

# המוח יכול

## נוירופידבק כטיפול

באמצעות נוירופידבק ניתן ללמוד להשפיע על פעילותו החשמלית של המוח, כפי שהיא באה לידי ביטוי ב־EEG, וכך לטפל בבעיות נוירולוגיות קשות וכן בבעיות התנהגותיות, כגון הפרעות קשב, ואף להקל על חולים שאינם יכולים להניע את איבריהם

“גלי המוח” מעורר הקרקפת – הלא הוא אא”ג (EEG), ומשוב ביולוגי – ב־נוירופידבק.

החוקר הגרמני ממוצא שווייצי אמיל היינריך דה בואה־רימונד (Du Bois-Reymond), הנחשב כמייסד האלקטרו־פיזיולוגיה הוכיח בשנת 1843 כי בעצבים הקפיים (פְּרִיפְרִיים) בגוף מתרחשת פעילות חשמלית בצורת אימפולסים, וכי אימפולסים אלה מתקדמים לאורך העצבים. ב־1875 השתמש הבריטי ריצ'רד קטון (Caton) בגלגל־נומטר – מד זרם פשוט אך רגיש – וגילה כי במוחות חשופים של ארנבות וקופים מתרחשים גלים של פעילות חשמלית. בשנת 1929 הצליח הפסיכיאטר הגרמני הנס בֶּרְגֶר (Berger) לרשום בעזרת אלקטרודות שהוצמדו לעור קרקפתו של אדם שינויים חשמליים שמקורם פעילות של המוח; זהו ה־EEG, אלקטרו־אֶנְצֶפְלו־גְרַף. ברגר הניח שאם האא”ג מהווה מדד לסמנים ביולוגיים שתואמים התנהגות אנושית, אזי רישום כזה יכול לשמש ככלי איבחוני חשוב לנוירולוג ולפסיכיאטר. בשנות השלושים והארבעים של המאה ה־20 נמצאו דגמי אא”ג אופייניים לאנשים שסובלים מליקויים נוירולוגיים, כמו למשל כיפיון (אפילפסיה), וכן – דגמים ייחודיים למצבים פיזיולוגיים תקינים כמו למשל השלבים השונים בשינה.

מהפכת המחשב חדרה כמובן גם לתחום רישומי האא”ג, וכיום מתאפשרת בדיקה כמותית של מדדי האא”ג השונים; זוהי בבחינת קפיצת מדרגה בשימוש באא”ג ככלי איבחוני בידי המטפל.

### מנכ"י המוח למכשיר האנליזה

רישומי האא”ג מצטיינים בכושר הפרדה מעולה מבחינת הזמן – במדידת EEG ניתן לעקוב אחר שינויים שמתרחשים במוח בהפרשים של אלפיות שניה אחדות. אבל כושר ההפרדה המרחבי שלהם דל

