



חשיבות התנועה לתפקוד מלא של המוח וצמיחה של האדם.

מוגש ע"י

יוסי איתאל

במסגרת קורס מדריכי טאי צ'י

יוני, 2007

חשיבות התנועה לתפקוד מלא של המוח וצמיחה של

האדם.

בעבודה זו נעסוק בהיבטים התנועתיים של אמנות הטאי צ'י ופחות בהיבטים הלחמתיים. ננסה להראות את חשיבותה המכרעת של התנועה, שנתפסת ע"י רבים כתפקוד "נמוך" – לתפקוד מלא - חשיבה, למידה, זיכרון, רגש, שפה וצמיחה של האדם.

מבוא.

כִּי אָמַר ה' צְבֹאוֹת: אִם בְּדַרְכֵי תֵלֵךְ וְאִם אֶת מִשְׁמַרְתִּי תִשְׁמֹר וְגַם אֶתָּה תִדְוֶן אֶת בֵּיתִי וְגַם תִּשְׁמֹר אֶת חֻצְרִי וְנִתְתִּי לְךָ מִהַלְכִים בֵּין הַעַמִּים הָאֵלֶּה¹.
בחזון נבואי זה של זכריה, מנביאי ראשית בית שני, מוגדרים המלאכים – 'צבא השמים' – "עומדים", בעוד האדם "מְהַלֵּךְ" ביניהם. הגדרות אלה אינן מקריות והן משקפות מהות. המלאכים הם נבראים עליונים, קדושים וקרובים אל הבורא יותר מהאדם, אולם מצבם הוא סטאטי. לגביהם לא שייך לדבר על התקדמות וגם לא על נסיגה. הם קבועים במצבם משום שאין להם בחירה חופשית. מעשיהם נקבעים ע"י הבורא והם למעשה שליחים. לא במקרה 'מלאך' הוא גם מילה נרדפת בעברית ל'שליח'. הייצוג הנבואי של מצב זה הוא 'עמידה'. מה שלא זו אינו מתקדם ואינו מתפתח לא במישור הפיזי וגם לא במישור הרוחני. על הפסוק וְאִנְשֵׁי קִדְשׁ תִּהְיוּ לִי² אמר הרבי מקוצק: 'מלאכים יש לו הרבה. הוא רוצה אנשים דווקא'...

האדם לעומת המלאכים הוא "מְהַלֵּךְ". הציוויים לגביו כוללים פעמים רבות את הפועל הזה, ואף בפסוק הזה - אִם בְּדַרְכֵי תֵלֵךְ ... וְנִתְתִּי לְךָ מִהַלְכִים... ההליכה – התנועה – הצמיחה, טבועים בהגדרת האדם והם חלק אינטגרלי במהותו. אדם ישן – 'אחד משישים במיתה', חסר הכרה או מת – אינו נע. עובדה מעניינת: רק יצור חי הנע ממקום למקום זקוק למוח. יצור ימי זעיר הקרוי אסצידיה (sea squirt) מדגים עובדה זו: בשלב המוקדם של חייו הוא שוחה כמו ראשן. יש לו מוח וחוט שדרה השולטים בתנועותיו. כשהוא מתבגר הוא נצמד לסלע באופן קבוע. מרגע זה ואילך מוחו וחוט השדרה שלו נספגים ומתעכלים. הוא מכלה את מוחו שלו. אין עוד צורך בו כי אין יותר תנועה..

במשך מאות שנים הגדיר האדם את עצמו עליון על בעלי החיים בכך שהוא מסוגל 'לחשוב', בעוד שבעלי החיים מסוגלים רק 'לפעול' – להתנועע. התנועה נחשבה תפקוד "נמוך" של המוח. התפקוד השכלי שהתפתח רק במוח האנושי נחשב "גבוה יותר". גם עם התפתחות מדעי המוח סברו שתפקיד ה'מוח המוטורי' מתמקד בתגובה לגירויים נכנסים ובהנחית תפקודים מוטוריים.

הווארד גרדנר כתב³: 'התייחסות לשימוש בגוף כאל סוג של אינטליגנציה עשוי תחילה להישמע צורמני. במסורתנו התרבותית העכשווית קיימת הפרדה קיצונית בין פעילויות הסקת המסקנות מחד גיסא, ובין התגלמויות הפן הפיזי של הטבע, המגיעות לשיא ביטויין במסגרת הגוף שלנו מאידך גיסא. הפרדה זו בין 'המנטאלי' ו'הגופני' נובעת לא אחת מהרעיון כי מה שאנו עושים עם גופנו הוא נחות יותר ומיוחד פחות לעומת המשימות השגרתיות של פתרון בעיות המבוצעות בעיקר באמצעות שימוש בשפה, בהגיון או באמצעות מערכת סמלית מופשטת יחסית אחרת'.

עם התפתחות המחקר התגבשה ההכרה שהתנועה הכרחית ללמידה, מעוררת רבות מהיכולות המנטאליות, משלבת ומעגנת מידע וחוויית חדשות ברשתות העצביות שלנו, חיונית לכל הפעולות באמצעותן אנו מבטאים ומגלמים את הלמידה, ההבנה ואת עצמנו.

¹ זכריה פרק ג פסוק ז

² שמות פרק כ"ב

³ מתוך ספרו על ריבוי האינטליגנציות - מובא אצל הנפורד עמ' 101.

