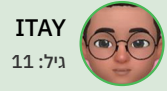


טכנולוגיות חדשות לאבחון בעיות נפשיות ולטיפול בהן

Abraham Peled^{1,2*} | Irit Peled³

¹המחלקה לפסיכיאטריית מבוגרים, המרכז לבריאות הנפש 'שער מנשה'
²הפקולטה לרפואה ע"ש רות וברוך רפפורט, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל
³בעלת תואר M.A מטעם אוניברסיטת לסלי, בוסטון, ארה"ב

סוקרים צעירים



האם תהיתם אי פעם כיצד טכנולוגיות מְכָרוֹת כמו למשל הטלפון החכם קשורות לבריאות הנפש? כשמדברים על בריאות הנפש, מחלות הנפש או הפרעות הנפשיות, מתכוונים בדרך כלל לקשיים ולבעיות בתחושות הרגשיות. בעקבות אלה גם התפקוד היומיומי עלול להיפגע. שלוש טכנולוגיות חדשות טומנות בחובן הבטחה לחולל מהפכה באבחון הפרעות נפשיות ובטיפול בהן. הראשונה היא הטלפון החכם-טכנולוגיה דיגיטלית הדוגמת את פעילות המטופל באמצעות מכשיר זה מאפשרת קיום מעקב רציף אחר מצבו הפסיכולוגי; אבחון המצב והערכתו, וכן טיפול מרחוק בבעיות פסיכיאטריות. הטכנולוגיה השנייה היא חֲשׁוּבֵיִת עֶצְבִית כאבחון מבוסס מוח של מחלות הנפש-טכנולוגיה זו מתארת את התלונות הפסיכיאטריות כהפרעות מוחיות, מה שמאפשר להגיע להבנת הגורמים למחלות נפש. לבסוף, טכנולוגיות של קוצבי מוח יאפשרו ריפוי מחלות נפשיות באופן שבו קוצבי הלב מְרַפְּאִים כיום הפרעות לבביות.

הטלפון החכם כמכשיר לאבחון בעיות נפשיות ולטיפול בהן

למי מכם קוראים וקוראות צעירים מופנית מדי פעם הערה בסגנון: 'כל היום את/ה רק בפלאפון! די כבר עם המסכים?' בשנים האחרונות אנו עדים להתפתחות חדשנות טכנולוגית המבטיחה עתיד מרתק בתחום **בריאות הנפש**. הידעתם כי בעולם טכנולוגי המבוסס על חיישנים המרושטים דרך האינטרנט, ניתן למדוד פעילות יומיומית של כל אחד ואחת מאיתנו, באופן שישקף בין השאר את המצב הפסיכולוגי האישי?

אבחון מבוסס מוח של מחלות נפשיות

שינויים בהתנהגות האדם ניתנים לאיתור, מדידה ומעקב ויכולים לסייע באבחון התפתחות של **מחלה פסיכיאטרית**. פסיכיאטרים, שהם רופאים המתמחים בתחום מחלות הנפש, נוהגים לאבחן לפי תסמינים (סימפטומים) וסימנים. התסמינים כוללים את תלונות הנבדקים, והסימנים מבוססים על התצפית שעורך הבודק. התצפית תכלול את הפרמטרים הללו: הופעה; הבעות פנים; התנהגות-מוטוריקה (כלל התנועות הרצויות שהגוף מבצע, אשר מנחות על ידי המוח ומתואמות על ידו); נידות במרחב; דיבור; שיפוט וקוגניציה.

בעידן הטכנולוגי ניתן לחלץ תצפית מקיפה וכוללת של כל אלה על ידי שימוש בטלפון החכם. ההופעה והבעות הפנים מופקות בקלות מהמצלמה שבמכשיר הטלפון החכם; ההתנהגות והניידות במרחב נמדדות באמצעות הנָטָן (GPS), וניתוח של מהירות תגובה במקלדת עשוי להעיד על הקוגניציה. על תסמיני המחלה ניתן ללמוד משאלונים שעליהם מתבקש המשתמש לענות בזמנו החופשי ובניחוחות, באמצעות יישומונים קיימים.

