באופן ראשוני בעצמנו, ערכנו חיפוש בספרות הקיימת עבור מחקרים הקשורים בפעילות המוחית בעת ציפייה מוזיקלית. מחקרי דימות תהודה מגנית (fMRI) [33] ומגנטואנצפלוגרפיה (MEG) [34] ניסו לאפיין את האזורים המוחיים הקשורים בציפייה מוזיקלית על ידי בחינה של הפעילות המוחית בזמן הפתעה הנגרמת כתוצאה מהפרה של ציפייה כזו. במחקרים אלו הושמעו לנבדקים רצפי מרווחים אשר מילאו או הפרו את הציפייה שלהם. נמצא כי הפרה של ציפייה מוזיקלית מפעילה אזורים מוחיים הידועים כקשורים בעיבוד שפה, דוגמת אזור ברוקה (Broca). מחקר אחר [35] השווה את הפעילות המוחית בעת האזנה לקטע מוזיקלי עם הפעילות המוחית בעת האזנה לאותם צלילים אך באופן "מעורבל", כך שלא ניתן לזהות את המבנה המוזיקלי של הקטע - בניגוד לקטעים המוזיקליים הרגילים, בקטעים ה"מעורבלים" לא נוצרת ציפייה אצל הנבדקים. המחקר מצא שרק בעת האזנה לקטעים הרגילים - בהם נשמר המבנה המוזיקלי ונוצרת אצל הנבדק ציפייה מוזיקלית - מופעל אזור במוח אשר ידוע שקשור לעיבוד מבנה בשפה מדוברת ובשפת סימנים (אזור ברודמן 47). תוצאות אלו ואחרות הובילו חוקרים אחדים להציע שלאזורים המוחיים שאחראים על העיבוד התחבירי של שפה יש למעשה תפקיד כללי יותר, והם אחראים בין השאר גם על עיבוד של "תחביר" מוזיקלי [36].

ככל הידוע לנו, אין קשר מוכר כלשהו בין אזורי עיבוד שפה לבין גירויים גופניים. בפרט, לא מצאנו בספרות ממצאים כלשהם המקשרים בין ציפייה הקשורה בגירוי גופני לבין אזורים אלו. יתרה מכך, לדעתנו זוהי הנחה סבירה שהאזורים המוחיים הקשורים בעיבוד של מבנים סינטקטיים (שפתיים, מוזיקליים או אחרים), אינם קשורים גם בציפייה לגירוי גופני כמו אוכל או מין. הממצאים שמצאנו מהווים אפוא עדות לכך שציפייה הקשורה בגירוי מוזיקלי שונה, מבחינה מוחית, מציפייה הקשורה בגירוי גופני; הראשונה מפעילה אזורי מוח הידועים כקשורים בעיבוד שפתי, בעוד לשנייה אין כל קשר ידוע לאזורים אלו.

האפשרות לכך שעבור גירויים מוזיקליים וגופניים קיימות מערכות נזירנליות שונות הקשורות בהערכה אסתטית ובהפעלת מערכת התגמול, מעלה את השאלה האם מערכות אלה מפעילות את מערכת התגמול באופן זהה, או שישנם הבדלים בפעילות מערכת התגמול עצמה, כתלות בסוג הגירוי. כדי לבדוק זאת ערכנו חיפוש בספרות הקיימת עבור מחקרים אשר בדקו דיסוציאציה בין הפעילות המוחית בשלב הציפייה לגירוי מחזק, לבין הפעילות בעת מתן הגירוי עצמו. מחקר [3] שבדק באמצעות טומוגרפיית פליטת פוזיטרונים (PET) ודימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI) את הפעילות המוחית בעת שיא העונג מגירוי מוזיקלי ובעת הציפייה לו, אכן מצא דיסוציאציה כזו. במחקר זה, בדומה למחקרים קודמים בתחום, על מנת לזהות את רגע השיא של העונג המוזיקלי החוקרים השתמשו בתור סמן בתחושת הצמרמורת. התוצאות הראו כי חלקי הסטריאטום, השייך למערכת התגמול, פועלים באופן שונה בעת חווית השיא של התגובה הרגשית לעומת בעת הציפייה לה: הקאודיטי (caudate) היה יותר מעורב בשלב הציפייה, בעוד גרעין האקומבנס (accumbens) היה יותר מעורב ברגע השיא של העונג.