כדי להבין במה מדובר עלינו לדעת ברמה בסיסית את מבנה המוח (הרלוונטי לנושא) ואת התהליכים המתרחשים בו בעת תנועה ולמידה. בעבר חשבו שהמוח בנוי ממרכזים האחראים כל אחד על תפקוד ייחודי למשל מרכז הראייה, מרכז השמיעה, מרכז הרגשות (המערכת הלימבית) וכדומה. מסתבר שהדבר אינו כה פשוט. המוח אינו פועל לפי תפקודים שאנחנו הגדרנו אותם כימשפחה אחת. למשל הראייה מעובדת במבנים רבים ובמקומות שונים במוח כאשר מבנה אחד מעבד צבע ושני מעבד ראיית עצם בתנועה ושלישי מעבד היבטים שונים ומשונים של הראייה. בהמשך נדגים מצבים מוזרים הנגרמים מפגיעות שונות ומוסברים לפי הבנה זו. בענייננו, התנועה מעובדת ומונחת במקומות שונים במוח. יש ביניהם קשרים מסועפים הקובעים את הפעילות בסופו של דבר. מודל להבנת ההיררכיה הארגונית הוא של בית – מרתף ושלוש קומות⁴. בכל מפלס יש ציוד שונה לתפעול ותחזוקה של תפקודים מסויימים. מערכת מסועפת של מדרגות, משרתים זריזים ומע' אינטרקום משוכללת מקשרת ללא הרף בין המפלסים.

מרתף: גזע המוח וחוט השדרה. רשתות עצביות המובנות ואחראיות לפעולות פנימיות קבועות – קצב הלב, רפלקסים. **קומה א:** גרעינים באזליים – גרעיני הבסיס, והמוח הקטן. מנחים את התנועה ומפעילים את המערכת במרתף. כמו כן מספקים נתונים לקומות העליונות על מצב הגוף.

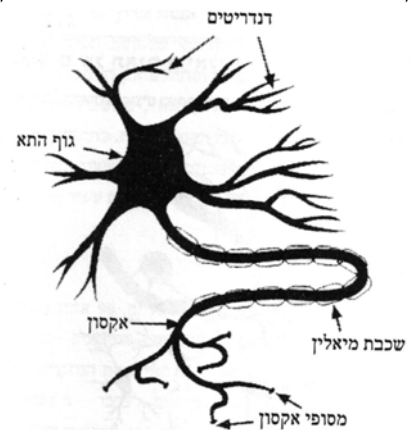
קומה ב: קליפות מוטוריות. מקבלות כמויות גדולות של מידע מאזורים שונים ושולחות הנחיות למערכת השלד והשרירים.

קומה ג: קליפה קדם מצחית. מתפתחת בשלבים מאוחרים. בה נמצא מרכז הבקרה, מושב המנהל, היוזם, בוחר. שולחת החוצה אותות מעוררים או מרסנים לקומות הנמוכות יותר, משפיעה על 'תחושות הבטן' שלנו ועל מהירות התגובה אליהן.

כמובן יש לזכור שהמודל הוא תפקודי ולא פיזיולוגי. כלומר קומה ג אינה נמצאת פיזית מעל קומה ב.

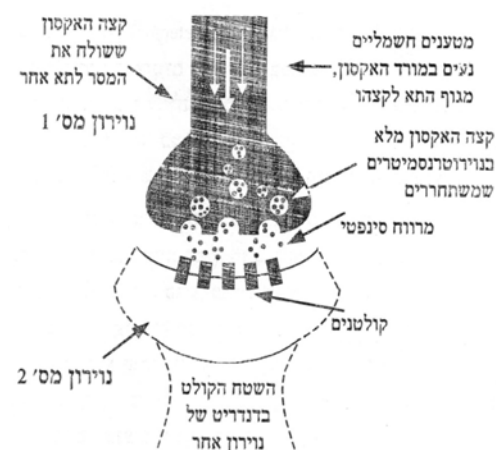
כעת נרד לרמת המיקרו. המוח עשוי משני סוגי תאים. תאי העצב – הנוירונים ותאי ג'ליה. הנוירונים מהווים כ-10% בלבד מתאי המוח כולו. תאי גליה מהווים תמיכה לנוירונים – מזינים אותם, מבודדים חשמלית ותומכים מבנית. הנוירון בנוי מגרעין וממנו יוצאת שלוחה ארוכה - האקסון. הסתעפויות רבות יוצאות מכל תא – הדנדריטים. כל תא עצב מהווה מרכז

תוסס להעברת מידע והוא מתקשר עם אלפי נוירונים אחרים דרך הדנדריטים. יחד נוצרות רשתות עצביות. המידע עובר באקסון באופן חשמלי, וממנו לתא הבא באופן כימי. האות החשמלי מגיע לסופו של האקסון שם יש התרחבות קטנה הנקראת 'הכפתור הסינאפטי'. 'שלפוחית' זו מכילה חומרים כימיים שונים המהווים שליחים להעברת המידע לתא הבא. בסינאפסה – אזור המעבר בין תא לתא - מתרחשת התמרה כפולה – מאות חשמלי לאות כימי ובחזרה מכימי לחשמלי בתא הבא⁵.