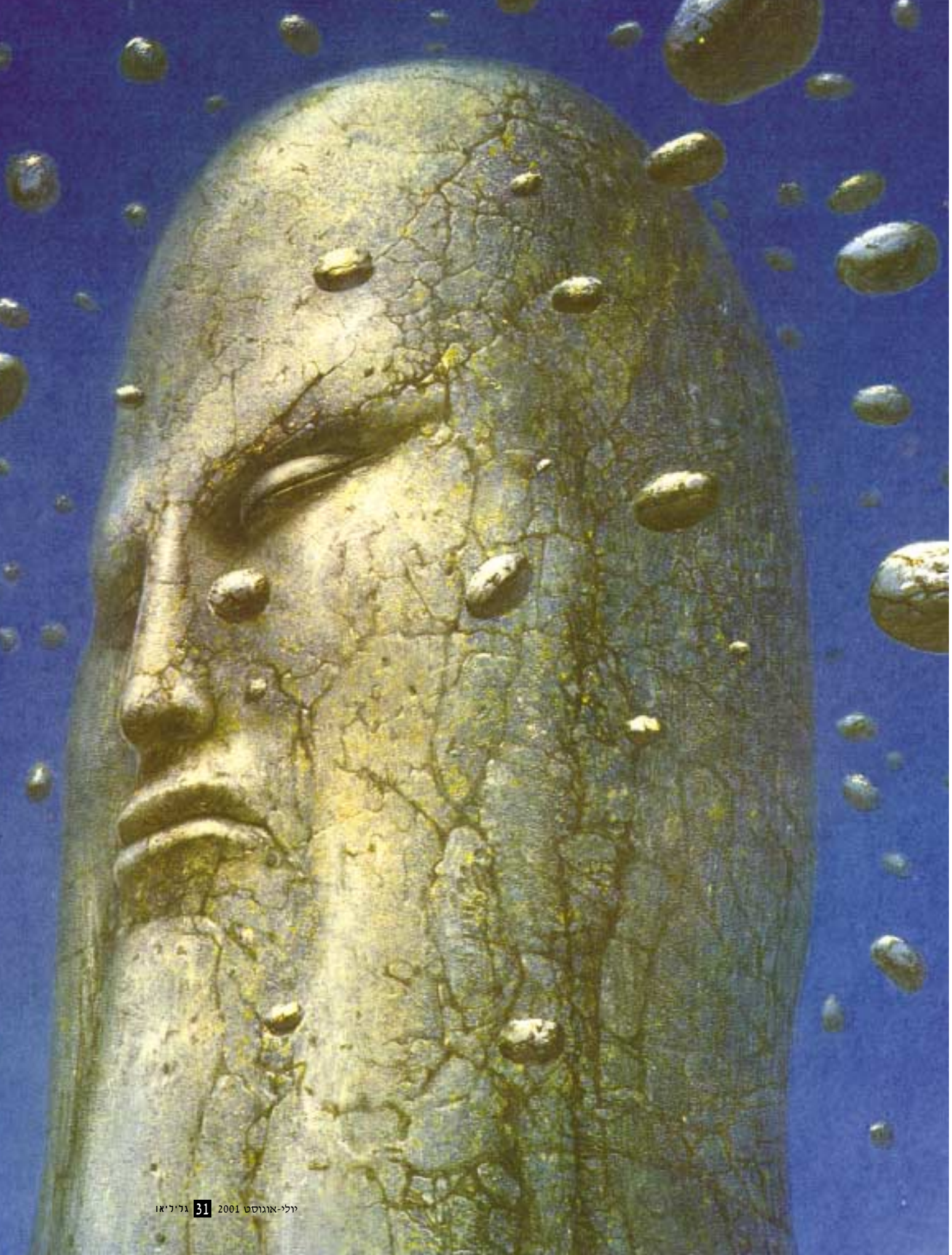
נשים שבגופם נהרסים תאי העצב הפוקדים ישירות על הפעלת השרירים הרצוניים הופכים לאנשים חסרי ישע. תפישתם נותרת צלולה, מחשבתם בהירה וחושיהם חדים כרגיל, אך אין הם יכולים לנוע, להניע את גפיהם ואצבעותיהם, וכשהמצב מחמיר אין הם יכולים להפעיל את שרירי הדיבור, אפילו להניע את העפעפיים, והם מתקשים בבליעה. אכן, חוסר ישע נורא. מחלה כזו היא מחלת ALS (Amyotrophic Lateral Sclerosis), שמכונה גם “מחלת לוֹ גֶהֶרִיג”. חולה במצב זה אינו יכול לתקשר עם הסובבים ואין לו שום דרך מקובלת להביע את רצונותיו.

והנה, במכון לפסיכולוגיה התנהגותית שבטיינגן, גרמניה, פיתחו נילס בירבאומר (Birbaumer) ועמיתיו מכשיר שמגיב לשינויים בפעילות החשמלית המוחית של האדם, כפי שהיא מתבטאת על גבי עור הקרקפת, וכך יכול החולה לכתוב בכוח מוחו, ללא הפעלת שריר כלשהו בגופו. אלא שמלכתחילה אין החולה, או כל אדם אחר, יודע כיצד “לכתוב” בעזרת פעילות מוחו, ועליו ללמוד זאת. הלימוד נעשה בשיטת הנוירופידבק.

באמצעות טיפולי נוירופידבק לומדים כיום חולים לשלוט בהתקפי כיפיון (אֶפִּילֶפְסִיה), וחולים רבים השתחררו הודות לכך מן התלות בתרופות. שיטת הנוירופידבק משמשת כיום גם לשיפור מצבם של אנשים הסובלים מתסמינים מציקים רבים: מיגרנות, לחץ דם גבוה, חרדות, לחץ נפשי, טוֹרְט, והפרעות קשב (ADHD). יש גם טיפולי נוירופידבק שנועדו להעלות את הריכוז, למשל של ספורטאים, או של מוזיקאים – נגנים שצריכים ריכוז גבוה בעת הופעה.

### חשמל מן המוח

שני שערים, שני מבואות, יוליכו אותנו אל מחוז הנוירופידבק: רישום





תמונה 1

אא"ג-כמותי, QEEG. מימין מופיעה מפת מוח שמתארת את פיזור התדרים השונים על פני הקרקפת

למדי – משמעות הדבר היא שקשה לאפן (לזהות מיקום) את האתר המוחי המדויק ממנו בוקע רכיב מסוים של האא"ג. לפיכך, בבדיקות אא"ג קשה לזהות את המבנה המוחי המעורב בפתולוגיה מסוימת.