דיסוציאציה נמצאה גם במחקר דימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI) [38] אשר בדק את ההבדלים בפעילות המוחית בין רגע האכילה של מאכל טעים, לבין שלב הציפייה לו. לנבדקים בניסוי הוצג גירוי ויזואלי אשר רימז על מתן מאכל טעים, ולאחר מכן אותו מאכל ניתן להם. בניגוד לתוצאות במחקר הציפייה המוזיקלית, כאן התוצאות הראו כי גרעין האקומבנס הגיב חזק יותר באופן מובהק דווקא בשלב הציפייה, ולא בשלב שיא העונג. תוצאות דומות עלו ממחקר [39] אשר בדק את שלב הציפייה למתן גירוי כספי; המחקר מצא כי בשלב הציפייה לגירוי מוניטארי חיובי נצפית פעילות מוגברת בגרעין האקומבנס, ולא בחלקים אחרים של הסטריאטום. לפיכך, פעילות הסטריאטום בעת ציפייה לגירוים בעלי תועלת ביולוגית, דוגמת אוכל, וכן פעילותו בעת ציפייה לגירוים בעלי ערך תועלת, דוגמת כסף, שונה מפעילותו בעת הציפייה לרגע השיא המוזיקלי.

### דיון בתוצאות הבדיקה

מן הבדיקה אותה ערכנו עולה כי ציפייה מוזיקלית שונה מציפייה הקשורה בגירוי גופני. בהנחה שמנגנון הציפייה קשור בהערכה של גירוי מוזיקלי כמהנה או לא מהנה, ממצא זה מוביל למסקנה שההערכה האסתטית של מוזיקה שונה מן ההערכה האסתטית של גירוי גופני. במילים אחרות, מוזיקה מוערכת כמהנה בתהליך שונה מאשר זה בו גירוי גופני מוערך כמהנה. אם כן, ממצא זה עשוי לענות על השאלה אותה ביקשנו לחקור: הבדיקה שלנו מלמדת כי ההנאה מיצירת אמנות מוזיקלית שונה מהנאה גופנית בכל הקשור לאופן בו הגירוי מוערך כמהנה.

עוד עולה מן הבדיקה שלנו כי פעילות מערכת התגמול שונה עבור גירוים מוזיקליים לעומת גופניים. בעזרת הפרדה בין שלב הציפייה לשלב שיא ההנאה, מצאנו כי אחד מחלקי מערכת התגמול, הסטריאטום, פועל באופן שונה בתגובה לקטע מוזיקלי מהנה, לעומת פעולתו בתגובה לגירוי גופני מהנה; הנאה מוזיקלית וגופנית אמנם מתווכות שתיהן על ידי מערכת התגמול, אך ישנו הבדל בפעילותה של מערכת התגמול בהתאם לסוג הגירוי. ממצא זה מרמז על כך כי ישנו הבדל בין הנאה מוזיקלית לגופנית גם מבחינת הפעילות המוחית המתווכת את תחושת ההנאה עצמה.

