

נוירוכירורגיה: מהפכה בעומק המוח

טיפולים לא פולשניים בעומק המוח; הסרת גידולי מוח דרך האף; מענה חדשני לכאב ולקבוצה רחבה של מחלות פסיכיאטריות - ארבעה מבכירי המערך הנוירוכירורגי ברמב"ם שופכים אור על הניסים והנפלאות שאפשר היום לעשות במערכת ההפעלה האנושית

■ גיא רונן, בשיתוף הקריה הרפואית רמב"ם



ד"ר גיל סידר, מנהל המערך הנוירוכירורגי



פרופ' רחל גרוסמן, מנהלת המרכז לגידולי מוח

בשיתוף המרכז לגידולי מוח והמערך הנוירוכירורגי ברמב"ם. פרופ' גרוסמן מספרת על שיתופי פעולה פוריים עם חוקרים ממכון ויצמן, הטכניון, אוניברסיטת תל אביב ומוסדות חשובים נוספים בארץ ובעולם, כמו גם עם חברות סטארט-אפ. דוגמה טובה היא מחקר מרתק המבוסס על אנליזה של שוני באורך גל, לצורך אפיון בעת הניתוח של סוג הרקמה וזאת על מנת להיות מסוגלים בהמשך, לאחר שיבוצעו עיבודים תוך שימוש בטכנולוגיות AI להבדיל בין תא גידולי לבין תא מוח בריא. הבדלים שלעיתים, בסוגי גידולים מסוימים, קשה מאוד לזהות בעין. מדובר על פרויקט רב תחומי אשר מעורבים בו בנוסף למנתחים גם מומחי ביג דאטה, מתמטיקאים ומומחים במדעי המחשב.

הדיוק ששומר על התפקוד

היכולת לדייק את הטיפול בגידולי המוח מאפשרת לבחור בחלופות בטוחות לגישה המקסימלית של כריתתם. "הקדמה הטכנולוגית יכולה לאפשר לנו להיות מדויקים בפרוצדורות, לקבוע אם צריך להסתכן ולכרות גידול במלואו או להימנע מכך כדי לשמר את התפקודים הנוירולוגיים", אומר פרופ' בניפלא, מנהל המחלקה לנוירוכירורגיה ילדים ברמב"ם ויו"ר האיגוד הישראלי לנוירוכירורגיה. לדבריו, בזכות הטכנולוגיות החדשות - המאפשרות זיהוי מוקדם ומהיר של מוטציות גנטיות בתוך גידולים ספציפיים, לצד מתן תרופות ביולוגיות בהתאמה אישית - סל הכלים הרפואיים הולך ומתרחב. דוגמה טובה ליתרונות הדיוק ולאפשרויות שהיא

"המשמעות של מחלקה הומוגנית לדיסציפלינה רפואית מסוימת הולכת ומיטשטשת, וגם מיטות האשפוז צריכות להיות גנריות ולא דווקא מרוכזות לפי תחומי טיפול. הגמישות הזאת תביא לידי ביטוי את יתרונות הרפואה הציבורית ואת המעטפת הרחבה שאנחנו יודעים היום לתת לכל מטופלת ומטופל"

הצלילה לתוך נככי השפה, תוך חקירת רבדיה השונים. דגש רב מושם על נושא שימור תפקודים קוגניטיביים גבוהים בקרב המטופלים לרבות מחקרים פורצי דרך לשיפור יכולות הניטור והבנת תפקוד מסילות חומר לכן הבונות רשת מסועפת האחראית על נשיאת המידע השפתי. "שפה היא פונקציה קוגניטיבית המבוססת על מספר רב של יכולות", אומרת פרופ' גרוסמן. "כדי לשמר אותה צריך קודם להבין אותה לעומק, לפרקה לגורמים ובהמשך לייצר מבדקים שיוכלו להצביע על פגיעה אפשרית בפונקציה מסוימת על מנת להימנע ממנה בזמן אמת בנייתוח". על חיבור המבדקים בזמן הניתוח אחראית נוירופסיכולוגית, חברת צוות מן המניין במערה. זה כמובן לא המחקר היחיד שמתנהל בהובלה או

אם יש תחום שרוב הנסתר בו על הגלוי, זהו המוח האנושי. אבל מתברר שהקופסה השחורה שלנו היא גם השער להרבה מאוד טיפולים שבמשך אלפי שנים אפשר היה רק לדמיין. גם כעת הם יישמעו לרובנו כמדע בדיוני, אבל הם קורמים עור וגידים, נוירונים ועצבים, מדי יום על שולחן הניתוחים.