האלקטרו-אנצפלו-גרף נרשם, כאמור, מעור הקרקפת. הוא נובע מסכום הפעילויות של קבוצות רבות של תאי עצב המאכלסים את קליפת המוח. הפעילות המחזורית שנצפית בקליפה, מניחים שמקורה בפעילות תאי עצב שמקשרים את התלמוס וקליפת המוח הגדול, הקורטקס. התלמוס הוא חלק ממוח הביניים, והוא שולח אותות רבים במיוחד לקליפת המוח הגדול. התלמוס משמש כעין תחנת-מעבר בין איברי החוש לבין קליפת המוח הגדול. מתברר שיש גם מסלולים עצביים שכיוונם הפוך – קליפת המוח הגדול שולחת מצדה עיצוב מאסיבי אל התלמוס; עובדה זאת חשוב לזכור שהרי הנושא הוא נוירופיזיק, מושג שכולל בתוכו את רעיון המשוב. ואולם חלק מפעילות האא"ג מקורה במסלולים עצביים שבתוך קליפת המוח עצמה.

בתלמוס שוכנים תאי-עצב שלהם פעילות המתנוודת בקצב של 7.5 עד 12.5 תנוודות בשניה (הרץ, Hz). קצב זה מהווה את "גלי אלפא", וזה התדר העיקרי שמאפיין רישום אא"ג של אדם בריא, עירוני, שעיניו עצומות. מבנים מוחיים אחרים (כמו למשל הגרעינים הרטיקולריים, ששוכנים בגזע המוח, וכן תאי עצב שמקשרים בין התלמוס לגרעינים הרטיקולריים) יכולים להאט את הקצב הבסיסי הזה, גלי אלפא. זאת, בדרך של הפרשת שליחים עצביים (נוירורנסמיטרים) מעכבים, כמו למשל השליח העצבי

גאב"א (חומצה גאמא-אמינו-בוטירית). ככל שהפעילות החשמלית של תאי העצב המוחיים איטית יותר התדר גבוה ומשךעת הגלים נמוכה. העיכוב בקצב התנוודות העיקרי יוצר גלים בעלי תדר נמוך מאלפא, המכונים "גלי טתא". הקצב של גלי טתא הוא 3.5 עד 7.5 הרץ. האטת קצב הפעילות בתלמוס מורידה את ההולכה של מידע חושי מהתלמוס לקליפת המוח הגדול – לקורטקס.

קליפת המוח הגדול היא גם מקור לפעילות חשמלית בעלת קצב מהיר יותר, ומניחים שזו תולדה של תהליכי עיבוד מוחיים ספציפיים. את הגלים המאפיינים טווח פעילות זה מכנים "גלי ביתא" – התדר שלהם נע בין 12.5 ל-20 הרץ, ואף למעלה מזה. גלי ביתא הם תוצר של פעילות תאי-עצב בתוך קליפת המוח עצמה, או של תאי-עצב השוכנים בתלמוס ומשפיעים על תאי קליפת המוח.

נוכחנו כבר כי גלי המוח כפי שהם נרשמים באא"ג מתוארים תוך שימוש בשני מאפיינים: תדר ומשךעת (אמפליטודה, "גובה"). התדר מתאר את מספר התנוודות ביחידת זמן, ומבוטא ביחידות הנקראות הרץ – מספר המחזורים בשניה אחת (Hz). המשרעת היא מדד לגובה הגל והיא נמדדת ביחידות של מתח-חשמלי, מיקרו-וולטים. מתברר כי באא"ג קיים כרגיל יחס הפוך בין התדר לבין המשךעת: לגלים נמוכי תדר (מספר קטן של הרצים) יש בדרך-כלל משרעת גבוהה (הרבה מיקרו-וולטים), בעוד שלגלים גבוהי תדר יש כרגיל משרעת נמוכה יותר.

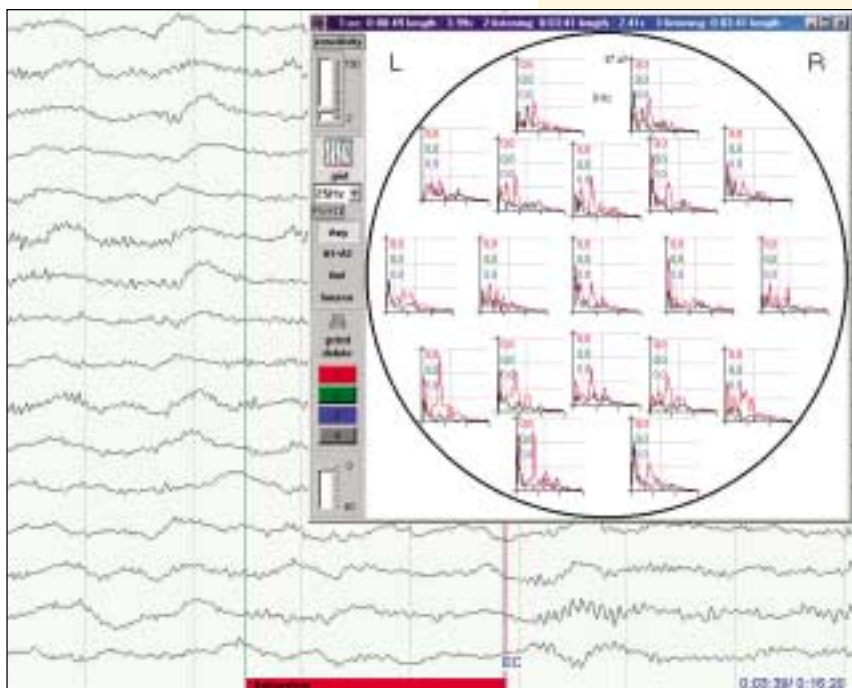
דגם האא"ג, כלומר – הרכב התדרים, משתנה עם הגיל, והוא משתנה באדם במהלך היממה, או במצבי נפש שונים; הוא משתנה בזמן שינה, כשעושים מדיטציה, וכן במצבי מחלה (מצבים פתולוגיים) שונים של האדם.