תוצאות הבדיקה שלנו, לפיה *ההערכה של מוזיקה שונה מההערכה של גירוים גופניים*, תומכת בתפיסות הפילוסופיות מעידן הנאורות לפיהן תפיסת והערכת יופי אמנותי מתרחשת בתהליך מיוחד ושונה איכותית מזה בו אנו מעריכים אובייקטים לא-אמנותיים. ממצא זה גם יכול לעזור ליישב בין התפיסות התיאורטיות השונות, ולהסביר כי ההבדל בין רגשות מוזיקליים לגופניים עשוי להיות באופן *ההערכה של הגירוי*, ולא ברגש עצמו. מנגד, הממצא לפיו קיים הבדל בפעילות מערכת התגמול עצמה, כתלות בסוג הגירוי, הוא ממצא שעשוי לחזק את התפיסות התיאורטיות לפיהן הרגשות המוזיקליים *עצמם* אינם זהים לרגשות אחרים. עם זאת, מעניין לציין כי לא מצאנו מערכת נירונלית ייחודית האחראית על ציפייה מוזיקלית (ומכאן גם קשורה בהערכה אסתטית של מוזיקה), אלא מצאנו כי ציפייה מוזיקלית מתווכת על ידי מערכות נירונליות כלליות יותר, הקשורות גם בעיבוד שפה. ממצא זה תואם דווקא לתפיסות התיאורטיות לפיהן היכולת להעריך אמנות התפתחה על ידי הסבה של מערכות קדומות, כלליות יותר. התוצאות שלנו, אם כן, עשויות ליישב בין התיאורית השונות גם במובן זה: ייתכן שהיכולת ליהנות ממוזיקה אכן התפתחה כתוצאה מהסבה של מערכות נירונליות קיימות, אך מדובר במערכות שונות מאלו שבעזרתן אנו נהנים מגירוים גופניים.

### הצעות למחקר עתידי

מן הבדיקה אותה ערכנו בספרות הקיימת עולה כי מגנון הציפייה המוזיקלית שונה מבחינה מוחית מן המנגנון של הציפייה לגירוים גופניים. אף על פי כן, אנו חושבים כי יש מקום לערוך ניסוי לבחינת

שאלה זו באופן ישיר. מתודולוגיה אפשרית לניסוי כזה עשויה לכלול בדיקה של הפעילות המוחית בעת "הפתעה מוזיקלית", והשוואה שלה לפעילות המוחית בעת הפתעה מגירוי גופני (לדוגמא: שמיעת רצף מרווחים בעל סוף מפתיע; אכילת מספר סוכריות כאשר לאחרונה טעם בלתי צפוי). כבקרה בניסוי כזה ניתן להשתמש בגירויים דומים, אך כאלה שאינם כוללים הפתעה (רצף מרווחים דומה, אך שאינו מפתיע; אכילת סוכריות שהטעם של כולן תואם לציפיות). באופן כזה ניתן "לחסר" את הפעילות המוחית הקשורה בקלט הסנסורי המסוים, ולהיוותר עם הפעילות המוחית הקשורה רק בהפתעה עצמה. לדוגמא, ניתן להשוות בין הפעילות המוחית בעת האזנה לרצף מרווחים מפתיע לעומת רצף מרווחים לא מפתיע, וכך לדעת שההבדל קשור בגורם ההפתעה ולא בקלט הסנסורי עצמו. באופן זה, ניתן להשוות "הפתעה מוזיקלית" לעומת "הפתעה גופנית" מבלי להתייחס להבדלים הנוספים בפעילות המוחית אשר עשויים לנבוע מן ההבדל בסוג הקלט הסנסורי.

ממצא נוסף של הבדיקה שלנו לימד כי עבור גירויים גופניים ומוזיקליים, ישנו הבדל בפעילות מערכת התגמול המתווכת את תחושת ההנאה עצמה. גם כאן, אנחנו מציעים לערוך ניסוי שיבדוק באופן ישיר את הפעילות המוחית הקשורה בהנאה ממוזיקה, לעומת הפעילות המוחית הקשורה בהנאה גופנית. עד היום לא נעשה ניסוי שהשווה באופן ישיר את הפעילות המוחית המתווכת הנאה ממוזיקה (או אמנות בכלל) לעומת הפעילות המוחית המתווכת הנאה כמות המחקרים הקיימים כיום בתחום אינה מספיקה אף לביצוע השוואה כזו במסגרת מטא-אנליזה [22]. ניסוי כזה עשוי להיות דומה מבחינה מתודולוגית לניסוי אותו הצענו בפסקה הקודמת; כלומר יכלול בשלב ראשון השוואה של גירוי מוזיקלי מהנה לעומת לא מהנה, וכן גירוי גופני מהנה לעומת לא מהנה. כך יהיה אפשר בשלב השני להשוות "הנאה מוזיקלית" ל"הנאה גופנית", מבלי לכלול את הפעילות המוחית הקשורה בקלט הסנסורי המסוים.

