,

**נירו-פדגוגיה – קווי מתאר ללמידה**

**יעל עדיני, אהוד נורי, אבי קרני, ותמי קרן**

**ד"ר יעל עדיני\* – חקר המוח, ד"ר אהוד נורי – פילוסופיה של השיח וחינוך, פרופ' אבי קרני - ראש החוג לביולוגיה של האדם וממייסדי "מרכז ספרא לחקר הלמידה ולקויות למידה" בחוג לחינוך באוניברסיטת חיפה, תמי קרן – מנהלת תחום תוכן וחינוך ברשות הטבע והגנים.**

חינוך ומדעי המוח הם שדות ידע קשורים. במובן הרחב, חינוך עוסק בעיצוב התודעה, (שינוים קוגניטיביים והתנהגותיים בעקבות התנסות ולמידה). חקר המוח עוסק בשינוי ועיצוב המוח בעקבות התנסות. כיוון שנוהגים להניח שתודעה, חשיבה וזיכרון נשענים על מבנים מוחיים, נראה נכון להניח שידע בסיסי על למידה במוח הביולוגי, צריך שיהיה חלק מ"ארגז הכלים" של מורים ומחנכים.

מספר מכשולים עומדים בדרכה של שותפות כזאת. הבסיסית ביותר היא בעיית התקשורת. שדות הידע הנ"ל התפתחו בנפרד, והם מסתכלים על המציאות מנקודות מבט והקשרים שונים, "תרגום" פשוט אינו יעיל, וחיבור בין התחומים צריך לכלול דיאלוג ממשי בין השדות, דיאלוג שיוצא מבעיות ושאלות פדגוגיות קונקרטיות, מסתמך על ידע משני התחומים, ובודק את ישום הפתרונות המוצעים במשותף - בשטח. כבר לפני כ 100 שנה, הציע וויליאם ג"ימס בספרו הידוע – שיחות למורים: יניח המדע את קווי המתאר ללמידה: תכונותיו הפיזיולוגיות-ביולוגיות של המוח, ובינותם צריכה להישמר האוטונומיה, האחריות, הידע והיצירתיות של המורים – לבצע את אומנותם (James, 1958).

**בנית בסיס ללמידה והוראה**

בנית פרדיגמות הוראה, למידה או אימון תלויות באופן קריטי בשאלה, **איך לדעתנו מאוכסן המידע הנלמד במוח**. שפת היום יום שלנו מלמדת שרב בני האדם מניחים במובלע שידע הוא "חומר" או חפץ הניתן להעברה בין בני אדם, ביטויים כמו "מטען ידע", "חומר לימוד" "להעביר חומר" , "לתפוס חומר" וכו מדגימים אמונה זו. בהתאם לכך ולניסיון היום יום שלנו, ההנחה הפנימית של רובנו היא שבמוח יש מעין קופסאות או מגרות לאכסון מידע, ושתפקידנו כמורים הוא לגרום לתלמיד "לפתוח את הראש" או את מכסי הקופסאות הקטנות האלה, ו"לצבור " מידע. כשההנחה המובלעת הזו מנחה אותנו, נקל לטעות ולחשוב שניתן "להעביר חומר", שניתן ללמד את התלמיד כך שידע "בדיוק כמו המורה", וש"האחר חושב כמוני". הסתכלות לתוך המוח מגלה שבמוח אין קופסאות לצבירת חומר, אלא רשתות נוירונים מסועפות המייצגות עצי אסוציאציות נרחבים ורב ממדיים. רשתות נוירונים דומות בצורתן ובתכונותיהן לרשתות דרכים, הנבנות ,מתוחזקות , מסתעפות או נזנחות על פי השימוש. (אהוד נורי, יעל עדיני, & אבי קרני, 2009), בנייתן של רשתות נוירונים בדומה לרשתות דרכים אורכת זמן ודורשת משאבים (לדוגמה חמצן,חומרי מזון ליצור חלבונים, תאים ומובילים עצביים), ולמוח קריטריונים ברורים במה "כדאי" להשקיע את תשומותיו.