במוח יש כמאה מיליארד נוירונים (10^{11}) וכאלף מיליארד (10^{13}) תאי

גליה. מילימטר מעוקב של ריקמת מוח מכיל כמיליון נוירונים. כל נוירון קשור ל 1000-10000 נוירונים אחרים. בנוסף לכך, מספר הקשרים הסינפטיים הפוטנציאלי יכול להגיע עד 10,000 לנוירון בודד. בנוסף, ככל שנעשה יותר שימוש



בנוירון, הוא מתעטף ביותר מיאלין – חומר שומני שמגביר את מהירות ההולכה החשמלית בתא עד פי 12 לכ-120 m/s, וממילא את מוגברת יעילותו. [מהירות ההולכה של המחשב עולה על מהירות ההולכה במע' העצבים פי כמה וכמה אך יתרונו הבלתי מנוצח של המוח הוא שבמחשב ישנו מעבד אחד בלבד. ניסיונות לבנות מחשב עם מספר רב של מעבדים נתקלו בקשיים עצומים של ניהול המידע וצוארי בקבוק. במוח יש עשרות

⁴ רייטי עמ' 191

⁵ מדובר בתהליך מורכב עד מאוד והוא מובא כאן באופן פשטני הנצרך לענייננו.

מיליוני מעבדים הפועלים בעת ובעונה אחת תוך תיאום שלא ייאמן. מכאן שיעילותו של המחשב המשוכלל ביותר נחותה עשרות מונים מיכולתו של ילד מפגר.]

כיון שמספר הנוירונים במערכת האנושית הוא אסטרונומי, מספר הקשרים הסינפטיים התיאורטי גדול ממספר האטומים ביקום, כך שיכולת הלמידה האנושית היא כמעט אינסופית. בפועל, ההערכות הן שאדם משתמש בפחות ממאית האחוז (10^{-4}) מיכולת העיבוד המשוערת.

מהי למידה ברמה העצבית.

כל למידה מצמיחה את ההסתעפויות הדנדריטיות במוח. למעשה, מוחך, לאחר שתקרא עבודה זו יהיה שונה ממה שהיה לפני כן. באופן פשטני במקצת, ככל שיותר נוירונים מפתחים יותר הסתעפויות ונקשרים לנוירונים נוספים, הרשתות העצביות הולכות ונהיות מורכבות וסבוכות והיכולות הכלליות של המוח משתפרות. משל למה הדבר דומה? לתנועה הזורמת בכביש. אם הכביש עמוס התנועה נתקעת או מאטה. 'המשטרה מפנה את התנועה לנתיבים חלופיים' – אם יש כאלה. מורכבות הרשתות מאפשרת למידע לזרום באופן מהיר וחופשי ללא האטה או היתקעות. המוח הוא איבר דינמי. דרגת המורכבות של הרשתות משתנה ללא הרף לכל אורך החיים. ככל שמתרחש תהליך של גירוי-למידה, ממשיכה הרשת להתפתח ולהסתעף. כשמפסיק הגירוי - מפסיקה הצמיחה. נציין שהמדענים יודעים יותר 'מה קורה'. פחות 'איך' בדיוק זה קורה.

תנועה בהיבט רחב.

המחשבה הראשונה על תנועה מעלה בד"כ בזיכרון את תנועת הגפיים והראש. האמת שהתנועה קיימת בגוף כל הזמן ומשתתפת בתהליכים רבים. אם ניקח את הדיבור כדוגמה לפעולה שאינה מזוהה בדרך כלל עם 'תנועה', נראה שהוא כולל הפעלה של שרירים רבים מאוד בפנים, בלשון, במיתרי הקול ובעיניים. הדיבור מאפשר לנו לארגן את המחשבה, לשכלל אותה ובעיקר – לזכור ולעגן אותה. ברמה העצבית – התנועה הגופנית 'יוצקת' את המידע ברשתות העצביות ומקבעת אותו. ספציפית לדיבור, במהלך הדיבור משתחרר אצטילכולין - מוליך עצבי – נוירטרנסמיטר [אחד מלמעלה מ-50 סוגי מוליכים עצביים ידועים במוח]. אחת מפעולותיו (מלבד מעורבותו ביצירת זיכרון לטווח ארוך) כשהוא מופעל באופן מוגבר ועקבי היא עידוד צמיחה דנדריטית ועי"ז הרחבה של הרשתות העצביות. למעשה רבים יודעים שתוך כדי פעולה מוטורית כגון שחייה, הליכה או נגינה הם חושבים בצורה טובה יותר ואף זוכרים טוב יותר. מספרים שאלברט איינשטיין ניגן בכינור באופן קבוע ופעמים רבות היה מגיע לתובנות חדשות תוך כדי הנגינה – עוזב את הכינור ורץ לכתוב. תלמידים מתנדנדים על כסאות – אמנם יש בזה סכנה ואולי גם נזק לכיסאות אבל ברור שיש בכך תועלת ללמידה. ידוע שלפחות בגילאים הצעירים פעולות של נדנוד, סחרור וכדומה מגרות את האוזן הפנימית ה'מחוברת' לגרעינים ה'קסטיבולריים'. המבנים האלה מפעילים את ה RAS – reticular activating system, הנמצאת בפיסגת גזע המוח ואחראית על הקשב ע"י ויסות גירויים נכנסים.

השפעת התנועה על המערכת העצבית ועל הלמידה.

מחקרים רבים בבעלי חיים ובבני אדם הראו שפעולות שריריות ובמיוחד תנועות מתואמות מגרות את ייצורם של קבוצת חומרים הנקראת נוירטרופינים. חומרים אלה מזינים את תאי העצב ומגרים את צמיחתם – כלומר את הסתעפות הקישורים העצביים - כלומר את הלמידה. נדגים את הנושא. במחלת פרקינסון ה'חומר השחור' במוח [אזור נוירונים כהים במוח התחתון] מפסיק לייצר דופמין – נוירטרנסמיטר החיוני לתקינות העברת האותות העצביים במוח. חולי פרקינסון מראים הדרדרות ברמה המנטאלית ביחס ישר לנסיגה ביכולתם הגופנית. במשך שנים לא היה הסבר לתופעה זו.

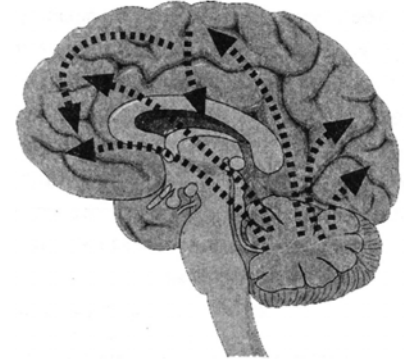
מטפלים בפרקינסון באמצעים שונים, החל מתרופות⁶, ועד השתלות רקמות מוח עובריות⁷. רופאים ניסו טכניקה כירורגית בה צרבו נקודה מסוימת באחד מגרעיני הבסיס. טיפול זה מקל במקצת את הרעידות ונוקשות השרירים.

⁶ כגון L-dopa המנסה לשפר את ייצור הדופמין.

⁷ נושא הכרוך בבעיות אתיות.

להפתעתם השתפר במקביל הזיכרון. היות שהגרעינים הבאזליים אינם מטפלים בשום תפקוד שכלי ידוע, היה צורך בחשיבה מחדש על תפקידם. מחקרים גילו קישורים עצביים בין הגרעינים לבין האונה הקדם מצחית שם מתבצע תכנון הסדר והזמן של התנהגויות עתידיות ועוד פעילויות 'שכליות' לרוב.

תפקידי המוח הקטן הידועים עסקו בתיאום תנועות הגוף – שיווי משקל, קואורדינציה ויציבה – טונוס השרירים. בעזרתו אנו מצליחים להישאר זקופים בתהליך מורכב של קליטת גירויים מהסביבה כדי לדעת לאן ינועו הגפיים ואילו שרירים צריכים להתכווץ כדי לשמור על היציבה הזקופה. המוח הקטן מחובר ביכול עצבי לקליפת המוח ממנה הוא מקבל מידע על הסביבה, הוא מעבד את הנתונים ושולח דרך אותו 'כבל' הוראות לקליפה המוטורית כיצד לפעול. עד כאן הכל פשוט, אלא ששני מדעני מחשב בפנסיה גילו שהמוח הקטן שולח הוראות לאזורים רבים ושונים ולא רק לקליפה המוטורית. עוד גילו שעובי כבל הסיבים אצל אדם גדול בהרבה מעובי אצל קופים, ובנוסף, מבנה מסויים בתוך המוח הקטן – 'הגרעין המשונן החדש' – באדם – אינו נמצא כלל אצל קופים. כידוע קופים אינם פחות טובים מאיתנו בכל הקשור לתנועה. המסקנה הייתה שהמוח הקטן ממלא תפקידים נוספים. בשלב מאוחר יותר התגלה שאנשים שנפגעו במוח הקטן סבלו מבעיות שכליות שונות כגון בעיות בתכנון, בחירת רצף מילים במשפט, וציור פרופורציונאלי. בסריקות⁸ מתברר שפעילות המוח הקטן גוברת מאוד כשאדם (תקין) נדרש לעשות פעולות הדורשות רצף הגיוני ולא דווקא רצף תנועתי.



ידוע שילדים שדילגו על שלב הזחילה עלולים לסבול מקשיי למידה בשלבים מאוחרים יותר. זחילה היא במהותה 'תנועה נגדית' הדורשת הפעלה של שתי המיספירות המוח וקשר ביניהן בכפיס המוח⁹. תנועה נגדית יוצרת אינטגרציה בין שני החלקים, דבר שמשפר את הקליטה החושית הכללית ואת עבודת העיניים התקינה שהן תנאי בסיס ללמידה. בכל תבנית של הטאי צ'י מצויות תנועות נגדיות רבות. למעשה בכל מצב בו היד עוברת את קו האמצע של הגוף והמודעות נמצאת בצד הנגדי (דוגמה 1: *להברי'ש את הברך שמאל* – יד שמאל עוברת מעבר לאמצע – ימינה, המודעות נמצאת ביד שמאל המנטרלת והממוקמת מצד ימין של הגוף. 2: *הליכה אחורה* – הרגל שעושה את הצעד מנוגדת ליד הבאה קדימה למול היריב. גם הידיים עושות תנועה נגדית זו לזו, 3: *ללטף את הסוס מלמעלה*, 4: המעבר מהתנועה הקודמת לבעיטות בפורם המסורתית, 5: *התרנגול עומד על רגל אחת*, 6: *תעופה אלכסונית*, 7: בתבנית ה-42 – מעברים רבים)

חשיבות התנועה לרגשות.

תנועה היא הביטוי הפיזי של הרגשות, באנגלית e-motion. דוגמה: לפני שאנחנו נעשים עצובים, מתעוררת מחשבה הנובעת מזיכרון של מצב בעבר, הווה או עתיד דמיוני. מחשבה זו גורמת להפקת מערך שלם של שליחים כימיים והורמונים המתרוצצים בכל הגוף. המצב הפיזיולוגי הזה גורם לשינוי ב'הרגשה' הפנימית שלנו. ההרגשה הפנימית גורמת לשינויים פיזיים גדולים יותר כגון ייצור דמעות, השפעה על הנשימה והדופק, לחץ הדם ועוד. אם אנחנו רוצים לשתף אחרים בהרגשתנו (באופן כללי), אנו עושים שימוש מקיף בהבעות הפנים וכן בבכי או צחוק. הבעות הפנים הן שימוש בתנועות עשירות ומאות שרירים קטנטנים תוך תיאום מדהים ביניהם ותוך התאמה מדויקת לסיטואציה. די לחשוב כמה מוזר נראה אדם ללא הבעות פנים כלל או הבעות שאינן מתאימות לסיטואציה. הבעות אלה נשלטות ע"י האמיגדלה (גרעין השקד) – צביר תאים קטן בקומה א' האחראי בעיקר על רגש הפחד וההישרדות במקרי סכנה.

⁸ ראוי להזכיר כאן מקצת מהאמצעים להדמיית המוח המשמשים את החוקרים:

MRI: הדמיית תהודה מגנטית- תמונות חתך באיכות גבוהה של רקמות רכות וללא קרינה.

fMRI: פונקיונאלי – תוך כדי פעולה של הנבדק.

NMRI: גרעיני, מהיר מאוד ומאפשר "לצלם" תהליכים המתרחשים לרוחב אזורים צרים מאוד, במיוחד במוח.

EEG: קורא את התפוקה החשמלית של המוח.

PET: טומוגרפיה של פליטת פוזיטרונים. הנבדק שותה מים עם סמן רדיואקטיבי. המכשיר קורא את כמות החומרים

הרדיואקטיביים המשתחררת כשאזורים במוח צורכים גלוקוזה – בעיקר תוך כדי פעילותם.

ספקטרומטר – מודד כמות חומרים כימיים שונים (נוירוטרנסמיטרים) במוח.

⁹ Corpus Callosum - מבנה של כ-10 ס"מ במוח התיכון המכיל כ-250 מליון סיבי עצב ומחבר את שתי ההמיספירות.

נקודה מעניינת: השליטה המוטורית על תנועות הקשורות לרגשות אינה נמצאת באותו מקום בו נמצאת השליטה על אותן תנועות עצמן אם הן רצוניות! לדוגמה: אדם שנפגע משבץ מוחי בקליפה המוטורית בצד שמאל (קומה ב'), לא יוכל להניע את שרירי הפנים בצד ימין וכשהוא רוצה לחייך יוצא לו משהו שנראה עקום. לעומת זה אם מספרים לו בדיחה והוא צוחק באופן ספונטני – החיוך שלו תקין לגמרי! הסיבה היא שהשליטה על הבעות הקשורות לרגשות ממוקמת בקומה א' התקינה – באמיגדלה ובגזע המוח.

תכנון, שקילה, הרהור, קבלת החלטות.

מהי קבלת החלטות? קליטת מידע מתפקודי המוח השונים – עובדות, דעות, מחשבות, זיכרונות וניבוי תוצאות. **מסדרים** את רצף חלקי המידע, **בונים** היררכיה, **מוסיפים** היגיון, בוחנים תוצאות ומחליטים על **שליחת** תגובה. כל התהליך מבוסס על תהליכים מוטוריים. אין זה דמיון סמנטי. הרשתות העצביות הפועלות בזמן תכנון 'שכלי' כזה הן אותן הרשתות הפועלות בזמן פעולה מוטורית ממשית!

דוגמה: אתה יושב במקומך ונשאל: כמה מדפים יש בארון הגבוה במטבח? אתה מדמיין שאתה הולך למטבח, מפנה את הראש לכיוון הארון, פותח את הדלת וסורק אותו מלמעלה למטה כדי להתמקד במספר המדפים שיש בו ועונה: ארבעה. דמיינת רצף פעולות מוטוריות והמוח השתמש באותם מעגלים עצמם כדי לדמיין את זה או כדי לעשות את רצף הפעולות בפועל. ידוע שספורטאים הצריכים לבצע רצף של תנועות מורכבות כגון בהתעמלות מכשירים, מדמיינים את רצף הפעולות במנוחה והדבר משפר את ביצועיהם. כך בדיוק יקרה אם במקום לתרגל את תבנית הטאי צ'י נדמיין את ביצועה לפי הסדר.

המסקנה מזה היא שאם ישופרו המעגלים העצביים של התנועה הפיזית, ישתפרו כל היכולות המשתמשות באותם המעגלים – תכנון, שקילה הגיונית, חשיבה סדירה ולוגית ועוד רבות. אין פלא א"כ שחולי פרקינסון מידרדרים שכלית ואין גם פלא לצד השני כמו שכותב ג'ון רייטי¹⁰: 'חולי פרקינסון שתירגלו טאי צ'י בקביעות חשו שיפור רב בסימפטומים הפיזיולוגיים והמנטאליים שלהם. תנועות מתואמות כמו בטאי צ'י מגבירות את הריכוז, את כוח הרצון, את האיזון וגם את היכולת להתמודד עם לחצים פיזיים ורגשיים'.

תנועה ובעיות נפשיות.

'הפרעה טורדנית כפייתית'¹¹ היא בעיה רגשית שכלית מובהקת. בפסיכיאטריה היא מוגדרת כבעיה של חרדות, דאגות ומחשבות טורדניות החוזרות על עצמן¹² בסריקות PET מתברר שבמהלך ההתנהגות הכפייתית נוצרת 'הינעלות'¹³ של מעגלים עצביים. ההפתעה היא שהדבר קורה במעגלים מגרעיני הבסיס אל הקליפה המצחית המוטורית – אזורים תנועתיים מובהקים.

למידת מטלות תנועה חדשות ותועלתן.

גמישות המוח היא דבר שלא ייאמן. כשמטלה חדשה נלמדת ע"י מעגלים מסוימים בקליפה המצחית מוטורית, נוירונים שכנים רבים 'באים לסייע' וזונחים את כל מה שהם עושים. אזור הלמידה מתרחב כדי שיוכל להכיל את מבול נתוני הקלט. לאחר שהמטלה נלמדה ובוצעה כמה פעמים, 'דפוסי הירי' של הנוירונים נעשים אוטומטיים. כבר אין צורך בעזרה ובקשב מודע כדי לבצע את המטלה. השכנים חוזרים למקומם. לכן אפשר לרכב על אופניים גם אם עשרים שנה לא עשית זאת¹⁴.

המידע המרוכז – תכנית העבודה 'יורדת' במודל הבית ו'מאוחסנת'¹⁵ במבנים תת קליפתיים – חלקם במוח הקטן וחלקם בגרעינים הבאזליים. לולא מנגנונים אלה היתה קליפת המוח קורסת רק מפעולות טריויאליות כמו לקום בבוקר. אם

¹⁰ עמי 425.

¹¹ Obsessive Compulsive Disorder – OCD

¹² למשל כפייתיות לניקיון, או להבדיל לתפילה.

¹³ הכוונה למצב של 'לולאה אינסופית' במעבר העצבי.

¹⁴ במסגרת כוללת יותר של זיכרון פרוצדוראלי.

¹⁵ הביטוי אינו מדויק ורק לצורך ההמחשה.

נפרט מה צריך המוח לעשות רק לסדרת הפעולות הפשוטות הראשונות נראה כמה מורכבות נדרשת ממנו: השעון מצלצל, אתה מתעורר, המוח צריך להנחות את גופך כדי להסתובב ולהרים את היד. עד לאיזה מרחק להושיט אותה, כיצד להניע את האצבע, איזו מידה של לחץ להפעיל וכל זה רק כדי לכבות את השעון. אחר כך צריך להורות באופן מודע לארבע הגפיים ולגב כיצד לתאם כיווץ והרפיה של עשרות שרירים ולבצע סדרת תנועות כדי להקים את הגוף מהמיטה ולעמוד באופן יציב, ועוד לא עשינו למעשה שום דבר – לא הלכנו צעד אחד. דרוש מנגנון יעיל ל'דחיפת' התכניות 'למטה', לאחסון ולנגישות עתידית לתוכניות שנלמדו. ככל שהדבר נעשה יותר, הרשתות העצביות הקשורות לפעולות הדחיפה, האחסון והשליפה – נהיות מורכבות יותר, מהירות ויעילות יותר. כשהרשתות יעילות יותר, למידת כל מטלה חדשה – שאינה מוטורית, נעשית יעילה יותר, הנירונים יעילים יותר בהסבת תפקידם והתגייסות ממוקדת, ובפינוי השטח ללמידה חדשה. אם נמשיך בדוגמת הקימה בבוקר, באופן זה אינך צריך לבנות מחדש כל פעם אלפי מבנים לשוניים כדי לקרוא את עיתון הבוקר או כדי לעשות כל פעולה שכלית שגרתית אחרת. תהליכים בסיסיים שכבר נלמדו מאוחסנים ב'מרתף' ובקומה הראשונה – גזע המוח, גרעיני הבסיס והמוח הקטן ומשם הם מבוצעים. הודות לכך, ניתן לבצע תנועות מורכבות ועדיין לשמור על קליפה מצחית 'שקטה' ופנויה להתבונן ולתאם נתונים ולהפעיל שיקול דעת בתהליכים שכליים.

'דחיפת' המידע התנועתי 'למטה' נעשית תוך 5-6 שעות. במהלך השעות האלה המוח מייצב את הייצוג העצבי ואת שמירת המטלות. מכאן שאם בתוך הזמן הזה מנסים ללמוד מטלה חדשה אחרת, שמירת המטלה הראשונה תיפגם, תתבלבל או תלך לאיבוד. מצד שני תרגול המטלה תוך זמן זה תסייע לחיזוק השמירה. לפיכך יש להמליץ בלימוד התבנית לחזור תוך זמן לא ארוך על הרצף החדש כמה פעמים כדי לקבע בזיכרון את הרצפים החדשים.

תנועה עם משמעות.

קשר נוסף וברור בין תנועה לתפקודים שכליים מודגם בעניין הבא. Ideomotor Apraxia- IMA, היא הפרעה הגורמת לכך שהחולה מתקשה לבצע פעולות מתאימות לשם שימוש בחפצים. אם מבקשים מהם להדגים בפנטומימה כיצד הם גוזרים במספריים, הם יניעו את אצבעותיהם כאילו היו מספריים, כלומר הם משתמשים באברי גופם כאילו הם הכלי. הם מתקשים לאחוז בגליל הדומה לכוס ולהראות כיצד יש לשתות מכוס. לעומת זה תפקודם בארוחה אמיתית לשימוש בכוס אמיתית היו טובים לאין שיעור. ככל שהיתה יותר משמעות לפעולה שנדרשו לעשות, ביצועיהם השתפרו. הסיבה שאומתה בסריקות היא שיותר נירונים השתתפו בפעולה שכללה משמעות. המסקנה הברורה היא שפעולה עם משמעות תיקלט טוב יותר אצל הלומד. השלכה פשוטה ללימוד הטאי צ'י היא לימוד היישומים או לפחות הדגמתם. תלמיד שמבין מה תפקידה – משמעותה של תנועה – מהם הכיוונים הנכונים וכו' יבצע אותה נכון יותר.

'משחקי מוח'.

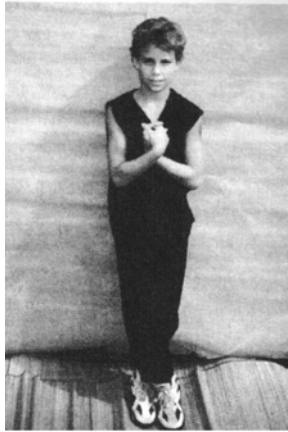
מדובר בסדרת תרגילים פשוטים להפליא שפותחו ע"י כמה חוקרים¹⁶ והם פועלים במגוון בעיות למידה תוך ניצול הידע הרב בנושא חשיבות התנועה ללמידה. כשקוראים את הרקע ואת הוראות הביצוע לתרגילים קשה שלא להיזכר במשהו מוכר..

למשל תרגיל הזחילה בהצלבה מיועד לחיזוק הקשר בין שתי ההמיספירות ותפקוד שלם יותר ומאוזן של המוח ועי"ז משפר את רמת הסקת המסקנות ברמה גבוהה. 'תנועות הזחילה הנגדית צריכות להתבצע באיטיות המרבית. כאשר התרגיל מבוצע לאט, הוא דורש יותר מעורבות ואיזון של מוטוריקה עדינה המפעילים במודע את מערכת שיווי המשקל ואת האונות הקדמיות בתיאום עם גנגליון הבסיס'¹⁷... מדובר בהליכה מוצלבת במקום, באמצעות נגיעה של מרפק ימין בברך שמאל ושל מרפק שמאל בברך ימין. בתרגיל 'אחיזת קוק' עושים כמה הצלבות של הידיים והרגליים. הצלבות מסוג זה מחברות רגש והיגיון [שתי ההמיספירות], מפחיתות את ייצור האדרנלין ועי"ז מורידות מתח¹⁸.

¹⁶ ד"ר פול דניסון שסבל בעצמו מדיסלקסיה וקשיים חזותיים. הנפורד עמ' 118.

¹⁷ הנפורד עמ' 125.

¹⁸ הנפורד עמ' 126. רצוי לקרוא את כל הפרק.



'זחילה בהצלבה'



'אחיזת קוק'

מתח ולמידה.

מן המפורסמות שלחץ ומתח מפריעים ללמידה. ברמה מקומית ההשפעה שולית אבל מתח לאורך זמן מזיק באופן משמעותי ללמידה ונחשב אחד מגורמי המחלות המשמעותיים ביותר. לחץ הוא תגובה לתחושת סכנה. במצב זה הגוף מפריש אדרנלין המעורר את תגובת 'מאבק או מנוסה'. הגוף מתכוון לגרוע מכל. זרימת הדם מוגברת אל הלב ואל השרירים הגדולים כדי להיות מסוגל לביצועים טובים יותר (וזה אכן עובד) ומופחתת אל מע' העיכול והמוח שכרגע הן 'מיותרות'.

תהליכים מורכבים מתרחשים ברמת התא. רמת אדרנלין גבוהה מביאה להפחתה בקוטביות קרומי התא¹⁹. הפחתה זו גורמת לכך שאנו הופכים לרגישים לכל גירוי הקל ביותר כדי להתגונן באופן יעיל. רגישות לכל גירוי אינה מאפשרת מיקוד, בודאי לא ריכוז הנחוץ ללמידה. למידה היא הדבר האחרון שהגוף 'רוצה' עכשיו. קורטיזול מופרש וגורם להגדלת רמת הסוכר בדם כדי להגדיל את יכולת השרירים לפעול. הויסות הוא על חשבון המוח - צרכן הסוכר הגדול שלנו. כמו כן הוא מכווץ כלי דם רבים. נמצא מיתאם ברור בין רמות קורטיזול גבוהות לבין למידה וזיכרון מופחתים ובעיות ריכוז. אם רמות הלחץ נשארות לאורך זמן, נפגעים מעגלים עצביים הקשורים ללמידה, יצירה והסקת מסקנות באופן כרוני. ברמה הפיזית חיצונית הגוף מקבל יציבה מתוחה²⁰ בעיקר באזורי הכתפיים והגב. ניתן להסיק בפשטות שעיסוק בתנועה תוך הרפיית מתח כדוגמת תרגול הטאי צ'י תעשה בדיוק את הפעולות ההפוכות ותסייע ללמידה, זיכרון, קשב מוגבר וצמיחת יכולות רבות.

GABA (Gamma-Amino-Butyric-Acid).

בהקשר הני"ל, חשוב לציין נירוטרנסמיטר אחד שזה שמו המפחיד. חומצה זו עושה בדיוק את הפעולות ההפוכות לאדרנלין. היא חוסמת גירויים לא חשובים ושומרת על מיקוד מרוכז. ברמת התא הדבר נעשה ע"י הגברת קוטביות הקרומים עד מצב שהם מגיבים רק לגירוי נבחר ספציפי. למשל, כאשר אנו קוראים ספר מרתק אנו בוחרים לחסום גירויים אחרים בזמן והמרחב. כאשר אנו ישנים אנו בוחרים לחסום גירויי אור ורעש ואת תחושת המיטה על העור כדי שנוכל לישון 'בשקט'. [גברים גם חוסמים את קולות התינוק הבוכה.. את זה רק האם שומעת..]. כשאנו לומדים בכיתה, אנו חוסמים גירויים כמו קולות הרחוב, רעש כלי כתיבה שנפל, צחוק ילדים בחוץ וכד'. GABA נותנת לנו אפשרות להיות 'נוכחים' במובן המלא של המילה. מי שאינם מסוגלים להשתמש בה הם ה'היפראקטיביים'. דעתם מוסחת מכל דבר והם מתקשים להתרכז וללמוד. וכעת לשאלה הפשוטה: היכן מיוצרת חומצה גמה-