עבודה זו עסקה במדיום אמנותי אחד בלבד: מוזיקה. את ההצעות והממצאים שלנו לא ניתן להכליל לסוגים נוספים של אמנות שכן ייתכן כי מנגנון הציפייה הינו ייחודי למוזיקה ואינו קשור בהערכה האסתטית של סוגים אחרים של אמנות. לפיכך, אנחנו מציעים לבדוק במחקרים נוספים, הן תיאורטיים והן אמפיריים, האם מנגנון הציפייה קשור בהערכה האסתטית של מדיומים אמנותיים שאינם מוזיקה. יתרה מכך, העדויות בדבר תיווך תחושת ההנאה על ידי מערכת התגמול שהבאנו בעבודה זו, רלוונטיות למוזיקה בלבד - לא ניתן לקבוע שהנאה מכל סוג של אמנות מתווכת על ידי אותה הפעילות של מערכת התגמול. אולם, יש לציין שמחקרים בתחום האמנות היוזואלית מצאו שהערכה של יצירה אמנותית כ"יפה" קשורה בפעילות מוגברת באזורים כמו אורביטו-פרונטל קורטקס (orbitofrontal cortex) וקאודייט (caudate) שהינם חלק ממערכת התגמול [40]; כמו כן מחקר שנערך לאחרונה אף מצא כי ככל שטקסט "ספרותי" יותר ומהנה יותר, כך הוא מפעיל פחות את אזורי הקריאה הרגילים ויותר את האזורים במערכת התגמול הפעילים בזמן תחושת צמרמורת ממוזיקה [41]. אנחנו מציעים אפוא לערוך ניסוי שישווה באופן ישיר את הפעילות המוחית המתווכת ההנאה מסוגים שונים של אמנות; השוואה כזו לא נעשתה עד היום [22].

## סיכום

בעבודה זו ביקשנו לבדוק האם הרגשות בכלל, וההנאה בפרט, שיוצרות בנו יצירות אמנות, זהים או שונים מן הרגשות וההנאה שיוצרים בנו גירויים "גופניים" או תועלתיים דוגמת אוכל, מין וכסף. בחרנו לבחון שאלה זו תוך התייחסות למדיום אמנותי מסוים: מוזיקה. סקירת הספרות אותה הצגנו

הראתה כי שאלה זו עודנה שנויה במחלוקת בקרב חוקרים בתחום; ישנם תיאורטיקנים הגורסים כי "רגשות מוזיקליים" שונים באופן קטגורי מרגשות אחרים, בעוד אחרים חושבים שהרגשות שיוצרת בנו מוזיקה אינם שונים מהרגשות שיוצרים בנו גירויים גופניים. אנחנו ביקשנו לנסות ולהכריע בין הגישות התיאורטיות השונות על ידי שימוש בחקר המוח ובטכנולוגיות הדימות המוחי. מחקרי המוח מראים ש"הנאה מוזיקלית" ו"הנאה גופנית" מתווכות על ידי פעילות של אותה מערכת נוירולוגית הנקראת "מערכת התגמול"; הדרך החדשה אותה הצענו היא שימוש בדימות מוחי כדי לבדוק האם אנו גם מעריכים גירוי מוזיקלי וגופני כמהנים על ידי אותה מערכת נוירולוגית. כדי לבדוק זאת הצענו להשוות את הפעילות המוחית המתווכת ציפייה לגירויים השונים; זאת כיוון שמגנון הציפייה המוזיקלית הוא מגנון לו מיוחס תפקיד בהערכה האסתטית של מוזיקה כמהנה וביצירת רגשות בתגובה אליה.