לפי פתגם עתיק שטבע הפילוסוף הסיני קונפוציוס, ראשית החוכמה טמונה בהגדרת הדברים בשמם הנכון. ברוח אמרה זו, אכן הגיעה העת לכנות את המחלות הפסיכיאטריות בשמותיהן הנכונים, כלומר בשמות המנגנונים הרשתיים המוחיים אשר גורמים להן. עד לאחרונה, ההבנה המוחית של הגורמים למחלות פסיכיאטריות הייתה חסרה. זו הסיבה לכך שבבואם לקבוע אבחנה, פסיכיאטרים מתבססים על סימנים ותסמינים, ולא על בדיקות מעבדה והליכי דמות אובייקטיביים הרווחים ברוב תחומי הרפואה הכללית. זוגם הסיבה לכך שמערכת האבחון הפסיכיאטרית אינה מבוססת **אטיולוגיה**. כלומר, אבחנה פסיכיאטרית כגון 'דיכאון' אינה מקושרת למקום בגוף, ואינה מתארת מנגנון פתולוגי (כזה הקשור בחולי של הגוף, סטייה מהמצב התקין בהיבטים הפיזי או הנפשי). בהיעדר ידע על אודות הגורמים למחלות פסיכיאטריות, אבחון נותר תיאורי (דסקריפטיבי), וכולל תיאור של תסמינים בלבד. כל זה עשוי להשתנות כאשר יתגלו הגורמים המוחיים למחלות אלה.

לכל מחלה פסיכיאטרית ישנם ממצאים המאפיינים אותה. באמצעות הטלפון החכם ניתן לאסוף את הממצאים הללו, לאגור אותם, לעקוב אחריהם ולנתחם. התהליך יאפשר אבחון אוטומטי ורציף, שיקנה לפסיכיאטר יכלת להעריך את המחלה וחומרתה, לעקוב אחר התפתחותה אפילו ללא צורך בבדיקה פיזית במקרה, ואף לטפל בה מרחוק. איסוף הנתונים ועיבוד סטטיסטי שלהם מאפשרים כמובן פיתוח אמצעי אבחון מדויקים, המתבססים על מאפייני תלונות של מספר רב של נבדקים, וכן על עריכת תצפיות עליהם. כאשר נאספים נתונים בכמות מספקת, נכנסות לפעולה מערכות למידה מבוססות **אינטליגנציה מלאכותית** לצורך אבחון, איתור, מעקב וביורור תגובה לטיפולים, באופן שלא היה אפשרי עד כה. החדרת מערכות אינטליגנציה מלאכותית בשילוב רשת חִישָה דיגיטלית

בריאות הנפש (Mental health)

תחום ברפואה העוסק בתסמונות פסיכיאטריות (ראו בהמשך מילון המונחים).

מחלה פסיכיאטרית (Psychiatric illness)

מחלה הפוגעת בנפש האדם ובמצבו המנטלי.

קוגניציה (Cognition)

היכולת לרכוש מידע, לעבדו, לייצגו וליישמו, כל אלה באמצעות גירויים המגיעים מחושי הגוף.

אטיולוגיה (Etiology)

תחום העוסק בחקר הגורמים המחוללים מחלות. לדוגמה, חסימת מעיים היא אבחנה רפואית: שם המחלה מציין את מקומה בגוף-המעיים; והפתולוגיה, כלומר החסימה, מתארת מה קרה באיבר.

אינטליגנציה מלאכותית (Artificial intelligence, AI)

ענף בתחום המחשבים שיעודו להשתית את פעולת המוח האנושי על המכונה.

תאפשר התייעלות פסיכיאטרית מקצועית בכמה דרגות מעל זו של הפסיכיאטר היחיד. לפסיכיאטריה דיגיטלית מהסוג המתואר יתרון משמעותי ביותר בהתנהלות הרפואית, בדגש על מעקב קליני ותגובה טיפולית.

השימוש בטלפון החכם מציע ערך מוסף בדמות רצף טיפולי

בעוד ההליך השגרתי של ביקורים פיזיים חוזרים (ביקורות) במרפאה אינו מאפשר רצף של הערכה קלינית, ניהול מעקב דיגיטלי יאפשר זאת. בכל הקשור למדידת החמרת המחלה או תגובה לטיפול – כל שינוי יתגלה מיידית מתוך הערכת מצב רציפה. זאת לעומת המְתָן לבירור במרפאה שעלולה להיארך זמן רב, ולהוביל לאבחון שגוי או לאיתור מאוחר מדי של השינויים. גם תגובה לטיפול מושפעת מההערכה הדיגיטלית: המדידה הרציפה של התגובות מראשית הטיפול חוסכת למטופל זמן יקר והמְתָן ממושכת לתור מרפאתי, וכך עולה יעילות הטיפול. הרווח למטופל עצום היות שכבר בשלבי הטיפול הראשוניים ניתן להעריך את יעילות ההליך, ובהתאם לכך להחליט אם להמשיך בו או להחליף טיפול. כל אלה יחסכו כמובן סכָל וכאב רבים למטופל [1].

חשובות עצבית

גוף ידע מתפתח בחקר המוח מכונה 'חשובות עצבית'. תחום זה עתיד לאפשר הבנת הפעולות המוחיות הגבוהות, המכונות לעיתים גם פעולות נפשיות או רגשיות, כפעולות של 'רשתות עצביות' מורכבות של המוח.

