**נירופדגוגיה: לא על המוטיבציה האינדבידואלית לבדה...**

**למידה, גמול, ומסלולי מוטיבציה במח ובכיתה**

**יעל עדיני, אהוד נורי, אבי קרני, ומעיין ורטמן**

**נירופדגוגיה היא תחום דעת חדש ששואף ליצירת פדגוגיה שמתחשבת בתכונות המוח, תוך דו-שיח והכרות הדדית. במאמרים קודמים דנו מזווית ראיה נירופדגוגית בלמידה במוח ובכתה [2-5]. במאמר הנוכחי אנו מרחיבים את היריעה, ומתמקדים בקשר בין למידה לבין מוטיבציה במוח ובכתה.**

**המאמר ייחודי ומציע זווית ראיה חדשה להבנה וניתוח המוטיבציה שלנו ושל האחר. באופן משלים או כתוספת למקובל [1] אנו מציעים לצאת לדרך הבנת המוטיבציה מהתבוננות במנגנוני מערכת הגמול המוחית: הנאה, ציפייה לגמול, רצון, והנעה, וכן מהתבוננות בבסיס העיצבי של מסלולי הגמול השונים במוח ובכיתה.** המאמר שזור בדוגמאות נירו-פדגוגיות רבות.

\*\*\*

**מוטיבציה היא רכיב מרכזי בחיי הנפש שלנו. היכולת להבין מה מניע את האני הפנימי שלנו ומה מניע אחרים היא יכולת רבת ערך, ומשמשת נושא מחקר מרתק בשדות ידע רבים. שדה החינוך רואה במוטיבציה פאן מרכזי וחשוב שעל המורה לשקוד על עידודו וטיפוחו, והניסיון המצטבר רב השנים מעיד שתרומת המוטיבציה ללמידה משמעותית [הרפז, 26]. מה מספקת המוטיבציה ללומד שתומך בלמידה? אילו מסלולי יצירת מוטיבציה עומדים לפני המורה בכתה מגוונת תלמידים? מדוע חשובים האתגר, מטרות ברות השגה וצחוק – בזמן הלמידה? והעיקר, איך ניתן להקטין את התלות במילה הגדולה "מוטיבציה" ולפרקה לפרקטיקות כלליות בנות השגה, גם בכיתה מגוונת תלמידים?**

המאמר מחולק ל 3 חלקים:

חלק א: נירופדגוגיה: "כסף" (כימי) מסובב את העולם: מוטיבציה ומערכת הגמול במח

חלק ב: נירופדגוגיה: לא על המוטיבציה (האישית) לבדה.... : מסלולי גמול ומוטיבציה במוח ובכיתה.

חלק ג: מה ניקח לארגז הכלים הנירופדגוגי? דוגמאות ויישומים.

**"כסף" (כימי) מסובב את העולם: מוטיבציה ומערכת הגמול במח**

**מהי מוטיבציה**.

מוטיבציה היא פעילות מוחית מכוונת מטרה. היא מניעה אותנו להתמיד ולהתרכז לאורך זמן בביצוע פעולות בדרך להשגת המטרה, ומייעלת את הלמידה. הרגשת המוטיבציה נוצרת במוח באמצעות חומרים כימיים (לדוגמה, דופאמין) שמופקים בעזרת מערכת הגמול הפנימי.

**מהי מערכת הגמול הפנימית ולמה היא מיועדת?**

בני האדם נולדים עם מערכת מתוכנתת מראש המתוכננת להנעה עצמית עצמאית: מערכת הגמול והמוטיבציה המוחית (איור 1). ללא מורה או הורה, ללא יד מכוונת, בני האדם נולדים כשקבוצה שלמה של פעולות מוגדרת במוחם כ"חשובות" "בעלות ערך", "חיוניות" ו"משתלמות". והם מונעים באופן עצמי ועצמאי, באמצעות "תשלום מוחי" של חומרים כימיים מהנים, לבצע אותן. למידה היא אחת מהפעילויות האלה. גם אכילה, מין, התנהגות חברתית, פעילות גופנית, ואפילו שינה – מוגדרות במוח כחיוניות. [[1]](#footnote-1).

המערכת פועלת בשיטת המקל והגזר. לגבי פעילויות חיוניות במיוחד, אם נימנע מהן - נחווה כאב פיזי או נפשי, אם נעשה אותן - נזכה בתשלום פנימי. התשלום על הימנעות מכאב, והתשלום על סיום משימות ובצוע מעשים משולמים במוח במטבע "עובר לסוחר" [[2]](#footnote-2) של חומרים כימיים החיוניים לפעילותו וגורמים לנו הנאה או מסייעים לנו לבצע פעולות מסוימות זמן ארוך יותר ובאופן יעיל יותר. אנחנו חווים "תשלום" כימי זה כהרגשת חיוניות, רצון לביצוע, כוח (נפשי) ומוטיבציה.

**סיכום ביניים:** **המוח מתגמל אותנו וגורם לנו הרגשת הנאה וכוח נפשי, בתמורה לביצוע מעשים שונים, באמצעות חומרים כימים. אנחנו מקבלים אותו חומר כימי מהנה ומועיל כתוצאה ממעשים ומאינטראקציות בין אישיות שונות.** צלחת (אוכל) והצלחה גורמים לנו הנאה. כשאנחנו נעים – נעים לנו. וכשאנחנו זוכים לאישור על מעשינו, אנחנו מאושרים.... כל הפעולות האלה מזכות אותנו בתשלום מוחי מהנה ומועיל ממערכת הגמול הפנימית שלנו. בהמשך נדון איך מורים יכולים לנצל מקורות גמול ומוטיבציה שונים, שמעניקים אותה תחושת הנאה, חיוניות וכוח נפשי, גם בכיתה מרובת תלמידים.

**איך נוצרת מוטיבציה?**

**מוטיבציה נוצרת מציפייה לקבל תשלום כימי מהנה או מספק על ביצוע משימה.**

מוטיבציה נוצרת במערכת הגמול באמצעות תהליך בחירה שנסמך על ניסיון העבר. מטבע הדברים איננו יכולים לבצע את כל הפעילויות המתחרות על משאבינו המוחיים ותשומת הלב שלנו, בו זמנית. ולפיכך קימת במוח מערכת שלמה וחיונית, מערכת הגמול, הרצון והמוטיבציה [**6-10**] שבוחרת ומחליטה על סמך שיקולי עלות-תועלת פנימיים המשתנים מאדם לאדם, מה לעשות . תפקידה לשקלל בכל רגע נתון את הצרכים השונים, את דחיפותם, חשיבותם, ואת הגמול הצפוי מביצועם. המערכת פועלת ללא מודעותינו, ומקבלת במקביל קלטים ו"בקשות" פעולה מאזורים רבים ושונים במוח, מהם היא מושפעת ועליהם היא משפיעה (איור 1). משבוצע השיקלול, והובאו בחשבון יחסי עלות-תועלת (פנימיים), תפקידה של מערכת מעניינת זו להחליט איך לפעול ובמה לבחור, ולספק לנו מראש, ב"אשראי" - חומרים כימיים שיעזרו לבצע את הפעילות בדרך למטרה שנבחרה. לכן, לפעמים תלמיד יעדיף לשבת בכיתה ולבהות בלוח במקום להקשיב למורה. המאמץ גדול מדי והגמול הפנימי **הצפוי** קטן מדי. הוא ומוחו (הלא מודע) ממילא אינם מצפים להבין, לזכות ביחס טוב, או להנות...