השוואה של מגנוני ההערכה האסתטית על ידי בחינה של מגנון הציפייה נותנת מסגרת חדשה בעזרתה ניתן לגייס את הטכנולוגיה החדשה בחקר המוח כדי לענות על שאלה פילוסופית עתיקת יומין. שימוש זה בטכנולוגיית הדימות המוחי עשוי גם להכריע או ליישב בין הגישות התיאורטיות השונות בדבר רגשות מוזיקליים. נוסף על האפשרות להשוות את הפעילות המוחית המתווכת את ההערכה האסתטית של גירויים גופניים לעומת מוזיקליים, מסגרת זו מאפשרת גם בחינה מחודשת של הפעילות המוחית המתווכת את תחושת ההנאה עצמה; הטבע הטמפורלי של מגנון הציפייה מאפשר בדיקה של פעילות מערכת התגמול על פני שלבים שונים - בדיקה כזו עשויה להיות מדויקת יותר.

מלבד ההצעה למסגרת חדשה לביצוע ניסויים עתידיים, ביצענו בעבודה זו גם השוואה ראשונית בעצמנו, תוך שימוש בספרות המחקרית הקיימת בתחום. מצאנו עדויות לכך שהערכה אסתטית של מוזיקה מתווכת על ידי מגנונים מוחיים שונים מאשר אלו המתווכים הערכה של גירויים גופניים; כמו כן מצאנו עדויות לכך שפעילות מערכת התגמול המתווכת את תחושת ההנאה עצמה, שונה עבור גירויים מוזיקליים לעומת גופניים.

יכולתו של האדם ליהנות מגירויים אמנותיים מופשטים, חסרי ערך ביולוגי או תועלת, היא אחת היכולות הקוגניטיביות שעושות אותנו לאנושיים. הניסיון להבין יכולת ייחודית זו - ניסיון שהיה בעבר מנת חלקם של פילוסופים בלבד - מתאפשר כיום גם בעזרת כלים טכנולוגיים חדשים של חקר המוח. הבנה זו של היכולת האנושית ליהנות מאמנות מהווה נדבך במסעו ארוך השנים של האדם לנסות ולהבין את עצם ההוויה האנושית.

## מקורות

1. Storr, A. (1992). *Music and the mind*. Free Press.
2. McDermott J, Houser M. (2003). The origins of music: Innateness, uniqueness, and evolution. *Music Perception*; 23:29–59.
3. Salimpoor, V.N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A., and Zatorre, R.J. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nat. Neurosci.* 14, 257–262.
4. Krumhansl, C.L. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Can. J. Exp. Psychol.* 51, 336–353.
5. Budd, M. (1985). *Music and the emotions: The philosophical theories*. Routledge
6. Goldman, A. (2001). The aesthetic. Gaut, B., Lopes, D.M. (Eds.), *The Routledge Companion to Aesthetics*. Routledge, London, pp. 181–192.
7. Guyer, P. (2005). *Values of Beauty: Historical Essays in Aesthetics*. Cambridge University Press, Cambridge.
8. Kant, Immanuel. (1790). *Critique of Judgement*.
9. Gurney, E. (1880). *The power of sound*. London: Smith, Elder.
10. Lippman, E. A. (1953). Symbolism in music. *Musical Quarterly* 39:554–75.
11. Swanwick, K. (1985). *A basis for music education*. NFER-Nelson.
12. Huron, D., & Margulis, E. H. (2010). Musical expectancy and thrills. *Handbook of music and emotion: Theory, research, applications*. Series in affective science., (pp. 575-604). New York, NY, US: Oxford University Press, xiv, 975 pp.
13. Kringelbach, M. L., & Berridge, K. C. (Eds.). (2010). *Pleasures of the brain*. Oxford University Press.
14. Blood, A.J., and Zatorre, R.J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 11818–11823.
15. Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends Cogn. Sci.* 14, 131–137.
16. Menon, V., and Levitin, D.J. (2005). The rewards of music listening: response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage* 28, 175–184.
17. Sescousse, G., Caldu´ , X., Segura, B., and Dreher, J.-C. (2013). Processing of primary and secondary rewards: a quantitative metaanalysis and review of human functional neuroimaging studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 37, 681–696.
18. Salimpoor, V.N., van den Bosch, I., Kovacevic, N., McIntosh, A.R., Dagher, A., and Zatorre, R.J. (2013). Interactions between the nucleus accumbens and auditory cortices predict music reward value. *Science* 340, 216–219.
19. Mazzoni, M., Moretti, P., Pardossi, L., Vista, M., Muratorio, A., and Puglioli, M. (1993). A case of music imperception. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 56, 322.
20. Satoh, M., Nakase, T., Nagata, K., and Tomimoto, H. (2011). Musical anhedonia: selective loss of emotional experience in listening to music. *Neurocase* 17, 410–417.