מצב של חרדה, דיכאון, שיטיון (דמנציה), כפייתיות (obsessive compulsion), סכיוזופרניה, אפילפסיה, לקויות למידה והפרעות קשב – מצבים אלה, ועוד רבים אחרים, מתבטאים בפעילות מוחית חשמלית אופיינית, שונה מן הפעילות התקינה.

השיטה שבה מפרקים את ה-EEG למרכיביו לפי תדרי הגלים נקראת אא"ג-כמותי (QEEG, quantitative-EEG). בשיטה זאת עורכים על רישום האא"ג פעולה הנקראת: טרנספורמציה של הגלים על פי עוצמת תדרים (ובלשון מקצועית – טרנספורמציה פורייה). כך מתקבלת תמונה של הרכב התדרים השונים ועוצמתם. ניתוח זה, כשהוא מוצג בצורה ידידותית למטופל, הוא הבסיס לנוירופיזיק.

### הפרעות קשב – מועט ומרובה

הרעיון שהפרעות בפעילות המוחית יכולות להיות הגורם לבעיות קשב וריכוז ולתופעות של תנועות-יתר בקרב ילדים עלה לראשונה בראשית שנות ה-20 של המאה העשרים. הסיפור קשור למגיפה הנוראה שהשתוללה ברחבי



■ **ילדים עם הפרעות קשב ואימפולסיביות יש עודף ניכר של גלי מוח איטיים, בעיקר בקדמת המוח, ובמקביל – מיעוט בולט של גלים בעלי תדר גבוה**

■ **הטיפול מביא לשיפור משמעותי בתסמינים, כמו הפרעות קשב ואימפולסיביות, וכן נתקבלו דיווחים על עליה בהשגים לימודיים ובמבחני אינטליגנציה**

צלצל גם אם לא הוגש מזון. זוהי התניה קלאסית, המכונה גם התניה פאבלובית. בהתניה אופרנטית, לעומתה, נוצר קשר בין התנהגות מסוימת לבין תוצאה (רצויה – "פרס", או לא-רצויה – "עונש").

במקרה של ביופידבק, התנהגות רצויה מקנה נקודות או מחמאות, כחיזוק חיובי. בשיטה זאת מחברים חיישן הבוחן את המדד שעליו רוצים להשפיע, למשל – המתח של השריר, הטמפרטורה של קצות האצבעות, או לחץ הדם. החיישן דוגם את המדד והמטופל מקבל מידע על הרמה של אותו מדד, לאמור – הוא מקבל משוב (פידבק). בעקבות אימון מצליח המטופל לשלוט במדד, לשנות אותו, לשפרו בכיוון הרצוי.

ניורופידבק הוא ענף מתחומי הביופידבק – במקרה זה מעוניינים להגיע לבקרה ולשינוי של תהליכים מוחיים. ההנחה בבסיס השיטה טוענת שההתנהגויות, כל ההתנהגויות – הן התקינות והן הלקויות, הן פרי פעילות מוחית, פעילות שחלקה נמדד באמצעות האא"ג. בשנים האחרונות מקובלת ההנחה שבעזרת שיטות של התניה קלאסית ניתן לגרום לשינויים בפעילות של מסלולים עצביים, וכי בעקבות אימון חוזר ניתן לשנות מדדים מוחיים וכך לגרום לשינוי התנהגותי. קליפת המוח הגדול, הקורטקס, היא מבנה מפותל ביותר, וחלקים גדולים ממנה חבויים בתוך הקיפולים, כך שפעילותם החשמלית לא ניתנת לרישום בעזרת אלקטרודות חיצוניות הצמודות לעור הקרקפת.

לשם טיפול ניורופידבק מצמידים מוליכים עדינים, אלקטרודות, לעור הראש, ואת הזרמים החשמליים הזעירים הנקלטים מעבירים דרך מגברים ומסננים אלקטרוניים למכשירי האנליזה. תוצאת האנליזה – המציגה את מאפייני האא"ג שלו – מוצגת בפני המטופל.