על פי התיאוריות והממצאים הרווחים בחקר המוח המידע מאוכסן במוח ברשתות נוירונים ומיוצג באמצעות זרימת חומרים כימיים. תאי המוח , ה"נוירונים" אינם "תאים" כלל וכלל. נוירון בודד בנוי מאוסף של מתרים וקווי תקשורת היוצאים מחלק מרכזי קטן, מבנה הנוירון מתאים לתפקודו: חלק זעיר ברשת תקשורת ענפה. אין בו מקום לאיכסון מידע באופן המוכר לנו מהלמידה היומיומית שלנו. לעומת זאת, רשתות נוירונים יוצרות מפות תקשורת וייצוג למושגים ולכישורים השונים שיוצר מוחם של בני האדם. קשר אסוציאטיבי חזק בין מושגים, מסמן שאוכלוסיות הנוירונים הקשורות למושגים אלה מחוברות במוח באופן פיזי באמצעות קשרים (חוטי עצב וסינפסות) המאפשרים משלוח כמות גדולה של חומרים כימיים בינהם בקצב מהיר. קשר אסוציאטיבי חלש מאופין ביכולת זרימה מועטה יחסית של מעבירים עצביים בין האוכלוסיות הקשורות בו ולכן בקצב איטי ונמוך של תקשורת (ראה גם (אהוד נורי et al., 2009).

רשת נוירונים אינה דומה בתכונותיה לרשת דייגים, ואין לתפוס מידע ברשת כאילו היה "דג", היינו חומר נפרד מהמיכל בו נתפס. רשתות נוירונים דומות בצורתן ותכונותיהן לרשתות דרכים עליהן זורמות המחשבות והאסוציאציות, ובאמצעותם מתגבשים החלקים לשלם. כדי ללמד יש למצוא מקום שנמצא על המפה המנטאלית של הלומד, ולהתקדם בצעדים שאינם גדולים מדי או מהירים מדי לתלמיד. רשת זו מתפתחת על פי חוקי למידה מוגדרים - ומהתנסות, היינו, בהתאם לגרויים להם נחשף האדם בימי חייו, והיא שונה מאדם לאדם. ידע אודות כללי הלמידה במוח ותגובתו לגרויים שונים – עשויי לספק למורים תובנות לגבי דרכים שיכולות להוביל להוראה וללמידה יעילה.

**לסכום: מבחינת מדעי המוח למידה אינה מושג ערטילאי אלא מעשה שיש לו ביטוי פיזי בבשר (חלבונים), דם (חומרי מזון וחמצן) ונירו-טרנסמיטורים (מוליכים עצביים). למידה במוח דורשת ומתבטאת בשינויים פיזיים של חיזוק והחלשת קשרים בין תאי-מוח. לאופן בו מתרחשים שינויים אלא יש כללים מוגדרים ובניתם אורכת זמן. בניה על פי הכללים המתאימים למוח יכולה לגרום ללמידה יעילה ואפקטיבית יותר.**



**איך נוצרת למידה? או איך נוצרות רשתות נוירונים?**

מוח האדם לומד ומשתנה על פי הגרויים להם הוא נחשף והמשימות עימהן הוא מתמודד. אין המוח זקוק למורה כדי להשתנות וללמוד, ואין הוא מניח קיומה של "אמת" אבסולוטית כלשהיא. די לו למוח **בגרויים** (מראות, קולות, ריחות,תנועה, מגע, מילים והאסוציאציות שהן מעלות) **, חזרות, וזמן** – והוא משתנה, נוצרות בו רשתות נוירונים, ומסלולים אסוציאטיביים, מתרחשת בו למידה ומתקבע בו זכרון (Butz, Worgotter, & van Ooyen, 2009; Dudai, 2004; Hebb, 1949). באופן "ספונטאני" שכזה מתעצב מוחו של תינוק כשהוא לומד להכיר את העולם החושי סביבו, מפענח מראות, צלילים, שפה, לומד לדבר, ללכת, לשיר ומייצר אסוציאציות – למידה זו של התינוק תלויה בגרויים להם הוא נחשף, להתנסויות בהן הוא מתנסה ולמידת האינטנסיביות בה הוא חווה את הדברים.