¹⁹ מדובר בתהליך מורכב מאוד. הקוטביות הנורמלית היא כ-70mv, כלומר שמחוץ לקרום התא יש מתח של 70mv – ובפנים +70mv. קוטביות הקרום נקראת גם 'פוטנציאל הקרום הנח'. התפקוד העצבי האופטימלי תלוי בקוטביות הקרום התקינה. קוטביות תאית גבוהה מעלה את סף הרגישות של הקרום לגירויים מבחוץ, מה שגורם להפחתה בקליטת גירויים מיותרים וכן לשלמות הקרום מול גורמים פאתוגניים מבחוץ. קוטביות גבוהה מאפשרת לנו 'לבחור' את הגירויים המתאימים בנקודת זמן נתונה. באופן מתמיד יש שאיפה של המתח להתאזן ע"י החלפת אטומים בעלי מטען חיובי ושלילי מחוץ לתא אל תוכו ולהפך. כדי לשמור על המתח המתמיד בקרום התא ישנו מנגנון הנקרא 'משאבת סודיום מטסיים' – נתרן אשלגן, המעבירה באופן אקטיבי יונים חיוביים של נתרן אל מחוץ לתא ומותירה בתוכו יונים שליליים שונים. תהליך זה מתבצע ללא הרף ולאחר כל מעבר עצבי (שהשתמש בפוטנציאל הני"ל) יש צורך לחדש את המתח. המנגנון מסוגל לעשות זאת 200 פעם בשנייה..²⁰ דיכטולד לאורך כל הספר.

אמינובוטירית? באזורים הקשורים ביותר לתנועה ובמיוחד לתנועות עדינות ומתואמות. לפי עקרון המשוב²¹ ברור שביצוע תנועות מהסוג הנ"ל משפר את ייצור GABA ויגביר את זמינותה, ובכך יוביל לתשומת לב ממוקדת וללמידה טובה יותר.

סיכום.

התנועה היא מהגדרות הקיום האנושי. חלקה בכל התפקודים המוחיים הגבוהים מוכח וברור ואף המנגנונים מובנים. לכן כל פעילות של תנועה ובמיוחד פעילות מובנית של תנועות מתואמות ועדינות תורמת ללמידה לצמיחה האנושית ולחיים טובים ושמחים יותר. תרגול טאי צ'י מסודר וקבוע בהקשר הזה עונה על כל הקריטריונים ולפיכך אנו מניחים, ואף נראה שהדבר מוכח במחקרים, שתרומתו גדולה מאוד לכל התפקודים ה'גבוהים' – הלמידה, החשיבה, הזיכרון ואף הרגש.

²¹ הכוונה לתופעות הקשורות זו בזו באופן ששינוי באחת מהן משפיע על חברתה. אפשר להדגים זאת בכמה דוגמאות.

א: המערכת ההורמונאלית כולה בנויה על עקרון המשוב, למשל: ההיפופיזה – 'רמטכ"ל' בלוטות ההפרשה הפנימית - 'מצווה' על בלוטת התריס להפריש הורמון T4 לזרם הדם. ללא הרף היא גם מוודאת שהוראותיה מתקיימות ע"י ניטור כמות ההורמון המבוקש בדם. אם יש מספיק – יפחתו או ייפסקו ההוראות לבלוטת התריס. אם אין – יוגברו ההוראות. למעשה בדיקת מצב המטופל היא ע"י בדיקת כמות ההורמון TSH בדם שהוא שליחה של ההיפופיזה לבלוטת התריס. אם הכמות גדולה מדי יש להסיק שבלוטת התריס נמצאת בתת תפקוד (Hypothyroidism), יותרת המוח 'דוחקת' בה לפעול אך היא אינה מסוגלת ולכן יש לתת למטופל T4 באופן חיצוני.

ב: הרפלקסולגיה טוענת שכל הגוף משתקף בכפות הרגליים וניתן לדעת הרבה על מצב המטופל ע"פ מבנה כפות רגליו, צבען, המרקם וכו'. הרציונאל הוא שאם איברי הגוף משתקפים בכף הרגל הרי שטיפול בכף הרגל ישפיע על מצב הגוף.

ג: אם נלך רחוק יותר, הגרפולוגיה טוענת שע"פ כתב ידו של אדם ניתן לדעת הרבה על אופיו. ישנה סברה האומרת שאם נוכל לגרום לשינויים מכוונים בכתב היד – יושפע אופיו של בעליו.

ד: חולי פרקינסון מידרדרים תנועתית וביחס ישר - מנטאלית. 'בכיוון ההפוך' הוכח שטיפול תנועתי משפר את גם את המצב המנטאלי.

ה: כאן הטענה היא שמערכת ייצור GABA קשורה קשר הדוק למערכת התנועתית, וממילא יש לומר ששיפור מערכת התנועה והיכולת התנועתית תיצור שיפור במערכת ייצור GABA וזמינותה למוח.

- גינסון, אי (2003). *חונק לנער על פי מוחו*. ירושלים: ברנקו-וויס.
- דיכטוולד, קי (2001) *גופנפש*. לוד: זמורה-ביתן
- הנפורד, קי (2000). *חכמה בתנועה*. טבעון: נורד.
- לדו, גי (2005). *המוח הרגשי*. תל אביב: עם עובד
- ראמאצינדראן, ר' ס' ובלייקסלי, סי (2004) *תעתועי מוח*. אור יהודה: ספרית מעריב
- רייטי, גי (2005). *מדריך למשתמש במוח*. אור יהודה: כנרת זמורה-ביתן.