**כמה אשראי כימי ו"מימון ביניים" לשחרר לכל תהליך שנבחר – קובעת מערכת הגמול בעזרת מערכת הציפיות הפנימית, שמסתמכת על נטיות מולדות וניסיון העבר**. ניסיון עבר מוצלח ומהנה גורם לנו ל "מוטיבציה גבוהה", ולהיפך.

מערכת הציפיות לגמול מרכזית בחיינו. אם הציפיות גבוהות ממה שהתקבל בפועל בעקבות הביצוע, יש ירידה ברמת הדופאמין בסיום המשימה, ואנחנו חשים הרגשת אכזבה (כגודל הציפייה, גודל האכזבה). אם הציפיות של מערכת הציפייה לגמול נמוכות, ובפועל שוחרר יותר דופאמין ממה שצפתה המערכת, אנחנו חשים הרגשה נעימה, אנחנו "מופתעים לטובה". ואם קיבלנו את מה שמוחנו צפה מראש, אנחנו לעיתים ... משתעממים, אין תוספת או ירידה בכמות הדופאמין ששוחררה לפני ואחרי ההגעה למטרה**10**] ] **וכך אנחנו מונעים לחפש גרויים חדשים ואתגרים חדשים** עבורם מערכת הציפיות אינה יודעת לצפות מראש מה הגמול הצפוי, ובהם יש סיכוי לגמול גבוה, מפתיע, ומהנה.

**מה ניקח לארגז הכלים הנירופדגוגי:**

הדופאמין מסייע ללמידה, מגביר ריכוז, ומאפשר התמדה ללא שעמום [**27**]. הוא מספק "כוח נפשי". והנקודה שיש לזכור היא שניתן לקבל אותו ממקורות שונים: למידה, פעילות גופנית, צחוק, אינטרקציה חברתית, כסף, כבוד, עזרה הדדית, יחס אישי ..., וגם הגעה למטרה וסיום משימה, כל אלה משחררים במוח (בכמויות שונות) את אותו "מטבע כימי" שימושי : דופאמין.

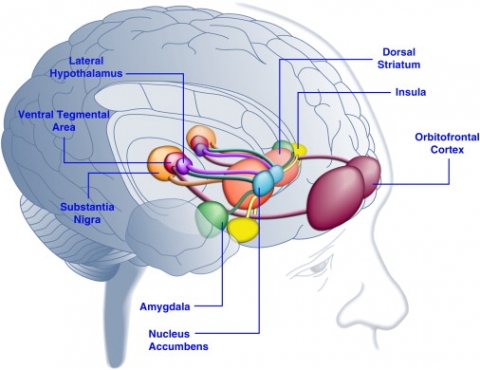
המוטיבציה חשובה כי היא יכולה לספק דופאמין עבור מטרה ארוכת טווח, מראש, לפני שפעלנו. שיחרור מוקדם זה יכול לשמש למוח כמיקדמה על חשבון ביצוע, או כ"אשראי כימי" ו"מימון ביניים" ארוכי טווח.

**אולם,**

**בהעדר מוטיבציה אישית מיוחדת: שעור קשה ניתן לחלק למקטעים קלים, קצרים, ובריי השגה יותר, לערוך הפסקות תדירות יותר לחידוש המלאי כימי הנחוץ לפעילות המוחית, ולגוון בפעילויות קלות, מהנות ומוכרות יותר, כאלה שאינן דורשות השקעה רבה (צחוק, פעילות או התנסות גופנית, פעילות חושית, פעילות מוכרת היטב – "אוטומאטיות"). כאלה המניבות מהר יותר, גמול כימי גדול יותר מההשקעה בהם.** באופן כזה ניתן להשתמש ברצף התקבולים הכימיים מתתי המשימות, כמניעים פשוטים ומעשיים, ללא קשר לרמת המוטיבציה האישית של הלומד.

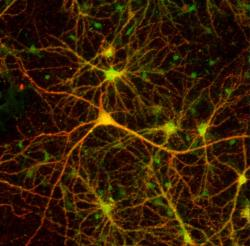
שימושי לזכור שקל לזהות מתי המערכת המוחית שלנו ביתרה כימית חיובית: כאשר אנחנו שמחים ונהנים – העתודות הכימיות הגמוליות שלנו חיוביות, ואז אנחנו גם לומדים טוב יותר. לכן מילה טובה, יחס אישי וחיוך יכולים לעיתים לעזור פי כמה מהטפת מוסר ארוכה.

**לסיכום:** **מוטיבציה מכוונת למטרה ארוכת טווח ובעלת ערך פנימי-אישי, נשענת על ציפייה לגמול מוחי מהנה וחיוני, ומספקת לנו מראש: "reward, reward, reward".** ואת הגמול המוחי הזה ניתן לקבל בכיתה מרובת תלמידים באמצעים שונים.



איור 1: מערכת הגמול במוח מרכזית לקיומנו. באיור ניתן לראות את חלקיה העיקריים: הנאה, רצייה, וציפיה לגמול כימי, וכן את הקשרים העיקריים שלה עם מערכות הרגש, הבקרה (המודעת והלא מודעת), התנועה, המערכת הפרוצדוראלית, מערכת ממסר החושים, ומערכת יצור הדופאמין שמושפעים מפעילותה ומשפיעים עליה. האיור ממחיש את מיקומה האנטומי, במרכז במוח. מיקום זה מאפשר לה תקשורת נוחה ויעילה עם חלקי המוח השונים שכפי שרואים באיור, מקיפים אותה סביב סביב, ותואם את מרכזיותה וחיוניותה לקיומנו כבני אדם וכיצורים חיים.