מורה יכול לקצר תהליכי למידה על ידי בחירת הגרויים להם נחשף התלמיד והצגתם באופן שיטתי. מורה יכול "לפרק" תהליך מסובך לחלקיו, לברור ולכוון את התלמיד לגרויים היותר רלוונטיים ללמידה הספציפית אליה הוא מכוון, אולם יש לזכור: המוח קולט גרויים באופן רציף ובו זמני ממספר מקורות , אוסף מידע על העולם סביבו, לומד ומשתנה באופן טבעי ובלתי תלוי בהוראה חיצונית. ההוראה והגרויים המוצגים על ידי המורה הם חלק ממכלול רחב, ולעיתים מתחרה, של גרויים סביבתיים הנרשמים במוחו של הלומד. לצד הלמידה הגלויה, הדקלרטיבית, המודעת, אוסף התלמיד מידע רב נוסף, הנשמר במוח בצורה לא מודעת (סמויה, Implicit) – כזו שאינה ניתנת לגישה ישירה מודעת, אך כזו הנגישה ומשמשת תהליכים מוחיים שונים – כמו חשיבה והחלטה – המופעלים על ידי האדם.

מורה יכול לקצר את תהליך הלמידה ולנווט את התלמיד בעולם הגרויים סביבו, אולם גם המורה הטוב בעולם, והתלמיד המבריק בעולם אינם יכולים לחמוק מהצרכים הבסיסיים, המובנים במוח. למידה במוח האדם דורשת במקרים רבים - **חזרות, מרווחות בזמן, לאורך זמן , בהקשרים שונים.** כמה פעמים יש לחזור על נושא נלמד, באיזה תדירות במהלך היום, השבוע, השנה או השנים, מה אורכן של ההפסקות המועילות ומה כדאי לעשות בהן – כל אלה הם פרמטרים הניתנים למדידה בתנאי מעבדה. בדיקת פרמטרים עקרוניים אלה וכימותם בסביבת למידה חינוכית הם עניין למחקר נירו-פדגוגי עכשווי.

**לסכום: ניתן להסתכל על המוח כאיבר ביולוגי בו התפתח במשך האבולוציה מנגנון למידה עצמי הלומד ומשתנה באופן עצמאי, אוטומאטי, הפועל לפי כללי למידה מובנים, ובאינטראקציה עם המערכת הרגשית.**

**כיצד מתקבע זכרון? כיצד משתנה המוח?**

מחקרים וממצאים מדעיים שהצטברו במשך שנות מחקר ארוכות יוצרות תמונה בעלת הגיון פנימי הנוגעת למנגנוני למידה במוח. מדוע למידה דורשת זמן? מה הרציונל להתפתחות מנגנון ללמידה הדורש חזרות, ומה התועלת בהפסקות.?

למידה דורשת זמן. מתולעת עד אדם תהליכי הלמידה וההתקבעות בזכרון עוברים תהליך ארוך הדורש חזרות, הפסקות וזמן. קיומו של תהליך קונסולידציה (קיבוע) ארוך זה לאורכו של הסולם האבולוציוני, מרמז על יתרון שרידתי (Dudai, 2004).