"אנחנו מבצעים מספר רב של ניתוחי מוח ועמוד שדרה ובחלקם מבלי לפתוח כלל את הגולגולת, למשל תוך שימוש בכניסה דרך הצוהר שפותח לנו האף או באמצעות פולסים של גלי אולטראסאונד", אומר ד"ר גיל סורר, מנהל המערך הנוירוכירורגי בקריה הרפואית רמב"ם. "אנחנו מבצעים צנתורים מוחיים בטכנולוגיה מתקדמת תוך שימוש בהדמיות תלת ממדיות ושימוש ב-VR לפני הניתוח ובמהלכו, כדי לתכנן ולהתאים את הפרוצדורה לחולה ולקבל נתונים בזמן אמת שסייעו במתן טיפול מדויק. וזה רק קצה הקרחון".

הנה דוגמה מאלפת. צעירה בת 20, שניהלה אורח חיים רגיל לחלוטין, החלה לפתע לראות כפול. בדיקות דימות גילו את הסיבה: גידול במרכז המוח. עד לא מזמן, ממצא כזה היה מצריך ניתוח מורכב של פתיחת גולגולת, אשפוז ממושך, החלפה לא פשוטה ושינוי במסלול החיים, עם צלקות ואולי אף נכויות בגלל הסיבוכים השכיחים של עצם ההליך, וללא כל קשר לגידול עצמו שהיה בכלל שפיר. במקום זה, ההגעה לגידול וכריתתו בשלמותו הושגו בדרך חדשנית פורצת דרך - דרך האף. תוך ארבעה ימים שוחררה המטופלת לביתה ולשגרת חייה, בלי צלקות וכלי סיבוכים.

"הגישה האנדוסקופית נותנת לנו כיסוי יפה של כל בסיס הגולגולת הקדמי ואפילו של עמוד השדרה העליון", אומרת מי שטיפלה בה - פרופ' רחל גרוסמן, סגנית מנהל המערך הנוירוכירורגי ברמב"ם ומנהלת המרכז לגידולי מוח. לדבריה, החלופה האיתנית הזאת, החוסכת מהמטופלים סיכונים וסבל רב, מקורה בשכלול שיטות ניתוחיות שבימקור נועדו לכריתת גידולים של בלוטת יותרת המוח. בשנים האחרונות, נצבר ניסיון רב בביצוע גישה זו המאפשרת הגעה לאזורים נוספים בגולגולת ובמוח. והתוצאות פשוט מרגשות ומדהימות.

סודות השפה האנושית

תחום מרכזי בעשייה הרבה המאפיינת את המרכז לגידולי מוח ברמב"ם נוגע לשימור התפקודים הקוגניטיביים הגבוהים של מטופלים עם גידולים מוחיים, המיושמים בעת ניתוחים לכריתת גידולים המבוצעים לעיתים בעירות. "תחום הגידולים הוא תחום מאוד נרחב וכולל סוגים שונים של פתולוגיות. המטרה שלנו", אומרת פרופ' גרוסמן, "היא בראש ובראשונה להבין את השפה המולקולרית והמטבולית של סביבת הגידול, על מנת לבחור טיפול מותאם אישית. מה שמייחד את רמב"ם הוא

סיכיאטריות, הפתולוגיה איננה אנטומית אלא נמצאת בפעילות הרשת העצבית, והמטרה שלי היא להחזיר אותה לאיזון הטבעי". מדובר בדור חדש של טיפולים בהמשך לטיפולים תרופתיים המקובלים היום בהם אנו מתערכים נקודתית בלב הפעילות החשמלית של מערכת העצבים. ד"ר לב טוב מבקש להדגיש: "אין פתרון גנרי, זה לא One size fits all, אדרבה: חלק משמעותי ממשך הטייפול הכולל מוקדש לבחירת הכלי הנכון למטופל הנכון". ואולי כאן טמון השינוי הגדול, בפרט במצבים פסיכיאטריים: "העובדה שהמחלות השונות מערכות איורים במח, כחלק מרשת עצבית מסורכת ומסועפת מובילה להטרוגניות רבה ומקשה על הטיפול של חולים בעלי סימפטומים דומים לדוגמה טיפול תרופתי ממשפחת ה-SSRI משפר משמעותית את התפקוד היומיומי בחולי דכאון רבים, בעוד שלאחרים הוא משול לשתיית מים ולכן יש צורך בהתאמת טיפול פרטני לכל מטופל בהתאם לפתולוגיה ברשת העצבית הפרטנית, ובכך לתת מזור למחלות רבות: החל ממחלות פסיכיאטריות ודרך מחלות נירודגנרטיביות, מחלות כאב, אפילפסיה והפרעות תנועה.