איור מספר 1 מציג את מערכת הגמול באופן סכמתי, אבל חשוב לזכור, כל אחד מחלקי מערכת הגמול בנוי בצורת רשת נוירונים, ובניגוד לציור הסכמתי, הם מחוברים בינהם במערכת קשרים ענפה עם מסלולים רחבים או צרים, מהירים יותר או פחות, מעין רשת דרכים עליה נוסעים מסרים כימים או חשמליים, (ראה איור 2) ולפיכך, אצל אנשים שונים התפתחו על סמך מבנה ונטייה מולדת, ובעקבות התנסויות במהלך החיים, הדגשים וקשרים שונים, אצל אחדים הדגש והמניע הוא הנאה הדונית, אצל האחר הדגש הוא על רציה הנשענת על הרציו, אצל אחד הקישור חזק יותר למערכת הריגשית אצל השני ההדגשים והמסרים העיקריים המגיעים למערכת הגמול מגיעים מרשתות נוירונים המגיבות למקובלות חברתית, ואילו האחר מקבל גמול חזק יותר וזרם חומרי גמול מפעילות גופנית או אתגר פיזי, או להבדיל, מאתגר קוגניטיבי [**8-14**]. המבנה הלא קופסתי של חלקי המוח גורם לכך שאנחנו שונים זה מזה מהותית וערכית, אל לנו להניח שהאחר עושה כך וכך בגלל מניע כזה או אחר שמתאים לדרך חשיבתנו האישית ולמערכת הגמול האישית שלנו. או יותר מזה, אל לנו להניח שאם נסביר לאדם אחר הוא יאמץ חיש קל את ערכיינו והשקפתנו על העולם. לכל אדם יש את המפה המנטאלית והערכית שלו ורק התנסות ארוכה ומשמעותית, לאורך זמן, יכולה לשנות אותה מעט. המגוון אם כך קיים, ועם כל המגוון הזה על המורה להתמודד....



איור 2 : המוח אינו בנוי מקופסאות או מחלקים סכמתיים קשיחים, אלא מרשתות מקושרות של תאי מח - רשתות נוירונים, המשתנות, מתפתחות, או מתנתקות, על פי שימוש, או אי שימוש. אצל אנשים שונים יש קבוצות נוירונים בעלי תפקידים דומים, אבל לכל אדם יש את המפה המוחית האישית שלו, עם ההדגשים, המסלולים מרובה התנועה, בהם נעים זכרונותיו ורצונותיו האישיים, ווהמסלולים בהם מחשבותיו ורצונותיו אינם נוסעים כלל. לשם המחשה, במרכז האיור , רשת נוירונים במוח, עליה "נוסעים" מסרים חשמליים וכימיים, , משני צידיה: ממפות תחבורה ורחובות של העיר לונדון בלילה. להרחבה ראה [[2.

**חלק ב:**

**לא על המוטיבציה (האישית) לבדה.... :**

**מסלולי גמול ומוטיבציה במוח ובכיתה**

**מוטיבציה מכוונת למטרה ארוכת טווח ובעלת ערך פנימי-אישי, נשענת על ציפייה לגמול מוחי מהנה וחיוני, ומספקת לנו מראש, באמצעות מערכת הגמול הפנימית : "reward, reward, reward" (ראו חלק א).** את הגמול המוחי הזה ניתן לקבל בכיתה מרובת תלמידים באמצעים שונים.

**באיזה מאפיינים של מערכת הגמול יכול המורה להשתמש בבית הספר?**

המעגלים הבסיסיים של מערכת הגמול המוחית מוקדשים להנעה למעשים חיוניים להישרדות היחיד והקבוצה. הם גורמים לסיפוק, ומפעילים את מרכזי ההנאה במוח כגמול על ביצוע מעשים מחווטים מראש. הנאה מאכילה, והנאה מקיום יחסי מין הם חלק ממעגלים בסיסיים אלה. כאשר אדם שבע – השפעתם בדרך כלל קטנה יותר, וממילא הרלוונטיות שלהם לענייננו, אם בכלל, עקיפה.

מהם אם כן האלמנטים הנוספים שיכולים לספק לנו גמול פנימי ובהם יכול המורה להשתמש בכיתה?

באופן כללי עומדים לפני המורה שני מסלולי הפעלת גמול אפשריים[[3]](#footnote-3) :

מסלול אחד הוא **המסלול האישי-יחידני:** הנאה מהלמידה עצמה, יצירת הקשרים במוח, הבנה, אותה הרגשת "האאה" נעימה כשלפתע התמונה מתבהרת, התגברות על אתגר וקושי בר השגה, הגעה למטרה, סיום משימה. כל אלה גורמים למוח לשחרר חומרים כימיים מספקים במערכת הגמול, ומגבירים רצון ומוטיבציה לבצעם שנית. רמת ההנאה מכל אחת מהפעילויות האלה בפני עצמה סוביקטיבית, ואינה תלויה באופנה חולפת אלה במוחו האישי של הלומד.

מסלול שני הוא **המסלול הבינאישי-חברתי**, הנסמך על מעגלי ההתייחסות לחברה, רשתות נוירונים שמתגמלות על קשרים חברתיים, מעמד חברתי, הזדהות אם האחר, ואינטראקציה עם הזולת. מעגלים אלה חשובים לשרידתנו כי סיכויי ההישרדות גבוהים יותר בתוך קבוצה מאשר באופן יחידני וכוחם והשפעתם בחיי היום יום בעולמנו המודרני גדולים מאד.

מערכת החינוך שואפת להפעיל את המוטיבציה תוך שימוש במסלול הראשון, זה המונע מחדוות הלמידה, התגברות על אתגר, והנאה מחידושים. בפועל, המערכת עושה שימוש רב במעגלים גורמי ההנאה וההנעה – השייכים לקבוצת גורמי ההנעה החברתיים: ציונים, תחרות, מחמאות, מחיאות כפיים, מעמד חברתי, שמירה על שם טוב, הבטחת סיכוי למקצוע מכובד ומשתלם כלכלית – כל אלה הם חלק אינטגראלי מארסנל הכלים בו עושים המורים שימוש, חלק אינטגראלי מכלכלת הגמול החברתי המפעילה את בתי הספר.

**ציונים, מחמאות וכסף.**

מחקרי מוח מדגימים ומאשרים את הידוע לנו מניסיוננו, הנאה מידית אינה תנאי הכרחי לכך שנרצה לעשות דבר מה, או שנבחר בדרך פעולה מסוימת. מערכת העונג במוח נפרדת ממערכת הרצייה, ואנחנו יכולים לדחות סיפוקים מידיים ולרצות לעשות משהו שאינו מענג על מנת להשיג משהו אחר בו אנחנו חפצים **[7**]. וכך, אנשים עובדים בשביל כסף, ותלמידים רבים עובדים עבור "גמול חברתי": ציונים, שבחים, מעמד טוב בכיתה, ועוד סיבות מסיבות שונות. "כלכלת הגמול החברתי" בבית הספר עובדת על פי כלל פשוט: עשה משהו שאני רוצה ותקבל ממני משהו שאתה רוצה. למד את השעור ותקבל שבח, ציון טוב, שם טוב, מקובלות חברתית, יחס טוב מהמורה. לא תבצע את הנדרש – ירד מעמדך. (התמונה כמובן מורכבת יותר, בעיקר בחברה המורכבת מאינטראקציות חברתיות מפותחות בין התלמידים לבין עצמם).