וראה, למוח יש מנגנון המאפשר קיבוע מהיר של זכרון, ללא צורך בחזרות, אולם פריבילגיה זו שמורה בד"כ למאורעות בעלי תג רגשי גבוה או ערך שרידתי: הרעלת מזון, פגיעה או עלבון קשים, טראומה, הלם קרב, רגע מאיר עיניים של הבנה פתאומית, "האאה" מרגש, "מאורע מכונן". זיכרונות כאלה דומים לעיתים לכבישים יצוקים בבטון והם מקובעים בזיכרון נשמרים היטב, זכורים ללא פגע לאורך זמן, אולם אליה וקוץ בה: זיכרונות מסוג זה "חקוקים בסלע", קשה לשכוח אותם או לשנות אותם והם מקובעים בזכרון באופן קשיח. זיכרונות אחרים, יומיומיים יותר, עוברים תהליך התקבעות איטי שיכול להמשך ימים ושנים. עד התייצבותם בזכרון הם נתונים לאפשרות "מחיקה", שכחה, הפרעה ושינוי על ידי גרויים ותהליכי למידה אחרים. לקיבוע ההדרגתי יש אם כך יתרון רב ערך: הוא מאפשר יצירה גמישה של זכרונות, הניתנים לשינוי, עדכון, אינטגרציה וחבור עם זיכרונות אחרים. יתרה מזאת, הקיבוע ההדרגתי , לאורך זמן, מאפשר למערכת (ובעצם כופה על המערכת) לחוות חזרות רבות על המאורעות אותם לומד המוח מהתנסות. גם לחזרות תפקיד פונקציונאלי חשוב.

**חזרות על שום מה?**

בכל רגע ערות נתון, מגיעים אל מוחו של האדם הממוצע מספר רב של גרויים. מראות, קולות, ריחות, תנועות, ומילים. מתוך שלל הגרויים האלה צריך המוח להחליט, לסנן ולברור מה יבחר לשמירה לטווח ארוך, ואיזה קשרים במוח עליו לחזק. מנקודת ראות פונקציונאלית, מבחינת מנגנון למידה עצמאי הפועל על פי כללים אוטומאטיים מובנים מראש – לחזרות תפקיד חשוב: הן יכולות לשמש כעין "תנאי קבלה" הבורר מה כדאי לשמור לטווח ארוך ועל מה לוותר. בנוסף, חזרות מאפשרות בחינה חוזרת של הקלט החיצוני למניעת טעויות קליטה. מעשית, חזרות חוזרות ומגרות את תאי הזכרון והקשרים הרלוונטיים וגורמות להפעלת מנגנון חיזוק קשרים ואסוציאציות עד להתקבעותם ארוכת הטווח במוח הלומד.

**חזרות מעידות על רלוונטיות ו/או חשיבות.** חזרות על גרויים מסוימים (נניח קריאה חוזרת של פרק בתנ"ך, התנסות בתנאי מזג האוויר שמנבאים ירידת גשם קרוב , תרגול כזה או אחר וכו"), מסמנת שסוג האינפורמציה הזה – רלוונטי או חשוב, וכדאי אולי לשמרו לשימוש עתידי. מאורעות שאינם חוזרים, או לחילופין, כאלה שאין להם תג ריגשי גבוה, אין צורך לשומרם וזיכרונם דועך ונעלם.

**חזרות מאפשרות בחינה חוזרת של אינפורמציה למניעת טעויות קליטה.** במוח, כמו בכל מערכת תקשורת, קיים רעש פנימי. גם הסביבה החיצונית, העולם הסובב את האדם, אינה תמיד אידיאלית ואינה נקייה מרעש. בתוך המון רועש אדם אומר "בולם" ורעהו עשוי לשמוע כאילו אמר "חולם" – מילה שונה לגמרי. אם הצבענו על פרח ואמרנו "זוהי כלנית" והשומע שמע "זוהי אילנית" לא היינו רוצים שהמילה השגויה תתקבע בזכרון משמיעה ראשונה. חזרות מעלות את הסיכוי לסינון רעשים לא רלוונטיים וטעויות קליטה. דוגמאות להכרה בצורך בחזרות כדי להימנע משגיאות תקשורת מוכרות לנו מחיי היום יום. לדוגמה, כאשר אנחנו מקלידים בפעם הראשונה סיסמה לשרות דרך רשת תקשורת (האינטרנט), אנחנו נדרשים בשלב ההרשמה לחזור שנית על הסיסמה, לפני קליטתה הסופית במערכת.