המוח בנוי כמערכת מורכבת של רשתות נוירונים (עצבים). רשתות אלה מפושטות בכל המוח ומאפשרות התארגנות של המוח בכל הקשור לרגשות; מחשבות; תפישה; הכרה וקוגניציה. הפעילות המוחית הרשתית תומכת בכל אותם תפקודים מְנְטָלִים (שכליים, הקשורים לכושר החשיבה) גבוהים אשר להם אנו מייחסים את המונח 'נפשי'. כאשר ההתארגנות הרשתית העצבית המוחית נפגעת מסיבה כלשהי, נפגעים גם התפקודים המנטליים הגבוהים, באופן שעלול להשפיע לרעה על הרגש ומצב הרוח, ולחבל בתפישה ובהכרה, בקוגניציה ובבְּחָן המציאות. כל אלה הם ממאפייני המחלות הפסיכיאטריות, אשר כאמור עדיין מתוארות במסגרת אבחנתית של סימנים ותסמינים.

כדי להמחיש לכם את הקְּשֶׁר המורכב שבין ההתארגנות של רשתות עצביות במוח לתפקודים מנטליים והפרעות פסיכיאטריות, ניתן להשתמש בדימוי של תזמורת. התזמורת יוצרת מוזיקה מתוך תיאום, סנכרון ותזמון מורכבים בין הנגנים. באופן דומה, העצבים במוח מתארגנים רשתית ויוצרים את הקישוריות הנדרשת כדי לסנכרן ולתאם את פעילות התפקודים המנטליים והרגשיים הגבוהים.

ללא תיאום בין נגני התזמורת תיפגע המוזיקה (איור 1). כך גם במוח: ככל שהפעילות הרשתית העצבית תיפגע מבחינת תיאום וסנכרון, כך תיפגע גם הפעילות המְנְטָלִית. אם יאבד התיאום בין הנגנים, תהפוך המוזיקה לרעש. באופן דומה במוח, פגיעה קשה בפעילות המאורגנת של הרשתות העצביות עלולה לגרום לאובדן יכולות מנטליות גבוהות, כפי שאכן קורה במחלות פסיכיאטריות קשות [2, 3].

חשובות עצבית (Neural computation)

תחום מדעי הכולל מודלים ממוחשבים של המוח.

איור 1

ניתן לדמות את פעילות המוח לביצועי תזמורת-כל המרכיבים (הנגנים) בו מתואמים ביניהם.



איור 1

מהפכת קוצבי המוח

על ידי איחוד תחומי הידע של חישוביות עצבית ופסיכיאטריה קונבנציונלית, ניתן להשוות את הגישה הפסיכיאטרית החדשה לתחום אחר ברפואה, קרדיולוגיה. הפרעה בקצב הלב עלולה להוביל לאי-ספיקת לב-זהו מצב גופני בעל דרגות חומרה שונות, שבו הלב אינו מזרים דם בכמות מספקת עבור צורכי הגוף. אחת מדרכי הטיפול האפשריות היא התקנת **קוצב לב**. מטרתו של מכשיר אלקטרוני זה היא להסדיר את קצב פעימות הלב ובכך לשפר את התסמינים של אי-ספיקת לב, ואף להעליםם. בדומה לדוגמה זו, מחלות פסיכיאטריות משולות לצורות שונות של אי-ספיקה מוחית, הנגרמות עקב הפרעות בקצב פעולתן של רשתות עצביות במוח. פיתוח קוצב מוח יאפשר 'לתקן' את 'הפרעות הקצב' המוחיות, ובכך להפחית את תסמיני מחלות הנפש.

הטכנולוגיה להתערבות מוחית כבר קיימת כיום, ומתפתחת במהירות רבה במסגרת ענפים דוגמת נירוטכנולוגיה או נירומודולציה (אפֶנון עצבי). באופן כללי, הטכנולוגיה בתחום זה מתחלקת לשניים: גְרֵייה מוחית חשמלית ישירה-מתבצעת באמצעות השתלת אלקטרוֹדות ישירות לתוך קליפת המוח; גרייה מוחית בלתי פולשנית-מופעלת מחוץ למוח, מהקרקפת או בעזרת חלקיקים המגיעים למוח דרך מחזור הדם.

השתלה חודרנית של אלקטרוֹדות מוכרת שנים רבות כטיפול למחלת פְּרֶקִינסון (מחלה ניוונית של מערכת העצבים הגורמת לפגיעה הדרגתית בתנועות הגוף), ולכמה מחלות מוחיות אחרות. טכנולוגיות בלתי פולשניות של גרייה חשמלית חלשה מהקרקפת מתגלות כיעילות בשיפור הפעילות המוחית, ובהקלה על תסמיני מצבים רפואיים שונים.