השימוש התדיר בבית הספר ב"כלכלת הגמול החברתי" מרמז ששיטה זו נמצאה יעילה וזמינה דייה כדי שלא תכחד[[4]](#footnote-4). אולם יש לזכור את הסכנה הגלומה בשיטה זו. מחקרי מוח מגבים את מה שאנחנו מכירים מניסיוננו: שיטה זו יכולה להכחיד את חדוות הלמידה, ולמנוע התפתחות המניע העצמי העצמאי. נראה ששני מסלולים אלה עשויים להפריע זה לזה: הגמול הפנימי הנסמך על הנאה ישירה מהמעשה עצמו (נגינה, למידה, אכילה), והגמול הנסמך על אינטראקציה עם אחרים - אינם מספקים גמול במידה שווה, אינם נשענים על אותן רשתות נוירונים (החפיפה בינהם חלקית) [**21**], ומובילים למסלולי התנהגות שונים. לפיכך, מחמאות, ציונים, ובעיקר: פרס כספי על הצלחה בלימודים ראוי שיעשה בהם שימוש עדין ומושכל.

**על כוחה וחסרונה של שיטת הגמול החברתי, המחמאה והתשלום ניתן ללמוד מהניסוי הבא:**

במחקר שערכו מורימה ועמיתים **[21**], נערכה השוואה ונבדקה השפעת הגומלין בין כוחה של הנאה ישירה ממשחק מאתגר, לעומת כוחו של תגמול הנשען על מעגלים של אינטראקציה חברתית (כסף).

במחקר נערכה השוואה בין ההתנהגות ופעילות המוח של משתתפים במשחק מחשב תחת תנאים שונים. משתתפי קבוצה אחת קיבלו כסף על עצם ההשתתפות בניסוי. משתתפי הקבוצה השנייה קיבלו כסף על פי הצלחתם במשחק. כל הצלחה, זיכתה אותם בתוספת כסף.

החוקרים גילו כי משתתפים שקיבלו שכר על השתתפות בניסוי, ללא קשר לביצועים שלהם במשחק, המשיכו לשחק בו להנאתם גם בהפסקה. לעומת זאת, משתתפים שקיבלו כסף על סמך הביצועים שלהם במשחק לא שיחקו בו להנאתם בהפסקה.

תמונת הפעילות של מוחות המשתתפים בניסוי נותנת כיוון שיכול להסביר את התנהגותם: הסריקה מראה שמתן הגמול הכספי על הביצועים עורר במוחם של המשתתפים שזכו בו פעילות גדולה משמעותית מזו שהתגלתה במוחם של אלה ששיחקו להנאתם. אולם בשלב השני של הניסוי, בו שיחקו משתתפי שתי הקבוצות במשחק ללא גמול כספי על הביצועים, המשיכו חברי הקבוצה הראשונה לקבל גמול כימי במוח, ומוחם גילה פעילות ערה באזור הגמול הרלוונטי, ואילו אזור הגמול הרלוונטי במוחם של חברי קבוצה 2, אלה שהתרגלו לגמול כספי וציפו לו, לא גילה כלל פעילות. לא פלא שלא המשיכו לשחק "להנאתם". בהעדר התמריץ בגודל אליו הורגלו – הם לא נהנו!

הניסוי מדגים אם כך שכסף יכול בתנאים מסוימים לתגמל את המוח יותר מהנאה ישירה ממשחק. מה מקור כוחו והשפעתו של הגמול הכספי? מחקרי מוח מגלים שתשלום כספי על ביצוע משימה, מפעיל במוח מעגלי גמול המגיבים לאינטראקציה חברתית, כמו מעמד חברתי, ומוניטין [ **11-12**] וכוחם של אלה במערכת הגמול והמוטיבציה - רב.

כוחה הגדול של מוטיבציה המונעת מאינטראקציה בין אישית מחייב אותנו למשנה זהירות. אם האדם נהנה מביצוע משימה מסוימת, אל תקלקלו לו את הכיף במחמאות. הנאתו שלמה, ומחמאות יגרמו לו להפסיק לקרוא להנאתו, ולהתרכז בציפייה למחמאה...

**הניסוי הנ"ל מוביל אם כך למסקנה חשובה: מסלולי ההנאה הישירה מפעילות ומלמידה, ומסלולי ההנאה המתגמלים אינטראקציה חברתית אינם חופפים, ובחלק מהמקרים מתחרים זה בזה, או מעמידים רף ציפיות שקשה להגיע אליו, רף המכחיד הנאה ישירה. משהתרגל הלומד ללמוד עבור תשלום מאדם אחר (מחמאה, ציון, כסף), הוא עשוי לאבד את חדוות העשייה וההנעה העצמאית, את הרצון ללמוד לשם ההנאה שבעניין.**

**נקודה זו עקרונית** לאנשי חינוך, ולבני אדם בכלל**, וכדאי להשתהות לרגע על משמעותה: למעגלים הנותנים גמול בהתבסס על אנטרקציה עם אנשים אחרים יש לעיתים עוצמת הנעה גדולה הרבה יותר מהנעה שיכול אדם להפיק מתגמול ישיר כמו אוכל, או אפילו לימודים...**

בהתחשב בכוחה הגדול של אינטראקציה חברתית והשפעתה על המוטיבציה ראוי להעלות את השאלה לגבי כדאיותו ויעילותו של מעבר בלעדי לשיטת לימוד יחידנית, תלמיד בודד מול מסך בודד, גם אם הוא מתקדם ב"קצב אישי"....., ומאידך, כוחה הגדול של מוטיבציה המונעת מאינטראקציה בין אישית פותח לפנינו דרכים רבות ומגוונות ליצירתה דווקא בכיתה מרובת תלמידים. מסלוליי ההנעה החברתית הם מספקים, מגוונים, עשירים ומרובי אפשרויות: "שם טוב", "שמן טוב", אך גם: עזרה הדדית, הזדהות, אחריות, שיתוף פעולה, ושלל המניעים שמשמחים אותנו באופן אישי ונותנים משמעות לחיינו.

**לסיכום: מחקרי מוח מדגימים שלמעגלי הגמול המתייחסים לחברה יש השפעה גדולה על המוטיבציה. אולם שימוש ברכיבים החברתיים עשוי להיות בעייתי, ועלול לקלקל את חדוות הלמידה[[5]](#footnote-5). אתגר אמיתי הוא למצוא דרכי הנעה מבוססות יחסים חברתיים, שאינן מתחרות בהנעה העצמית העצמאית ובחדוות העשייה**. קהילות חשיבה וקהילות למידה – עם הדגש על **"קהילה"**, מהוות אפשרות כזו [**22**]. שימוש ברשת האינטרנט יכולה לאפשר צמיחתן של קהילות כאלה[[6]](#footnote-6). למידה בצוותא בכולל, או למידה בקבוצות הטרוגניות בכתה בהן כל אחד תורם את כישוריו הייחודיים, לימוד משולב במשחק קבוצתי , ועזרה הדדית מהווים אפשרויות נוספות.. שימוש בטכנולוגיות מודרניות, בשילוב עם מפגשים אישיים בכיתה, ויצירה של קהילה מקוונת, רב גילאית, יכולה ליצור קהילות העוסקות בנושא מסוים ומתקדמות בו בצוותא תוך הפריה הדדית והיזון חוזר שיגבירו את המוטיבציה האישית של חבריה. מורים שישכילו בשאלותיהם, והצעותיהם, וב"מטלות" אותם הם מציעים לתלמידיהם, לכוון, לגרות, ולהשפיע על צמיחת קהילות כאלה יכולים להצמיח למידה מהנה, ולהשתמש בכוחה של הקבוצה להעלאת רמת המוטיבציה של היחיד, בלי לפגום בחדוות הלמידה.

בפרק הבא נביא דוגמאות ופרקטיקות הממחישות את האמור בפרקים הקודמים.

פרק ג'

נירופדגוגיה בפעולה: דוגמאות ויישומים

**למידה ומערכת הגמול**

מיפוי הבעיה והכלים

1. למידה במוח פרושה בניה ושינוי פיזיים של קשרים והקשרים והיא דורשת חזרות, והפסקות לאורך זמן [**2-5**], לשם כך היא זקוקה גם לחומרי גמול כמו דופאמין, שתומכים בריכוז, וגומלים לנו על עבודה בתחושת הנאה .
2. הימצאותם של חומרי גמול כמו דופאמין בזמן הלמידה חשובה, גם אם מקורם בפעילות שאינה קשורה ישירות ללמידה או לנושא השעור.
3. מערכת הגמול מתגמלת אותנו עבור ביצוע מגוון התנהגויות ופעילויות, וכן בתמורה לאנטרקציה חברתית וסיום משימות. היא מספקת דופאמין מראש, על סמך ניסיון עבר מהנה ומוצלח ממעניקה לנו בכך מוטיבציה לביצוע חוזר.
4. המוטיבציה מכוונת גם למטרות כלליות, רחוקות טווח ומסייעת בהספקת חומרים כימיים תומכי פעילות ולמידה לאורך זמן,
5. לאנשים שונים מניעים שונים ומערכת הדגשים וערכים שונה. אנשים יכולים להנות הנאה רבה מפעילויות ומעשים שונים לחלוטין. שחקן הכדורגל והרב המתעמק, הגאון המתמטי ונגן הרוק הם דוגמאות לכך. ועם כל המגוון הזה על המורה להתמודד.

**מהאמור לעייל עולה השאלה: איך יכול המורה לנצל הידע לגבי מערכת הגמול המוחי לשיפור חווית הלמידה ויעילותה? איך הוא יכול לגרום להפעלה יעילה של המוטיבציה בכיתה מרובת תלמידים עם מגוון סוגי הנעות אישיות?**

**הפרק הבא מספק דוגמאות לישומיים.**

**מה ניקח לארגז הכלים הנירופדגוגי?**

**שיטה מספר 1: שיטת הארוחה המשפחתית:**

בדומה לארוחת ליל הסדר בה מגיעים אל השולחן אנשים עם מגוון טעמים והעדפות קולינאריות, ניתן לבנות שעור כיתתי תוך הבנה שלמידה דורשת אנרגיה, ותוך מחשבה מודעת על סוגי האנשים השונים ומגוון המניעים, ואוריינטציות הגמול שלהם. כמפורט למעלה, לרשות המורה עומדים מתגמלים שונים: קוגנטיביים, חושיים, גופניים, וחברתיים, שילוב של אלמנטים מעוררי הנאה ושימחה בשעור ימלא את מחסני חומרי הגמול וההנאה ויסייע ללמידה. משקלה הרב של האינטראקציה החברתית מרובת הגוונים כמתגמלת רבת ערך – הופך אותה לרכיב שבמינון הנכון יכול להשביח כל ארוחה. מילה טובה, יחס אישי, הומור, ועידוד אינטראקציות בין אישיות חיוביות יכולים להוות מנות הערבות לחייך כל תלמיד, וערכם ללמידה גבוה מ"מנות" מרות ומרתיעות, מילות תוכחה, כישלונות פומביים, ועלבונות חברתיים שימנעו מהתלמידים לגשת בפעם הבאה לשולחן. תבלינים כמו תחרות וציונים פומביים, יכולים לצרוב את חיכם של תלמידים רבים: כל אלה שהסיכוי שלהם לנצח בתחרות אפסי [**24**]. חלוקת השעור למנות קטנות יותר, עם הפסקות נאותות בינהן, יכולה לסייע לעיכולו, ולאפשר לסועדים להנות מטעמה של כל מנת למידה בנפרד.

**שיטה מספר 2: שיטת המשחק רב הפנים (gamefication)**

שיטה חדשנית בתחומי דעת רבים אך מוכרת בשדה החינוך היא למידה באמצעות משחק. להרחבה ניתן לקרוא ב: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gamification>. הרעיון הוא להשתמש בעקרונות מתחום יצירת המשחקים ומשחקי תפקידים ללימוד כל נושא בחיינו – מהתגברות על דחיינות של סידור סידורים ועד מציאת פתרונות עיסקיים.

בבתי הספר ניתן להשתמש במשחק המביא לביטוי מגוון תחומי ידע וכישורים, כזה המציב לתלמידים בעיה אמיתית או סימולציה לבעיה אמיתית מחיי היום יום שטיבעה, כטבע הדברים האמיתיים, מרובה פנים ואפשרויות גמול... [**22**].