### על התולים ומשחקים

באמצע שנות הששים של המאה ה-20, חקר פרופ' בארי סטירמן, חוקר שנה ידוע מאוניברסיטת קליפורניה, התניית

העולם למן 1917 ועד שנות ה-20, מגיפה נגיפית של המוח. הרופא הוינאי קונסטנטין פון אקונומו (von Economo) חקר מחלה רבת-פנים זו וכינה אותה אֶנְצֶפְלִיטִיס לְטָאֶרְגִיקָה (וראו: ג'והן פינברג – 'מחלת פרקינסון – דו"ח מצב', גליליאו 45, בעמ' 29); לעתים מכנים אותה "מחלת פון-אקונומו". אותם קורבנות המגיפה ששרדו, ברבים מהם התגלו בהמשך התנהגויות מוזרות. היו ביניהם ישנוניים, חסרי קשב, ולעתים קרובות שרויים בתרדמת (coma); לעומתם היו שהתגלו בהם תופעות הפוכות: חוסר מנוחה, קשיי שינה חמורים, אימפולסיביות וחוסר שליטה בהתנהגות. התברר כי בקרב חולי הקבוצה הראשונה פגיעת הנגיף התמקדה בגזע-המוח, ואילו בקבוצה השניה הזיק הנגיף להיפותלמוס. פון-אקונומו הסיק ששתי מערכות מוחיות אלו משתתפות בבקרה על העירנות הנפשית והפיזית.

שנים רבות מאוחר יותר הסתמכו ניורולוגים על מסקנותיו של פון-אקונומו, וייחסו לילדים שהתאפיינו בתנועתיות יתר, בקשב קצר-טווח ובתנדודות במצב-הרוח מצב שכינו "נזק מוחי זעיר" (minimal brain damage). ההתנהגויות הללו מלוות במקרים רבים באא"ג הכולל כמות רבה של גלי מוח בעלי תדר נמוך. כך עלתה תיאוריה מפתיעה, לפיה ילדים המגלים תנועתיות-יתר שרויים למעשה במצב של תת-עירנות! רק בשנת 1968 נתקבלה ההגדרה של "ליקוי חוסר הקשב", ADD (Attention Deficit Disorder), והמונח "נזק מוחי זעיר" הוצא משימוש מחוסר ראיות מוצקות לנזק מוחי כללי.

במהלך חמש-עשרה השנים האחרונות הצטברו נתונים רבים אודות מאפייני אא"ג של ילדים עם הפרעות קשב ואימפולסיביות. באא"ג שלהם עודף ניכר של גלי מוח איטיים (גלי אלפא וטטא), בעיקר בקדמת המוח – בחלקים הקדמיים של קליפת המוח הגדול (באזור הקדם-מצחי ובאונה המצחית), ובמקביל באא"ג שלהם מיעוט בולט של גלים בעלי תדר גבוה (גלי בֵּיטָא).

### התניה ושליטה

ממחקרי למידה והתנהגות התברר כי בשיטות התניה קלאסית והתניה אופרנטית ניתן לשנות מדדים פיזיולוגיים-גופניים הנמצאים תחת בקרת מערכת העצבים ה"עצמאית" (אוטונומית) או מערכת העצבים המרכזית.

במאמר מוסגר נזכר כי למידה שבה מקושרים גירויים ותגובות היא למידה מותנית – התניה. הפיזיולוג הרוסי איוון פטרוביץ' פֶּאָבְלוֹב (Pavlov) העלה את רעיון ההתניה בעקבות מחקרו בכלבים. בכל פעם שהגיש מזון לכלב דאג שיצלצל פעמון. נוכח המזון הכלב הזיל ריר. לאחר מספר חזרות, בהן צלצל הפעמון בכל פעם שהוגש האוכל, נוצר בכלב קשר בין צלצול הפעמון (הגירוי המתנה) להגשת מזון. לאחר שנוצר קשר זה, מפיו של הכלב הופרש ריר כשהפעמון



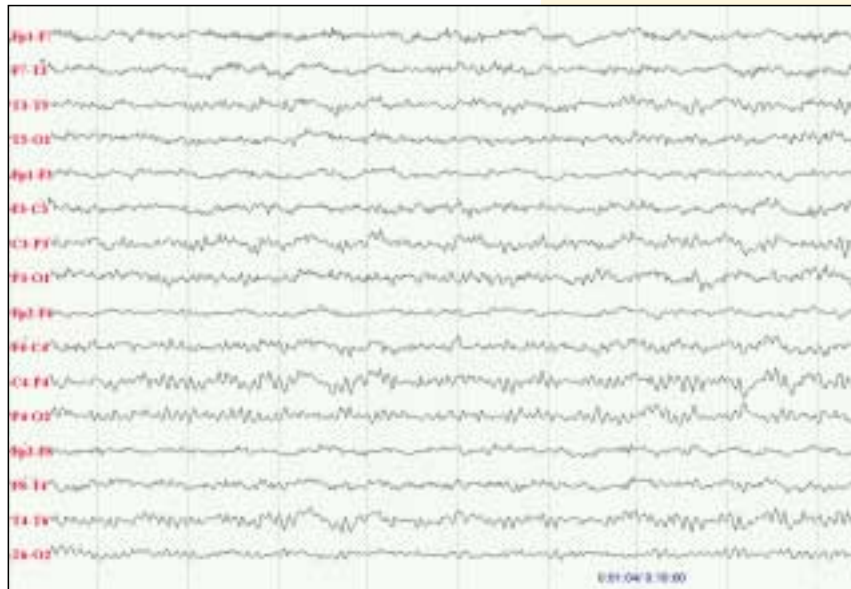
נמצא במצב של דריכות גבוהה, מוכן לצייד אך מעכב את תנועותיו, נוצרים בקליפת המוח התנועתית שלו גלים אופייניים, בתדר שבתחום גלי ביתא, אך שהם אופייניים למצב של דריכות עם הקפאת תנועה. מדובר בגלים בתדר של 12 עד 15 הרץ. גלים אלה מכונים (Sensory SMR Motor Rythm).

מאוחר יותר גילו ג'ואל לובאר (Lubar) ואנשי צוותו שניתן לאמן ילדי ADHD – ילדים עם הפרעות קשב וריכוז ועם תנועתיות יתר, "לייצר" גלי SMR ולדכא גלי טטא, וכי שינוי זה בגלי המוח משפר באופן משמעותי את מצבם, תנועתיות היתר מתמתנת והם מצליחים להתרכז. השיפור הביא גם לשיפור בהתנהגות החברתית של הילדים.

במאמר מוסגר ראוי לציין כי ריטלין ותרופות דומות, הנפוצות בשימוש טיפולי בילדי ADHD, גורמות גם הן להעלאה של פעילות גלים בעלי תדר גבוה. ואכן, גם תרופות אלו משרות יכולות קוגניטיביות וממתנות תנועתיות יתר. במהלך פגישת הטיפול בניוירופידבק המטופל יושב בצורה נוחה, כשמולו צג של מחשב המחובר למחשב של המטפל. גלי המוח שלו נקלטים באמצעות אלקטרודות המודבקות לקרקפת. הגלים מוגברים, כאמור, באמצעות מגברים ומסוננים במסננים מיוחדים בכדי להיפטר מתדרים שמקורם ב"רעשי רקע" חשמליים. תוכנה מתאימה מתרגמת את יחסי התדרים השונים לכנין משחקי מחשב, באמצעותם מציגים למטופל, בדרך ידידותית ומעניינת, את המטרה אליה עליו לשאוף.

מהלך הטיפול נקבע על סמך ממצאי ה-QEEG. נניח שנמצא, כמו אצל ילדי ADHD, כי יש עודף בולט של גלי טטא או אלפא (כלומר, גלים בעלי תדר נמוך) ומיעוט של גלי ביתא (גלים גבוהי תדר), לאמור – נמצא יחס גבוה מדי של גלי טטא לגלי ביתא. התוכנה בוחנת את היחס טטא לביתא, וכל פעם שהיחס יורד מתחת לרמה הרצויה (שנקבעת בכל מקרה ובכל מפגש לגופו), משתנה משהו בתצוגת המחשב שבה צופה המטופל. למשל: מכונית נוסעת על כביש, והמשימה של הנבדק היא לגרום למכונית – בעזרת היחס של גלי מוחו – לנסוע מהר מבלי לסטות מן הכביש (וראו ידיעה במדור עתידנות בגיליון זה). ככל שהמכונית עוברת דרך ארוכה יותר מבלי לסטות מהכביש, המטופל מקבל יותר נקודות. המטופל זוכה, אם כן, ב"פרס" עבור השגת המטרה. המשוב נעשה בצורת צלילים ונקודות שמוצגות על המסך, ושליטה במשחק. באופן זה הנבדק לומד לזהות את פעילות המוח האופטימלית, לומד לייצר אותה בעצמו, ולשפר את השיגור.

ממחקרים בהם עקבו אחר מטופלים, ילדי ADHD שעברו טיפולי ניוירופידבק, התברר כי הטיפול מביא לשיפור משמעותי בתסמינים, כמו הפרעות קשב ואימפולסיות, וכן נתקבלו דיווחים על עליה בהשגים לימודיים ובמבחני אינטליגנציה.



## תמונה 2

רישום אופייני במצב של עיניים עצומות

התנהגות בחתולים. הוא לימד אותם לחוץ על דוושה כל פעם שרצו לקבל מזון. אחרי שהחתולים למדו לבצע את המשימה, הכניס החוקר גורם נוסף לניסוי: צליל. אם החתול לחץ על הדוושה בזמן שנשמע הצליל, הוא לא זכה במנת המזון הנחשקת. החתול צריך היה, להמתין עד שהצליל ייפסק, ורק אז לחוץ על הדוושה. אם החתול השכיל "לשלוט בעצמו" ארזא זכה במנת המזון. וכך, כל פעם שהצליל הושמע, היה על החתול להמתין, להימנע מלחיצה על הדוושה ורק כשהצליל נפסק לחוץ כדי לזכות בפרס. בעת שנשמע הצליל נכנס החתול למצב מיוחד של "עיכוב פעילות". סטירמן חשב שמצב זה, של עיכוב תנועה, חייב להתבטא בפעילות מוחו של החתול. כדי לבדוק השערה זאת החדיר אלקטרודות עדינות למוחו של החתול, לאזור קליפת המוח התנועתית (מוטורית), ואכן התברר שכשהחתול

שם	תדר (Hz)	אופיונים נורמליים	אופיונים קליניים
דלתא	4-0.5	שינה עמוקה	פגיעות ראש, coma חרדה, הפרעות מִטְבּוֹלִיּוֹת חמורות
טטא	4-8	במצבי יצירתיות ("אהה!")	מצבים פסיכויטיים, ובמצבים של חוסר שיפוט מציאות תקין, התקפי אפילפטיה, פגיעות ראש, ADD
אלפא	8-13	מצבי רוגע, חוסר מיקוד, חלומות־בהקיץ	ירידה פתולוגית במצבים של דיכאון, במצבי עקה, ADD
SMR	12-14	רגיעה גופנית, עוררות מנטלית	ירידה ב־ADD וב־OCD, במצבי חרדה, במיגרנות.
ביתא <sup>1</sup>	12-15	פעילות קוגניטיבית גבוהה	ירידה ב־ADD
ביתא <sup>2</sup>	16-24	עוררות, תגובה לאיום	עליה במצבי חרדה, תחת השפעת סמים, כאבים כרוניים

## משוב במקום תרופה

זוכרים את החתולים של בארי סטירמן, האיש שהגדיר את גלי SMR הקשורים בעיכוב תנועה? ובכן, אותו סטירמן עבד עם חיל האוויר האמריקאי, ששקד לפתח דלק מיוחד לחלליות, חומר הנקרא מונרמיתל-הידראזין. לדלק זה נודעה חשיבות רבה מאד במירוץ על כיבוש החלל בין רוסיה לארה"ב. הבעיה היתה שהדלק הזה הוא חומר רעיל במיוחד, ומי שבא במגע כלשהו עם החומר נתקף מיד בחילות והתקפי אפילפסיה קשים. סטירמן קיבל על עצמו לחקור את החומר המסוכן הזה. הוא הזריק מעט מחומר זה לחתולים, לאחר שחיבר להם אלקטרודות לרישום אא"ג. רוב רובם של החתולים פיתחו, בעקבות הזרקת החומר, סימנים דומים לאלה שהופיעו בני האדם שנחשפו לחומר.

אבל את תשומת ליבו של סטירמן משכו דווקא אותם חתולים בודדים שגילו עמידות בפני החומר, החתולים שלא הופיעו בהם סימני אפילפסיה. למרבה התדהמה, מבדיקה שערך לאחר מעשה הסתבר לו שהחתולים העמידים היו אותם חתולים שבניסוי הקודם – ניסוי שמטרתו היתה, כזכור, שונה לחלוטין – למדו לייצר גלי SMR. אכן, אותם חתולים שהיו מאומנים בייצור גלי SMR, גלים בעלי תדר ביתא, הם החתולים שלא נפלו קורבן להתקפי אפילפסיה בעקבות הזרקת מונרמיתל-הידראזין. מכאן כבר היתה הדרך קצרה לשימוש בהתניה ליצירת גלי SMR כשיטת טיפול בחולי אפילפסיה. וגם כאן היתה דרכו של סטירמן קצרה – הוא לא היה צריך להרחיק לכת בחיפושיו אחר "שפן ניסיונות" אנושי: איש המחשבים של צוות המחקר סבל מאפילפסיה והניסוי הראשון נערך עליו.