**חזרות אינן עוד מאותו דבר.** במהלכו של תהליך קיבוע הזכרון, ושמירתו לטווח ארוך, חזרות מרעננות את עקבות הזכרון , מונעות את דעיכתו, ומאפשרות יצירת קווי תקשורת וחיבור הזכרון החדש עם זיכרונות רלוונטיים אחרים. מחקרים מראים שגם צורת השמירה בזכרון הולכת ונעשית קומפקטית יותר ויעילה יותר ככל שחוזרים על הנלמד יותר פעמים. הדבר מוכר לנו מחיי היום יום. כאשר אנחנו לומדים ספורט חדש (לדוגמה רכיבה על אופניים) בתחילת הלמידה אנו משתמשים במקרים רבים בשרירים רבים שאינם נחוצים לרכיבה יעילה. עם חלוף הזמן וברבות התרגול אנחנו נעשים יעילים יותר, ומוחנו מפעיל את מינימום השרירים הדרושים לרכיבה טובה ויעילה. המוח, כמו שאר חלקי הגוף הוא איבר אורגני אקטיבי המשתנה ומתייעל עם השימוש.

חשוב לדעת שהמספר היעיל של החזרות הדרוש ללמידה הוא פרמטר הדורש בדיקה. מחקרים פסיכו פיזיים עדכניים מדגימים שבשלבים הראשונים של הלמידה חזרות רציפות רבות אינן יעילות ואף מקלקלות את הביצועים בטווח הקצר (Censor & Sagi, 2008). לעומת זאת, חזרות, מרווחות בזמן עם **הפסקות למנוחה ושינה**, טובות ואף **חיוניות ללמידה**.

**הפסקות, שינה ולמידה חבויה**

**למוח האדם יכולת למידה והשתנות גם בזמן מנוחה או שינה.** ניסויים שנערכו בתפקידי למידה שונים, בתנאי מעבדה, מדדו את יכולת הנסיינים לבצע משימות שונות לאחר אימון שנמשך כשעה. מדידה חוזרת של הביצועים נערכה לאחר שנת לילה, ללא שנערך אימון נוסף בין המדידות. התוצאות מראות שלאחר המנוחה ושנת הלילה – השתפרה יכולת הנסיינים לבצע את המשימה, למרות שלא ערכו כל אימון נוסף. תוצאה זו שחזרה ונמצאה במעבדות רבות ושונות מעידה על כך שהלמידה במוח ממשיכה להתפתח ולהתארגן זמן רב לאחר תום האימון או השעור. תופעה זו נקראת "למידה חבויה", והיא מאפשרת לאדם ללמוד נושאים שונים ומגוונים בזמן ערות, ולהשלים את עיבודם בזמן שינה בעבודת "OFF LINE"" (Karni & Sagi, 1993).

**הקלט ללמידה**

הקלט ללמידה מורכב ממכלול הגרויים שחווה, מרגיש וקולט התלמיד תוך כדי ההתרחשות הלימודית. הקלט ללמידה אינו כולל רק את דבריו של המדריך אלא את מכלול פעילותיו של המורה, התלמיד והקלט מהסביבה. במקרים רבים מעשים חזקים ממילים, ואהבת הארץ ניקנית "דרך הרגליים", הגוף והעיניים – לא פחות ואולי אף יותר מהסברים מלומדים על הנושא. גם החוויה הנפשית והרגשית היא חלק מקונטקסט הנקלט והמשפיע על הקשב, עיבוד המידע ושמירתו בזכרון.

**הפעלה ריגשית ו/או גופנית**, הנאה, אתגר, מעורבות חברתית, בדיחה ... הסביבה הלימודית, הרגשת התלמיד, התנסותו האישית והחברתית – מפעילים כולם את מערכות הגמול במוח המשחררות חומרים כימיים המגבירים את יכולת השמירה של הזכרון לטווח ארוך. פעילות פיזית מאתגרת או אירובית משחררת חומרים כימיים המגבירים את ערנות המוח ותומכים בפיתוח הקשרים היוצרים במוח את הלמידה (Immordini-Yang & Damasio, 2007; Wise, 2004; ג'. רייטי & א הגרמן. , 2010) .

**בחירה בנושאים הרלוונטיים לעולמו של התלמיד ולדרכי חשיבתו**, מבטיחים שתהליך הלמידה יתחיל ממקום שנמצא על ה"מפה המנטאלית" של הלומד.

**שמוש בחושים והדגמות פיזיות קונקרטיות, ולא במושגים אבסטרקטיים** - – מגבירות את הסיכוי שהתלמיד והמורה יתחילו מנקודת מוצא מחשבתית דומה.

**לסכום: למידה ביולוגית דורשת חזרות מרווחות בזמן לאורך זמן. כדי לחזק את היצוגים הנלמדים ולאפשר הכללה יש לבצע את החזרות בהקשרים שונים, תוך ערוב חושים שונים, הדגמות פיזיות ונושאים הקשורים לעולמו של הלומד ולתפיסותיו**. **הפסקות הכוללות פעילות פיזית מאתגרת, או אירובית, מהנה לצד התנסות אישית מסייעים ללמידה. שימוש בהומור, שיתוף פעולה, או כל פעילות אחרת הגורמת להנאה תורמות גם הן ללמידה וזכירה מיטביות.**

**למידה בטבע**

**ללמידה ביולוגית במוח כללים מוגדרים ופשוטים: חזרות, הפסקות, וקלט רלוונטי**. למידה בטבע היא רבת יתרונות, מעצם טבעה חווייתית, ובמסגרתה קל יותר ליישם למידה מיטבית ויעילה. לצורך כך יש להחליט מהם הנושאים אותם רוצים ללמד, ולחזור עליהם מספר פעמים במהלך הפעילות, בהקשרים שונים. ההפסקות בין החזרות טבעיות יותר במהלך הטיול וניתן לשלב בהן בנקל התנסות אישית, פעילות מהנה, גופנית, מאתגרת וחווייתית. חשוב לזכור שבמסגרת הטיול נלמדים נושאים רבים באופן סמוי, מחיקוי, דוגמה אישית והתנסות בהליכה בטבע וקליטת גרויים באופן ישיר, מוחשי ובלתי אמצעי.

**על מה לחזור?**

**למידה דורשת זמן וחזרות ולכן כמות האינפורמציה, הערכים, הכישורים – כמות הלמידה האפקטיבית או ה"חומר" שניתן להעביר בצורה יעילה בזמן נתון - מוגבלת. לפיכך, יש לברור היטב את המטרות והנושאים החשובים ביותר ולהציג אותם בוואריאציות שונות לקליטה מרבית.**

**דוגמה לתהליך למידה שעונה על עקרונות אלה מוכרת ביהדות.** יהודי דתי לומד במהלך השנה את התורה כולה, כל שבוע פרק או פרשה יחידה. עם תום השנה מתחיל הסבב מחדש. התדירות הנמוכה של החזרות על הפרשות השונות מרמזת שמטרת הלמידה העיקרית אינה פרטי הפרשה. עיון מקרוב מראה שבמהלך הלימוד השנתי משמשות פרשות השבוע השונות למטרה החוזרת על עצמה שוב ושוב: דיון בבעיות מוסר ואמונה. לשם מטרה זו דנים ודורשים במספר וואריאציות רב – כל שבוע מחדש בפרשת השבוע. הפרשה עצמה מתחדשת, אולם הדיון בבעיות הערכיות ומוסריות חוזר ושב לאורך השנה כולה בהקשרים שונים.

**דוגמה לתהליך למידה ב"חדר" בכפר חב"ד: [[1]](#footnote-1)**

במהלך שעור קריאה לתלמידים צעירים (בני 3 וחצי עד 4) התנהל השעור בצורה שיטתית. הרב-מורה ישב לפני הכיתה, היכה בסרגלו על השולחן בקצב קבוע, והכיתה כולה דיקלמה במשך 20 דקות: "אלף קמץ אה, בית קמץ בה, ג קמץ גה...." וכן הלאה. בתום 20 הדקות, היכה המורה פעמיים על השולחן. הכיתה קמה, עברה לחדר סמוך. בכניסה לחדר קיבל כל ילד לידו גוש חימר. במשך 20 דקות שיחקו ויצרו הילדים בחימר, ואז חזרו לכיתת הלימוד וחזרו על התהליך.

בדוגמה הנ"ל מטרת הלמידה היתה הכרות ואימון בשימוש בתנועת הקמץ בקריאה. הנושא חזר בואריאציות שונות עם אותיות שונות במשך זמן מוגדר מראש. "ההפסקה" יוחדה לפעילות יצירתית שחזרה גם היא בהפסקות כולן, ואפשרה שיפור מיומנויות מוטוריות, חיזוק שרירי האצבעות, ערוב מספר חושים, עבודה עצמאית יצירתית (בניגוד לשינון המובנה בלימוד הקריאה), הנאה, ומנוחה לחלק המוח שהופעל קודם לכן בחלק המשנן של שעור הקריאה.

דוגמה זו וכן הדוגמה הבאה מדגימות שהפסקה אינה חיבת להיות הפסקה לפעילות חופשית, אולם עליה להיות הפסקה מהנושא עליו התאמנו או למדנו. הפסקה יכולה להיות זמן חופשי (הפסקה בבית הספר), או עיסוק בנושא אחר ושונה עקרונית, ניתן לשלב בהצלחה שתי פעילויות לימוד שונות באופו כזה שכל שעור ישמש כ"הפסקה" של השעור הבא (לדוגמה, נושאי הפרקים השונים המבחן הפסיכומטרי). מהו סדר השעורים האופטימאלי במהלכו של יום לימודים, מה אורך ההפסקות המיטביות בתנאי למידה בכתה, בגילאים השונים ובשלבי הלמידה השונים, הם עניינים למחקר מעשי, שיתופי, נירו פדגוגי.

**דוגמה למערך למידה בהדרכת שדה:**

בעת טיול בית ספרי נערכה הדרכה המשלבת קטעי ניווט בקבוצות קטנות ומתחרות, המופרדים בינהם ב"תחנות" (מספר נקודות ציון) הכוללות משימות שונות. בתחנות שולבה פעילות לימודית חוזרת – בהקשרים ובדוגמאות שונות - שמטרתה היתה נתונה לבחירת המדריך: הקנית ידע, הפעלת חשיבה, משימות חקר וכולי.

קטעי הניווט החוזרים מלמדים התמצאות בשטח, קריאת מפה, הפעלת חושים רבים במשותף, ובמקביל פעילות גופנית (ריצה בין התחנות) התנסות אישית, פעילות צוות והנאה – והם משמשים בסיס, כמו גם הפסקה, לפעילות הלמידה המונחית יותר בתחנות הלמידה. התחנות השונות אליהן הגיעו התלמידים תוך כדי ניווט היוו הפסקה מפעולת הניווט ושימשו להקנית ידע תוך כדי פעילות חקר פעילה באתר.

**למידה בטבע טבעית למוח והיא טומנת בחובה הזדמנויות ללמידה מיטבית, חוויה בלתי אמצעית, וניצול אלמנטים המשפרים את הלמידה. יש לה ללמידה כזו ערך מוסף רב שקשה לשחזרו בכיתה. מנגד, ללמידה בכתה יש יתרון של עבודה מובנית לאורך זמן המאפשרת להשיג מטרות ארוכות טווח על ידי הדרכה שיטתית של התלמידים למטרות הרצויות. הכרת האלמנטים המייעלים את הלמידה עשויה לשפר את הלמידה ולהקל על העושים במלאכה בתכנון והשגת מטרותיהם.**

**לסכום:** **המוח בנוי ללמידה עצמאית, על פי כללים בסיסיים ברורים: חזרות, מרווחות בזמן, לאורך זמן, בהקשרים שונים, ובשיתוף עם המערכת הרגשית והגופנית.** למידה במוח פרושה בניה והרחבה של רשתות דרכים וחיבורים הקיימים במוח התלמיד ולכן מוח התלמיד אינו יוצר העתק של מוח המורה, אלא מרחיב, מקשר, מפתח ומתפתח מנקודות הנמצאות על המפה המנטאלית של התלמיד. תהליך הלמידה במוח אינו מסתמך על הימצאותו של מורה אלה נעזר בו, ותנאי הקבלה החשוב לשמירה בזכרון – חזרות – יגרום לכל קלט חוזר – מילולי או לא מילולי (דוגמה אישית) לעצב את המוח ולהישמר בו - ובתנאי שחזר על עצמו מספר מספיק של פעמים.

ההכרח הביולוגי בחזרות, בהקשרים שונים, לאורך זמן, לצד משך הזמן המוגבל העומד לרשות המלמדים והלומדים, דורשים הגדרה מראש של מטרות הלמידה, ובחירה מושכלת על מה רוצים לחזור. אחריות וזכות גדולה זו מוטלת על המחנכים והמורים, ושיתוף פעולה נירו-פדגוגי, יכול לסייע במלאכה חשובה זו. **ידע, והכרות של חוקי הלמידה במוח הביולוגי, יכולים להתוות את קווי המתאר ללמידה אפקטיבית ויעילה, ובינותם חייבים להישמר האוטונומיה, הידע והיצירתיות של המחנכים לבצע את אומנותם.**

**תודות** לבעז עדיני, סידני שטראוס, ענת זוהר, הגברת מרים בן פרץ, דליה גבריאלי, מיקי טאובנפלד, תמי אייזנמן, צביה ברזניץ, וכן, למנהלי, רכזי ומדריכי המחו"ות של רשות הטבע והגנים שתרמו בשאלותיהם, השגותיהם, הערותיהם ובשיחות עימם למאמר זה.

\* יעל עדיני [badini1@zahav.net.il](mailto:badini1@zahav.net.il)

**מראי מקום**

**Adini, Y., Sagi, D., & Tsodyks, M. (2002). Context-enabled learning in the human visual system. *Nature, 415*(6873), 790-793.**

**Butz, M., Worgotter, F., & van Ooyen, A. (2009). Activity-dependent structural plasticity. *Brain Res Rev, 60*(2), 287-305.**

**Censor, N., & Sagi, D. (2008). Benefits of efficient consolidation: short training enables long-term resistance to perceptual adaptation induced by intensive testing. *Vision Res, 48*(7), 970-977.**

**Dudai, Y. (2004). The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram? *Annu Rev Psychol, 55*, 51-86.**

**Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. New York: Wiley & Sons**

**Immordini-Yang, H. M., & Damasio, A. (2007). We feel therfore we learn. *Mind, Brain and Education, 1*(1), 3-10.**

**James, W. (1958). *Talks to teachers on psychology, and to students on some of life's ideals*. New York,: Norton.**

**Karni, A., & Sagi, D. (1993). The time course of learning a visual skill. *Nature, 365*(6443), 250-252.**

**Wise, R. A. (2004). Dopamine, learning and motivation. *Nat Rev Neurosci, 5*(6), 483-494.**

**אהוד נורי, יעל עדיני, & אבי קרני. (2009). שפה חדשה: צעד לקראת פדגוגיה מונחית מוח. *הד החינוך, פ"ד*(1), 45-42.**

**ג'. רייטי , & א הגרמן. . (2010). *הניצוץ*. אור יהודה: כנרת, זמורה-ביתן, דביר.**

**לקריאה נוספת**

Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011) Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science, 331*(6018), 772-775.

1. על פי פרופסור צביה ברזניץ. [↑](#footnote-ref-1)