דוגמה מבית ספר אמריקאי: במסגרת הלימודים בכיתה ד", נכלל במשך סמסטר שלם משחק העיר בו מוטמעים לאורך זמן עקרונות של אינטראקציה חברתית דמוקראטית, חיי קהילה, עקרון העבודה (קפיטאליזם...), חשבון, חשבונאות, ההרגל לשלם מיסים (!), כתיבת פרסומות, שיתוף פעולה והחלפת ידע וכישורים בין התלמידים. חברי הכתה יוצרים ביחד עיר. כל תלמיד בוחר לעצמו מקצוע בו הוא רוצה ויכול לתרום מכישוריו לקהילה ולהתפרנס. התלמידים מתנסים בניהול חשבונות, חישוב הוצאות והכנסות, פגישות של חברי העיר לדיון דמוקראטי בחוקים החברתיים והכלכליים של העיר, יוצרים ומביאים מכישרונותיהם ומוכרים זה לזה את התוצרים (יצור צמידים, הופעות נגינה, הקמת אתר אינטרנט פירסומי לחברי העיר, מתן שעורים בהקמת אתר אינטרנט לאחרים, מאפייה, אורגמי, מכירת ספרים משומשים ועוד). לעיר יש גזבר, ראש עיר, וכסף פנימי המשמש לסחר. הכללים אוסרים על שימוש בחומרים המובאים מהבית אלא אם שילמת עליהם להורים בעבודה (רחיצת מכונית, שטיפת כלים, וכולי – הטמעת הקפיטאליזים – כבר אמרנו?). אינדיקציה להצלחת המשחק היא שהתלמידים ממשיכים לשחק בו ולחשוב עליו גם בהפסקות. (לאתר העיר שהוקם על ידי תלמיד: [http://yuvaldlv.wix.com/golden-valley#](http://yuvaldlv.wix.com/golden-valley)!). חסרון בולט של המשחק הספציפי: הקישור החזק לכך שעל כל פעילות יש דרישה לתשלום וכך מוטמעת התנהגות שאינה מעודדת אינטרקציה חברתית ושיתוף ללא גמול כספי.

**דוגמה לגישה משחקית רבת פנים בלימוד גאוגרפיה: המטרה: להכיר את היבשות על כדור הארץ, ימים ואוקינוסים, ומספר מדינות בעולם, מערכות אקלים ועוד.** נעשה שימוש בעקרונות המוכרים ממשחקי תפקידים**:** הילדים מחולקים לקבוצות. כל קבוצה עורכת מסע גאוגרפי העובר בכמה ארצות ומקבלת משימות לגבי המקומות בהן היא עוברת. כדי לחקור ולהתקדם במשחק על הקבוצה לבצע את המשימה ובתמורה היא מקבלת "כוחות" או "יכולות" שיכולות לעזור לה להתקדם במשחק ולהגיע .... למשימה הבאה. המשימות מביאות לידי ביטוי מגוון של כישורים: אקדמאיים, אומנותיים, חברתיים וכו. קבלת נקודות מאפשרת "לקנות" כלי עבודה, או חפצים שיעזרו במסע. יש אלמנטים של מזל – משיכה של קלף מזל שיכול להעלות נקודות או להוריד נקודות, להוסיף חפצים, או להורידם, להיתקל בהרפתקה: פגשתם בשודד ים בשירטון, או בסופה. ולפעמים הספינה טובעת, ויש צורך לחזור ליבשה ולהתחיל את המסע מכיוון אחר. קיים אלמנט של תחרות בין הקבוצות שמוסיף "פילפל", אבל מרוכך מאד בגלל אלמנט שיתוף הפעולה בין חברי הקבוצה.

**שיטה מספר 3:** שימוש מודע בשיטה החשבונאית.

**קיצור השעור והעלאת היחס בין השקעה לגמול**

שימוש בשיטה שמבטיחה גמול קטן רציף ככל האפשר לאורך השעור כולו. חלוקה של השעור לתתי חלקים קצרים. מתן הפוגות לרענון המלאי הכימי, הצבת מטרות קצרות טווח, שילוב תרגול עצמי רב תוך כדי השעור. עידוד מתמיד ומשוב חיובי באופן תדיר. חיבור תמידי לידע קיים, שהפעלתו מספקת גם היא גמול כימי.

אפשר לדמות את השימוש בשיטה הזו לאדם ההולך בדרך (המחשבה) עם בקבוק מים, ולכל אורכה שותה ממנו בלגימות קטנות. (בניגוד לשיטה של הליכה רציפה וארוכה ושתייה של הבקבוק כולו רק עם ההגעה למטרה).

הדגמה לשיטה זו ניתן לראות באתר המכוון ללמידה עצמית ומשמש כאוניברסיטה מקוונת udacity.com . האתר מציג מודל חדש ואינטראקטיבי ללמידה מקוונת. מבוסס על הסבר קצר ושאלה או מטלה מאתגרת כל 2-3 דקות + משוב באוריינטציה חיובית. גם האתר המוצלח של Khan Academy מספק שעורים על מגוון רחב מאד של נושאים, עתיר אמצעים ויזואליים ומקפיד על שעורים קצרים ויעילים: עשר דקות בלבד לשיעור.

**שיטה מספר 4:** שימוש במרכיבי גמול חברתיים, שיטת הצבעה של חברים, וניקוד אישי פרטי.

השיטה נמצאת בשימוש בקהילות מקוונות. התחילה בשיטת ה "לייק" פורצת הדרך בפייסבוק, ומהותה תומצתה בהצלחת אפליקציית האינסטגרם ברשת - שהדגימה: **אנשים כמהים למשוב חיובי מאחרים ולאינטראקציה שיתופית.**

דוגמה לשימוש לימודי מקוון בשיטה זו: - <http://stackexchange.com/> מערכת מומחים וקהילה מקוונת בת מיליוני אנשים שחוברים לקהילת שאלות ותשובות לפי נושא. המומחים שעונים על השאלות זוכים על פי טיב תשובתם ל upvotes (בדומה ל"לייקים" ) ממשתתפים שנעזרו בתשובתם. הצבעות חברי הקהילה מעלות את ניקודם האישי (המוניטין המקצועי) של פותרי השאלות והם זוכים למדליות הצטיינות אישיות. המערכת מעודדת את המשתמשים למשוב חיובי. הצבעה שלילית על מתן תשובה של אחר מורידה נקודות משני השחקנים. השיטה יכולה להיות יעילה לדירבון תלמידים חזקים להעמקה ולמידה עצמית (מומחים), ומשאירה כוח והשפעה גם לנעזרים ש"חורצים" את גורל תשובת האחרים. השיטה מזכירה למשתתפיה משחק מחשב. שאלה למחשבה היא איך ניתן לנצל את העקרונות הנ"ל ואת שיטת ה"לייקים" האפקטיבית במסגרת כיתה. באופן אישי נשמח לשמוע כל רעיון בית סיפרי ישומי בנושא[[7]](#footnote-7).

**חזרה לנקודת ההתחלה וסגירת מעגל**

חזרנו לנקודת ההתחלה. **למידה במוח דורשת בניית ידע והטמעתו, בניית קישוריות ורשתות נוירונים**. ככזאת, היא דורשת חזרות מגוונות, מרווחות בזמן, לאורך זמן [**2-5**]. ראוי לכן להדגיש, המערכים המוצעים למעלה אינם מהווים תחליףלצורך ביצירת בסיס ידע במוחו של התלמיד. אך **המשחק, ההנעה החברתית, חדוות הלמידה וחדוות העשייה המשותפת, חלוקה לתתי משימות, צחוק ויחס אישי - הם עזרים מספקי גמול מוחי** ואנרגיה כימית מוחית שמקלים ומסייעים לתהליך הלמידה.

אמנם מוטיבציה אינה מהווה תחליףלפרמטרים העומדים בבסיס השיטה השמרנית: **חזרות, הפסקות, רוחב יריעה, וזמן הטמעה**. אולם הבנת עקרונות מערכת הגמול במוחנו יכולה להוסיף מימד ועומק לצורך האנושי בגיוון, אתגר, הליכה מהקל לכבד בצעדים מתאימים, והצורך האנושי במטרות בנות השגה, יחס אישי, צחוק והנאה גם בשעור הרציני ביותר.

לסיכום:

הכרה ומודעות לרכיביי, מנגנוניי, ומסלולי מערכת הגמול והמוטיבציה במוח יכולה להעשיר את חיינו והבנתנו את עצמנו והסובבים אותנו במגוון של מערכות חיינו. תפקידו ומעמדו של המורה כמחנך, מדריך, ומורה דרך, מציבים אותו בצומת ייחודית של אינטראקציה אנושית, והוא מתמודד עם הצורך להניע אחרים למטרותיו החינוכיות מדי יום ביומו ומידי שעה ושעור. לצד האחריות מאפשר מעמד זה למורה להתנסות ולחקור את מערכת הגמול והמוטיבציה האנושית, להשוות בין כוחם של מתגמלים שונים לגבי תלמידים שונים, להתבונן בעיניים סקרניות על מגוון התלמידים, ולהפנים בצורה עמוקה ועשירה בדוגמאות חיות את משמעות ההיותו של המוח ריקמה חייה, בעלת מבנה מוכתב עקרונות ויעדים משותפים, אך שונה ומשתנה מאדם לאדם.

**תודות:** ברצוננו להודות לבעז, טל, רוני, גיא, מרב אסתר ומירלה שעזרו ובהערותיהם, שאלותיהם, ודוגמאותיהם להתוויה וגיבוש מאמר זה . לדנה ברין, אורלי מורג, תמי בר שליטא, פנינה אלבין, תמי קרן, עדינה מאיר וגילמור קשת שהציגו שאלות, קראו, הגיבו, ועזרו לחדד שאלות ונקודות דורשות הבהרה. תודה לחברים מ"אבן דרך", ששאלותיהם שלחו אותנו לחפש ידע, וגרמו לנו לחשוב על תשובות.

מקורות

1. יורם הרפז (2011) "הנעה ללמידה" ראיון עם פרופסור אבי עשור. הד החינוך כרך פ"ה, גליון 07, עמודים 50-56 אוגוסט 2011

2. אהוד נורי , יעל עדיני , אבי קרני . "שפה חדשה : צעד לקראת פדגוגיה מונחית מוח," [**הד** החינוך, אוקטובר 2009](http://www.itu.org.il/Index.asp?ArticleID=14234&CategoryID=1552&Page=1) , כרך פ"ד , גליון 01 42- 45 .

3. יעל עדיני, אהוד נורי, אבי קרני. **"ניורו-פדגוגיה – קווי מתאר ללמידה"** פורטל מס"ע 4.08.11 <http://portal.macam.ac.il/ArticlePage.aspx?id=4146> (2011)

4. יעל עדיני, אהוד נורי, אבי קרני. "חוקי למידה ומנגנוני השתנות במוח הביולוגי" (2011) פורטל מס"ע, 20.11.11 <http://portal.macam.ac.il/ArticlePage.aspx?id=4423>

5. . יעל עדיני, אהוד נורי, אבי קרני. "נירופדגוגיה – מנגנוני למידה במוח" (2011) פורטל מס"ע 20.11.11 <http://portal.macam.ac.il/ArticlePage.aspx?id=4422> . Berridge KC (2004)

6. Berridge KC. (2004) "Motivation concepts in behavioral neuroscience

Physiology & Behavior 81 (2004) 179– 209

7. Berridge KC, Robinson TE and Aldridge JW " **Dissecting components of reward: ‘liking’, ‘wanting’, and learning". Current Opinion in Pharmacology** 9:65–73 (2009)

8. Schultz W, Dayan P, Montague PR **(1997)**

**"A Neural Substrate of Prediction and Reward"** SCIENCE 275(5306):1593-9

9. Biederaman I., Vessel E. (2006) "**Perceptual pleasure and the brain"** , American scientist, Vol 94. 249-255.

10. [Cohen JY](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Cohen%20JY%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22258508), et al. (2012) "**Neuron-type-specific signals for reward and punishment in the ventral tegmental area**". [Nature.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Cohen%20JY%2C%20Haesler%20S%2C%20Vong%20L%2C%20Lowell%20BB%2C%20Uchida%20N.)  18;482(7383):85-8.

11. [**Zink CF**](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Zink%20CF%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439411) **et al. (2008)**

**"Know your place: neural processing of social hierarchy in humans"**. [Neuron.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed/18439411) ;58(2):273-83

12. [Izuma K](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Izuma%20K%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439412), [Saito DN](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Saito%20DN%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439412), [Sadato N](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Sadato%20N%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439412).(2008)

**Processing of social and monetary rewards in the human striatum.**

[Neuron.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed/18439412)  Apr 24;58(2):284-94

13. [Kim H](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Kim%20H%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20732900), [Shimojo S](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Shimojo%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20732900), [O'Doherty JP](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=O'Doherty%20JP%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20732900).(2011)  **"Overlapping responses for the expectation of juice and money rewards in human ventromedial prefrontal cortex".** [Cereb Cortex.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed/20732900);21(4):769-76.**.**

14. [Cohen JY](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Cohen%20JY%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22258508), et al. (2012) "**Neuron-type-specific signals for reward and punishment in the ventral tegmental area**". [Nature.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Cohen%20JY%2C%20Haesler%20S%2C%20Vong%20L%2C%20Lowell%20BB%2C%20Uchida%20N.)  18;482(7383):85-8.

15. F. McNab , A. Varrone, L. Farde, A Jucaite, P. Bystritsky, H. Forssberg, T. Klingberg (2009) Changes in cortical dopamine D1  receptor binding associated with cognitive training. [Science.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Changes%20in%20Cortical%20Dopamine%20D1%20Receptor%20Binding%20Associated%20with%20Cognitive%20Training) ;323(5915):800-2

16. H. Takahashi1, M. Yamada2, T. Suhara2 (2012)

**Functional significance of central D1 receptors**

**in cognition: beyond working memory**. Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism 32, 1248–1258

17. [Kim H](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Kim%20H%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20732900), [Shimojo S](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Shimojo%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20732900), [O'Doherty JP](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=O'Doherty%20JP%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=20732900).(2011)  **"Overlapping responses for the expectation of juice and money rewards in human ventromedial prefrontal cortex".** [Cereb Cortex.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed/20732900);21(4):769-76.**.** דופאמין, מטבע משותף.

18. [**Zink CF**](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Zink%20CF%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439411) **et al. (2008)**

**"Know your place: neural processing of social hierarchy in humans"**. [Neuron.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed/18439411) ;58(2):273-83 היררכיה חברתית וגמול

19. [Izuma K](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Izuma%20K%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439412), [Saito DN](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Saito%20DN%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439412), [Sadato N](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Sadato%20N%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=18439412).(2008)

**Processing of social and monetary rewards in the human striatum.**

[Neuron.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed/18439412)  Apr 24;58(2):284-94

20/ [Lin A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Lin%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21427193), [Adolphs R](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Adolphs%20R%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21427193), [Rangel A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Rangel%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21427193) (2012)"

[**Social and monetary reward learning engage overlapping neural substrates".**](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed/21427193)

Soc Cogn Affect Neurosci.;7(3):274-81.

21. [Murayama K](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Murayama%20K%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21078974), [Matsumoto M](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Matsumoto%20M%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21078974), [Izuma K](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Izuma%20K%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21078974), [Matsumoto K](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Matsumoto%20K%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21078974).(2010)

**Neural basis of the undermining effect of monetary reward on intrinsic motivation.**

[Proc Natl Acad Sci U S A.](http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezp-prod1.hul.harvard.edu/pubmed?term=Neural%20basis%20of%20the%20undermining%20effect%20of%20monetary%20reward%20on%20intrinsic%20motivation)  , 107(49):20911-6

22. הרפז יורם, "הוראה ולמידה בקהילת חשיבה", בתוך, הרפז (עורך), הוראה ולמידה בקהילת חשיבה: בדרך לבית ספר חושב, מכון ברנקו וייס, ירושלים, 2000, עמ' 31-6

.

23. אבי קפלן ואבי עשור מוטיבציה ללמידה בבית הספר – הלכה ומעשה (2001). מתוך "חינוך החשיבה" 20, בנושא "הנעה ללמידה: תפיסות חדשות של מוטיבציה", הוצאת מכון ברנקו וייס, עמודים 15-35.

24. לאבוי ריצ'ארד ( 2008 ) פריצת דרך במוטיבציה. 6 סודות שיעוררו מוטיבציה אצל ילדכם. אמציה הוצאת ספרים. חיפה.

25. ורטמן מעין, גרינהאוס ליאון וישראלי דוד, הנעה פנימית (Intrinsic Motivation): כיוון חדש להבנה וטיפול בסכיזופרניה ? עתיד להופיע בכתב העת "רפואה".

26. הרפז יורם "מוטיבציה מוטיבציה מוטיבציה" הד החינוך. ספטמבר 2011.

27. R.A. Wise (2004) **DOPAMINE, LEARNING AND MOTIVATION**; Nature review neuroscience. Vol 5, : 1-12.

.

1. על מערכת הגמול הפנימית וחלקיה: הנאה, רצייה וציפיה לגמול פנימי , ראו [**6-10**]. [↑](#footnote-ref-1)
2. "עובר לסוחר" משמעו כאן – בעל ערך ושימוש מגוון, כמו כסף , אותו סוג חומר כימי ("מטבע") יכול להתקבל במוחנו כגמול עבור פעילויות שונות, ויכול לשמש לצרכים מוחיים בפעילויות שונות. **[ [13-14, 17-20** [↑](#footnote-ref-2)
3. בספרות מקובל לחלק את סוגי המוטיבציה לשניים: "מוטיבציה פנימית" ו"מוטיבציה חיצונית" ראה סקירה אצל [**1,23,25**]. היחס של מושגים אלה למערכת הגמול המוחית אינו חד משמעי ובהיר גם לחלק מהעוסקים בתחום, בהתחשב באופיו התמיד "פנימי" של הגמול במוח. לפיכך, בחרנו להציע כאן חלוקה שמתייחסת למנגנוני מערכת הגמול והבסיס הנירולוגי של מקורות גמול שונים, **המסלול אישי-יחידני** מתייחס להנאות וההנעות שנובעות מגרויים חושיים, קוגניטיביים ומוטוריים: שמיעת מוסיקה, אכילה, התפעלות ממראה יפה, פעילות גופנית, סקרנות, יצירתיות, חשיבה וכו. ההנאה מגרוים ישירים אלה אינה נתונה לצווי האופנה או החברה, אך הם כן תלויים בתבניות מוחו ונסיונו האישי של האדם והתפתחותו. **המסלול** השני  **הבינאישי-חברתי** הוא תלוי חברה ותרבות, מונע מיחסים חברתיים, חלק מערכיו אוניברסאליים ושורדים לאורך הדורות, וחלקם תלויים בצווי אופנה ותרבות משתנה. מראי המקום בסוף המאמר הם חלק מאוסף גדול ועשיר של מחקרים מחזית המחקר בתחום חקר המוח, שחוקרים את מערכת הגמול על מגוון מקורותיה, למבחר מצומצם **ראה**, **[6-9, 11-14, 17-21**]. [↑](#footnote-ref-3)
4. בניגוד אולי לצפוי, לימודים וסקרנות אינם המניע החזק בתבל. רב רובם של האנשים נהנה ומונע מגמול מגיע מיחסים בין אישים. וכך , נכון לאוקטובר 2012, חצתה פייסבוק עם כפתור ה like שלה, את מחסום מיליארד המשתמשים. חברות נוספות עם היקף לקוחות כזה הן קוקה קולה ומקדונאלדס... [↑](#footnote-ref-4)
5. ראה על כסף ותמריצים בסרטון אנימציה שזכה עד כה למליוני צפיות <http://www.youtube.com/watch?v=u6XAPnuFjJc> [↑](#footnote-ref-5)
6. ראה לדוגמה stackoverflow/ stackexchange קהילת מומחים לשאלות ותשובות ראה פרוט בדוגמה 4 להלן. [↑](#footnote-ref-6)
7. כתובת למשלוח תגובות, הצעות, שאלות ונושאים נוספים לדיון נירו-פדגוגי: יעל עדיני [badini1@zahav.net.il](mailto:badini1@zahav.net.il) [↑](#footnote-ref-7)