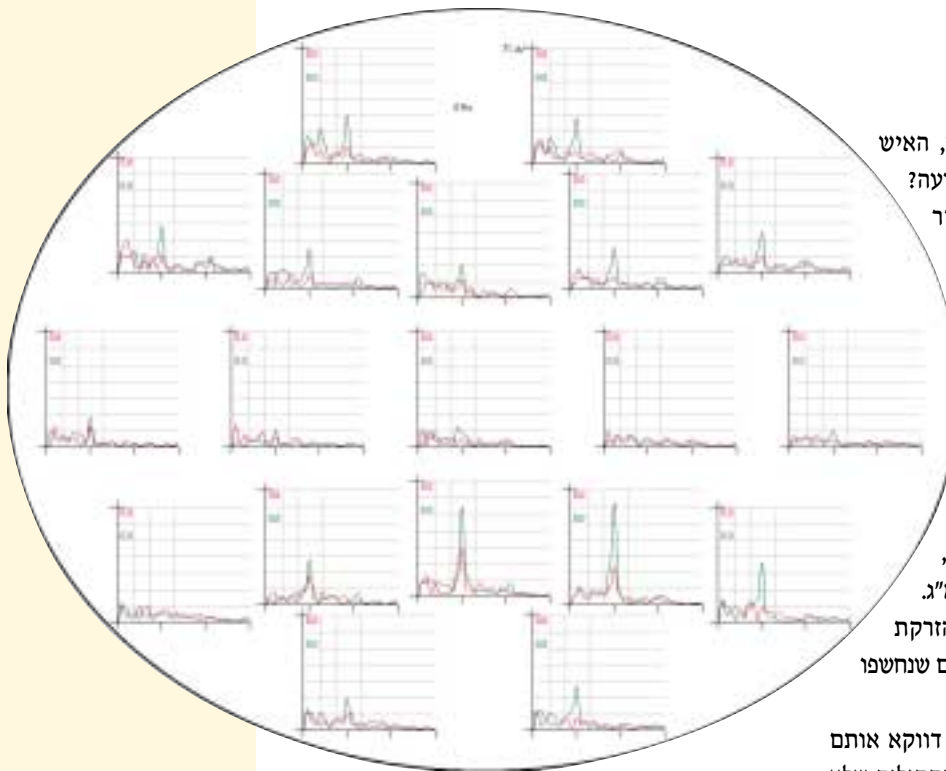
באמצעות נירופידבק לומדים כיום חולים לשלוט בהתקפי אפילפסיה, ורבים מהם השתחררו מתלות בתרופות באמצעות טיפול זה.

הטיפול בנירופידבק מצריך סדרה של בין עשרים לארבעים מפגשים בכדי לראות שינוי משמעותי.

## לפעול באמצעות המוח

ונחזור לחולי לריגהיג (ALS) חסרי הישע שנילס בירבאמור ועמיתיו מטיבינג מנסים להעניק להם שביב עזרה, וזאת באמצעות רישום מאפיינים מסוימים של האא"ג לצורך הבעת רצונותיהם.

בירבאמור ועמיתיו מאתרים חולי ALS בשלבים מתקדמים אך לא סופיים של המחלה, בשלב בו החולה מסוגל עדיין להגיב במצמוץ או בדיבור. בשלב זה מלמדים אותו בשיטה של התניה אופרנטית לייצר גלי מוח מסוימים. בתהליך



### תמונה 3

בדיקת אא"ג-כמותי בשני מצבים:

באדם – אא"ג במצב

עירנות כשהעיניים עצומות

בירוק – אא"ג בעיניים

עצומות תוך כדי בצע תרגילי חשבון ב"ראש".

הנבדק הוא נער הסובל

מהפרעת קשב. בעת ביצוע

המטלה יש עליה בעוצמת גלי

אלפא (10 הרץ) בערוצים של

קדמת הראש; כרגיל מצפים

לעליה בגלי ביתא (12-17

הרץ)

האימון לומד החולה לייצר גל אא"ג חיובי או גל שלילי שיהיה שונה במספר מיליוניות-וולט מרישום האא"ג הרגיל. לאחר אימון ממושך, בין 200 ל-300 ניסיונות, המטופל לומד לייצר גל חיובי או שלילי כרצונו. המטרה שלו לבחור אותיות בכדי להיות מסוגל לכתוב, וכך להביע את רצונותיו ומחשבותיו. בשלב הבא מציגים לו לוח ובו אותיות. הלוח מחולק לשני חצאים – האותיות, חלקן נמצאות במחצית הלוח התחתונה, וחלקן – במחצית העליונה של הלוח. אם הוא רוצה לבחור אות מהחלק העליון הוא מייצר גל חיובי, ואם מהתחתון – גל שלילי. כשנבחרה קבוצת האותיות מהלוח העליון או התחתון, שוב יש חלוקה לשנים ושוב בחירה באותו אופן, וכך בסופו של דבר נבחרת האות הרצויה, ומתחיל תהליך של בחירת האות השניה, וכך הלאה. קצב הכתיבה נמוך, כמובן – לערך 2 סימנים בדקה, אך בסופו של דבר יש לחולה אמצעי להביע את רצונותיו ומחשבותיו כששריריו כבר אינם נשמעים למוחו הצלול.

### לקריאה נוספת:

Jim Robbins (2000) A Symphony in the Brain. The evolution of the brain wave biofeedback. Atlantic Monthly Press. NY

ד"ר ענת ברנע משתתפת בחקר תהליכים מוחיים תקינים ופתולוגיים באמצעות רישומי EEG, ומנהלת מכון ביו-קשב לנירופידבק