טכנולוגיה לא חודרנית נוספת מבוססת על 'אֶבְק נְוִירוֹנָלִי' המכיל מרכיבים נְוִיטְוֹלוֹגִיִים קטנטנים, שגודלם כגודל גרגירי אבק. את המרכיבים הזעירים ניתן לפזר ברקמת המוח, ולהפעילם באופן חיצוני על ידי שדות מגנטיים חלשים, או באמצעות אנרגיית אולטרה-סאונד חיצונית. חלקיקים אלה מסוגלים להפעיל את הנוירונים בסביבתם, ולמדוד אותם. באופן

קוצב לב (Pacemaker)

מכשיר המושתל בבית החזה ומסדיר את קצב פעימות הלב.

אבק נירונלי (Neural dust)

חלקיקים קטנטנים המוחדרים למוח ומשמשים לגרייה של פעילות מוחית, ולמידתה.

זה, אבק הנורונים יכול בהחלט להיות הבסיס לקוצב המוח העתידי, הדורש מעגלי מדידה-תגובה כדי לייצב את הפעילות המוחית ולארגנה מחדש [4, 5].

הצפי הוא כי בעתיד ניתן יהיה לתקן הפרעות קצב מוח בעזרת קוצב מוח, בדומה לתיקון הפרעות קצב לב על ידי קוצב לב, כפי שמתבצע כיום.

סיכום

שלוש הטכנולוגיות החדשות שלגביהן למדתם במאמר יכולות לתמוך זו בזו, ויחד להצעיד את תחום הפסיכיאטריה ובריאות הנפש אל עבר מחוזות העתיד.

מקורות

1. Roth, C. B., Papassotiropoulos, A., Brühl, A. B., Lang, U. E., and Huber, C. G. 2021. Psychiatry in the digital age: a blessing or a curse? *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18:8302. doi: 10.3390/ijerph18168302
2. Peled, A. 2012. Neuroanalysis: a method for brain-related neuroscientific diagnosis of mental disorders. *Med. Hypotheses* 78:636–40. doi: 10.1016/j.mehy.2012.01.043
3. Peled, A., and Geva, A. B. 2014. "Clinical brain profiling": a neuroscientific diagnostic approach for mental disorders. *Med. Hypotheses* 83:450–64. doi: 10.1016/j.mehy.2014.07.013
4. Schnitzler, A., and Hirschmann, J. 2012. Magnetoencephalography and neuromodulation. *Int. Rev. Neurobiol.* 107:121–36. doi: 10.1016/B978-0-12-404706-8.00007-3
5. Temel, Y., Heschem, S. A., Jahanshahi, A., Janssen, M. L., Tan, S. K., van Overbeeke, J. J., et al. 2012. Neuromodulation in psychiatric disorders. *Int. Rev. Neurobiol.* 107:283–314. doi: 10.1016/B978-0-12-404706-8.00015-2

פורסם אונליין: 25 בספטמבר 2023

נערך על ידי: Idan Segev

מנחים מדעיים: Dafna Zilbershtein

ציטוט: Peled A I Peled I (2023) טכנולוגיות חדשות לאבחון בעיות נפשיות ולטיפול בהן. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2023.1248539-he

תורגם והותאם מ: Peled A and Peled I (2023) New Technologies to Diagnose and Treat Mental Health Problems. *Front. Young Minds* 11:1248539. doi: 10.3389/frym.2023.1248539

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כל המחקר נערך בהעדר כי קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

זכויות יוצרים © 2023 © Peled | Peled 2023. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. השימוש, ההפצה או ההעמקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעמקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

ITAY, גיל: 11

אני ילד חברותי, בינתיים אני די נמוך. אוהב טיסה, פיזיקה וכימיה, ונהנה מאוד לקרוא.

הכותבים

ABRAHAM PELED

אני פסיכיאטר, מנהל מחלקה בתחום בריאות הנפש, ומטפל בחולים פסיכיאטרים קשים. מכהן כפרופסור משנה קליני בפקולטה לרפואה בטכניון, בתפקיד חוקר מוח. כיוון שהגורמים למחלות פסיכיאטריות אינם ידועים, אני משתתף במחקרים שתוכננו במטרה לגלותם. מרבית הפסיכיאטרים אינם מתמקצעים בחישוביות עצבית, אולם התמזל מזלי ללמוד תחום זה בארה"ב, ובו אני ייחודי. בשעות הפנאי, אוהב לטייל ולשחות. *neuroanalysis@gmail.com

IRIT PELED

אני מטפלת בפסיכודרמה, פסיכותרפיסטית בגישה ממוקדת קצרת-מועד ומדרכת מטפלים. עובדת עם מתבגרים בעלי הפרעות קשב וריכוז ולקויות למידה, ובקליניקה פסיכיאטרית. בשעות הפנאי אני עוסקת בעיקר בספורט ובמוזיקה-שירה ונגינה, ואוהבת מאוד לאפות עוגות ומאפים טעימים.



מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK