**חוקי למידה ומנגנוני השתנות במוח הביולוגי**

יעל עדיני, אהוד נורי, אבי קרני

**בפרק הקודם סיכמנו: נוירונים עובדים בקבוצות (רשתות נוירונים) המקושרות בינהן בקשרים אסוציאטיביים היוצרים את מפת הידע והכישורים של האדם. על מנת שמורה יוכל באופן מודע לתכנן יצירת קבוצות נוירונים כאלה המחוברות זו לזו חשוב לדעת איך נוצרים יצוגי הידע במוח? מה הכללים לקישור ומה הכללים להפרדה בין קבוצות נוירונים? על כך בפרק שלפניכם.**

**כיצד משתנה המוח? כיצד מתחברים בינהם הנוירונים?**

מוח האדם, כמו מוחם של בעלי חיים אחרים, בנוי ללמידה עצמאית מהתנסות. למידה במוח פרושה יצירת קישוריות בין תאי המוח שמאפשרת או מונעת זרימת חומרים כימיים בינהם. במוח קיים חוק למידה פשוט ליצירת קישוריות סלקטיבית במוח: אם שני תאים או שתי אוכלוסיות נוירונים פועלים[[1]](#endnote-1) בסמיכות בזמן – נוצר ומתחזק בינהם הקשר. לעומת זאת ולא פחות חשוב, אם שתי אוכלוסיות נוירונים אינן פעילות בסמיכות זמן – הקשר הפיזי בינהן נחלש. ככל שהקשרים ברשת נוירונים חזקים יותר, הזכרון המופעל בעת פעילותם – חזק יותר, והביצועים מהירים ויעילים יותר.



**חוק HEBB קובע אם כן: סמיכות בזמן הפעילות של תאי מוח גורמת לחיזוק הקישוריות בינהם. הפרדה שיטתית בזמן הפעילות של תאי מוח – גורמת להחלשה ולניתוק של קשרים בינהם.**

**איך מפעיל המורה נוירונים במוחו של התלמיד?**

הנוירונים במוח מופעלים על סמך הקלטים שמגיעים אליהם: תמונות, מראות, קולות, מילים, תנועות, מחשבות ורגשות מפעילים כולם נוירונים במוח. כל גירוי מפעיל אוכלוסיית נוירונים מסוימת, המתאימה לו. ולכן כאשר אדם הולך, רואה, שומע ומקשיב תאי המוח שלו מגיבים, שולחים אותות כימיים בינהם והקשרים בינהם מתחזקים או נחלשים בהתאם לחוויותיו והתנסויותיו החוזרות של אותו אדם. ההוראה הפרונטאלית מסתמכת על יכולת חשובה שיש לאדם: היכולת להבין שפה מדוברת וכתובה. יכולת זו מאפשרת להפעיל תאי מוח שונים באמצעות גרויים מילוליים המתאימים לפרושי המילים השונות כפי שהתפתחו ומתפתחים במוח הלומד. ולכן, כאשר המורה עומד לפני כיתה ומדבר הוא מפעיל במוחם של שומעיו תאי מוח ורשתות נוירונים בהתאם למילים בהן הוא משתמש ולידע שיש לשומעיו ובהתאם לאוסף האסוציאציות ומפות המושגים המוטבעים כבר ברשתות הנוירונים אצל הלומדים. אם מזכיר המורה נושאים מסוימים בסמיכות זמן, קבוצות שונות של נוירונים יופעלו במוח שומעיו באופן סימולטאני, או בהפרשי זמן קטנים, והקשר בין רשתות הנוירונים שלהם יתחזק, ולעומת זאת, אם באופן שיטתי נושאים מסוימים ילמדו בנפרד, הקשר בינהם יחלש. אם כן כלל נירו-פדגוגי מספר אחד יהייה:

**סמיכות בזמן ההצגה גורמת לחיזוק קישוריות. הפרדה שיטתית בזמן ההצגה – גורמת לניתוק.**

להוראה הפרונטאלית יש יתרונות: היא מאפשרת למורה להפעיל בו זמנית באמצעות מילים ושימוש במושגים - מוחות של אנשים רבים בו זמנית. חסרונה הוא שהדיבור (גירוי מילולי) הוא דרך עקיפה להגיע אל הנוירונים אותם רוצים להפעיל. לדוגמה, המילה "זיכרון" מפעילה אזורים שונים ורשתות אסוציאציה שונות אצל חוקר מוח ואצל מורה. דוגמה נוספת: המילה שלושה רבעים (3/4) מפעילה הקבלה ל 0.75 אצל המורה, אך עשויה להיתפס כ..... - 3.04 אצל תלמיד מתקשה! (ראה הרכבי ורוני קרסטני). הבדלים אלה עשויים להוביל לתפיסות מוטעות וטעויות בהבנת הדברים, בו כל אדם מפליג בשבילי המחשבה והזיכרון שלו[[2]](#footnote-1) לאזורים אחרים ולפרשנויות שונות[[3]](#footnote-2). לפיכך, להוראה מיטבית, כדאי במידת האפשר להשתמש בגרויים ישירים יותר: המחשות ("טוב מראה עיניים ממשמע אוזניים"), הדגמות ודוגמה אישית (מעשים חזקים ממילים) ו**בעיקר** פעילות עצמית של התלמידים (נעשה ואז נשמע). כל אלה מגבירים את הסיכוי שבעת הלמידה יופעלו אצל הלומד קבוצות הנוירונים אותם רצינו להפעיל.

**דוגמה ליצירת קישוריות במוח:**

מורים מתחשבים בכלל הנ"ל באופן אינטואיטיבי. במחקר שערכו שטראוס ותלמידים (2005) אמרו מורים רבים שהם מתחילים את השעור בשאלה – "מה למדנו בשעור הקודם?" שאלה זו והחזרה הקצרה על עיקרי הנושא הקודם שבאה בעקבותיה, מפעילה את אוכלוסיות התאים שפעלו בזמן הלמידה בשעור הקודם. עם המשך הלמידה של הנושא, מופעלים נוירונים נוספים הקשורים לידע החדש המוצג, ולאסוציאציות משלהם. באופן כזה ענפי המושגים של השעור הקודם, שעיקריו הועלו על ידי המורה בתחילת השעור, והמשך הנושא שתואר אחר כך, נקשרים זה לזה על פי הכלל **סמיכות בזמן ההפעלה גורמת לקישוריות**.

חשוב להדגיש שאין בה בחזרה אחת לייצר קשר בר קיימא ארוך טווח בין חלקי הנושא ומושגיו. ככל שיגדל מספר החזרות, ומספר החיבורים מכיוונים שונים בין הנושאים – הקשר בינהם יתחזק והזכרון יהיה עמיד , חזק, וגמיש יותר.

**דוגמה למניעת קישוריות**

בבתי ספר מסוימים נלמדים ההיסטוריה הכללית וההיסטוריה של עם ישראל כמקצועות נפרדים. כך לומדים חלק מהילדים על תנועת הציונות בנפרד מההיסטוריה הכללית. לפיכך, ההוראה של הנושאים מתבצעת לעיתים בשעורים נפרדים, על ידי מורים שונים, והנושאים "נסגרים": נערך לגביהם מבחן, ו"עוברים" לנושא הבא. כך נוצרים אצל הילדים שני גופי ידע נפרדים, משל היו שתי שכונות בערים נפרדות שהתנועה בינהן קשה עד בלתי אפשרית. והכל בהתאם לכלל אנטי הב: **הפרדה שיטתית בזמן ההצגה – גורמת לניתוק.** [[4]](#footnote-3)

כלל אנטי הב (Anti Hebb) זה הוא אולי הבסיס ליצירתה של התחושה הפנימית של רובנו שיש לנו גופי ידע נפרדים במוח, אזורי ידע שאינם מקושרים. גופי הידע הנפרדים שנוצרו בתהליך האימון של המורה מובילים להנחה המוטעית שבמוח יש קופסאות מוכנות מראש לאיכסון מידע. חשוב להבין: במוח **אין קופסאות מוכנות לקליטת מידע, ומוחו של התלמיד אינו יוצר העתק של מוח המורה**. תהליך הלמידה הוא שקובע איך יבנה מוח התלמיד: דרך הצגת הנושאים השונים על ידי המורה, מספר החזרות על כל אחד מהרכיבים הנלמדים, ותזמון הופעתם, ביחד או לחוד, קובעים את אופיה של רשת הנוירונים המרכיבה את המפה המנטאלית של התלמידים – מחוברת וזורמת או מורכבת משכונות שכונות, מבודדות ומופרדות. תהליך הלמידה קובע אם יווצר ידע אינטגרטיבי והכללות, או ידע המאופסן ב"מגרות נפרדות" או בקטעי מפת דרכים הממוינים לפי נושאים ותתי נושאים.

**סכום: המוח בנוי ללמידה עצמאית ומשתנה באופן ספונטאני על פי חוקי למידה המובנים בו. ידע, מושגים, וכישורים מיוצגים במוח באמצעות פעילות של קבוצות נוירונים הקשורים בינהם באופן פיזי – אסוציאטיבי. סמיכות בזמן ההפעלה של נוירונים – מחזקת את החיבוריות בינהם. הפרדה שיטתית בזמן ההפעלה שלהם עשויה לגרום לנתק ומידור. איך ניתן להשתמש בכללים אלה לחיבור בין ידע חדש לקיים? איך ניתן להימנע מחיבור לא רצוי ו"ערבוב" ה"חומר" במוח הלומד? על כך נדבר בפרק הבא. (integration and interference Consolidation)**

1. נוירון פועל משמעותו, תא מוח ששולח חומרים כימיים לשכנים קרובים ורחוקים, ומחכה לתגובתם. [↑](#endnote-ref-1)
2. ראה נורי ואחרים הד החינוך 2009 : המוח כרשת דרכים. [↑](#footnote-ref-1)
3. הדבר נכון לא רק בהקשר מורה תלמיד. בכל מפגש בין בני אדם יש להביא בחשבון שאנשים שונים מפרשים דברים שונה וההנחה של רובנו במפגשים שונים ש"בטח הוא חשב ככה" – לא בהכרח נכונה. [↑](#footnote-ref-2)
4. [↑](#footnote-ref-3)