21. Yacubian, J., Glascher, J., Schroeder, K., Sommer, T., Braus, D.F., and Buchel, C. (2006). Dissociable systems for gain- and loss-related value predictions and errors of prediction in the human brain. *J. Neurosci.* 26,9530–9537.
22. Brown S., Gao X., Tisdelle L., Eickhoff S., Liotti M. (2011). Naturalizing aesthetics: Brain areas for aesthetic appraisal across sensory modalities. *NeuroImage* 58, 250–258.
23. Juslin P. Vastfjll D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences* , 31, 559–621.
24. Frijda N., Sundararajan L. (2007). Emotion Refinement: A Theory Inspired by Chinese Poetics. *Perspectives on Psychological Science* 2: 227.
25. Scherer, K. R. & Zentner, M. R. (2001) Emotional effects of music: Production rules. In: *Music and emotion: Theory and research*, ed.
26. Scherer, K., & Zentner, M. (2008). Music evoked emotions are different—more often aesthetic than utilitarian. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(05), 595-596.
27. Herrero E., Zatorre R., Rodriguez-Fornells A., Marco-Pallare J. (2014). Dissociation between Musical and Monetary Reward Responses in Specific Musical Anhedonia. *Current Biology* 24, 699–704.
28. Meyer, L. B. (2008). *Emotion and meaning in music*. University of Chicago Press.
29. Margulis, E. H. (2012). Review: Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation. *Music Theory Spectrum*, 34(2), 145-148.
30. Huron, D. B. (2006). *Sweet anticipation: Music and the psychology of expectation*. MIT press.
31. Margulis, E. H. (2013). *On Repeat: How Music Plays the Mind*. Oxford University Press.
32. Steinbeis, N., Koelsch, S., & Sloboda, J. A. (2006). The role of harmonic expectancy violations in musical emotions: Evidence from subjective, physiological, and neural responses. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(8), 1380-1393.
33. Koelsch, S., Gunter, T. C., Zysset, S., Lohmann, G., & Friederici, A. D. (2002). Bach speaks: a cortical “language-network” serves the processing of music. *Neuroimage*, 17(2), 956-966.
34. Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C., & Friederici, A. D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: an MEG study. *Nature neuroscience*, 4(5), 540-545.
35. Levitin, D. J., & Menon, V. (2003). Musical structure is processed in “language” areas of the brain: a possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence. *Neuroimage*, 20(4), 2142-2152.
36. Patel, A. D. (2010). *Music, language, and the brain*. Oxford university press.
37. Panksepp, J. (1995). The emotional source of “chills” induced by music. *Music Percept.* 13, 171–207.
38. O’Doherty, J.P., Deichmann, R., Critchley, H.D. & Dolan, R. (2002). Neural responses during anticipation of a primary taste reward. *Neuron* 33, 815–826.

39. Knutson, B., Adams, C.M., Fong, G.W., and Hommer, D. (2001). Anticipation of increasing monetary reward selectively recruits nucleus accumbens. *J. Neurosci.* 21, RC159.
40. Cela-Conde, C. J., Agnati, L., Huston, J. P., Mora, F., & Nadal, M. (2011). The neural foundations of aesthetic appreciation. *Progress in neurobiology*, 94(1), 39-48.
41. Zeman, A., Milton, F., Smith, A., & Rylance, R. (2013). By Heart An fMRI Study of Brain Activation by Poetry and Prose. *Journal of Consciousness Studies*, 20(9-10), 9-10.