מתח בהתאמה אישית

הפרוצדורות החדשניות משתלבות במגמה חשובה בעולם הנורוכירורגיה וברפואה בכלל: הפיכת הצוותים המטפלים למולטי דיסציפלינריים. לצד פרופ' גרוסמן בהכנה לניתוח ובמהלכו ישבו מומי חי אף אוון גרון, כשם שניתוחים מוחיים לשחזור הגולגולת ברמב"ם מתבצעים עם שיתוף פעולה עם מחלקת פה ולסת. מן הסתם, לקראת הפרוצדורה ובשלב ההחלמה, עובדים בצמוד עם אונקולוגים, נירולוגים, רדיולוגים נירופתולוגים ועוד. אבל גם זה לא הכול: במערך הנורוכירורגי ברמב"ם הטיפול עוסק כיום לא רק בפן הרפואי והפיזיולוגי, אלא גם בהיבטים הסוציאליים והרגשיים המלווים את המטופלים.

"הגישה הביו-פסיכו-סוציאלית אומרת להתייחס לכל חולה בכלל האספקטים שמלווים אותו, מס' ביר פרופ' מוני בניפלא. "אנחנו מספקים מעטפת טיפולית של ריפוי בעיסוק, פיזיותרפיה, דיאטנים, עובדים סוציאליים ועוד, עם אח או אחות שתפקידם לנצח על התומורת מקצה לקצה - מרגע שהילדים מגיעים אלינו ועד שאין עוד צורך בטיפול".

כך או כך, השינויים שעוברת הנורוכירורגיה הם טקטוניים. ביקשנו מד"ר סירי לתאר כיצד ייראה התחום בעוד ארבע-חמש שנים. הוא הזכיר היקף נרחב של ניתוחים זעיר פולשניים (בגישה אנדו-סקופית) במוח ובעמוד השדרה, שימוש משמעותי בלייזר וברובוטים, שיפורים בתמונה התלת ממדית והטמעה רחבה של טכנולוגיות VR וכינה מלאכותית לפני הניתוח ובמהלכו. ואלו רק הכיוונים שכבר החלו להתממש ושניתן להצביע עליהם. אשר למהפכות הבאות, עוד חזון למועד - אבל זה קרוב מכפי שנדמה.

גולת הכותרת מבחינת ד"ר סירי היא הרפואה המותאמת אישית, ולא רק בפן התרופתי - גם בבחירת הגישה הטיפולית והמנתח הספציפי שיאיימו לפתולוגיה הספציפית. גם בצד הניהולי-אדמיניסטרטיבי הוא צופה שינויים מרחיקי לכת. ככל שהצוות הרפואי והפרא-רפואי הופך רב משימתי, והניהול היומיומי נעשה מטריציוני; ככל שההתמחויות נעשות ספציפיות יותר, נישתיות יותר, בתום מסלול מפרך הכולל לימודים, סטאז', התמחות והשתלמות עמיתים במרכזים הרפואיים המובילים בעולם - כך משתנה גם מבנה המחלקה הקלאסית. "המשמעות של מחלקה הומוגנית לדיסציפלינה רפואית מסוימת הולכת ומיטשטשת, וגם מיטות האשפוז צריכות להיות גנריות ולא דווקא מרוכזות לפי תחומי טיפול. הגמישות הזאת תביא לידי ביטוי את יתרונות הרפואה הציבורית ואת המעטפת הרחבה שאנחנו יודעים היום לתת לכל מטופלת ומטופל".

טיפול ברולוציה סאב מילימטרית בעומק המוח. הרעיון הוא לצרוב או לחמם את האזור הרצוי תוך ניטור הטמפרטורה בזמן אמת. האולטרסאונד הממוקד יוכל אף לשמש לשבירה של מחסום הדם מוח (Blood Brain Barrier, BBB) כדי לאפשר חדירה של תרופות, למשל פסיכיאטריות, באופן סלקטיבי וממוקד לאזורים במוח, מה שייתר את הצורך במינונים מוגברים עם תופעות לוואי קשות. תחום מרתק כשלעצמו הוא הקוצבים למיניהם: טייפולים זעיר פולשניים, למשל גירוי מסילות בחוט השדרה בעזרת אלקטרודות, ניתן כיום לטפל בכאב גב משתק, בהפרעות של שליטה בסוגרים, ועוד תסמינים פריפריים. הקוצב הווגאלי (VNS) שמשמש כבר שנים לטיפול באפילפסיה, וד"ר לב טוב, בינתיים בהליך ניסיוני, משתמש בו לריפוי מקרי דיכאון. כאן, בעזרת פולסים חשמליים של 30 שניות אחת לחמש דקות לעצב הווגאוס הארוך והמפותל, ניתן להשפיע על הקישוריות באזורים הקדמיים (פרונטליים) במוח - כנקודת ממסר מר-



פרופ' מוני בניפלא, מנהל מחלקת נירוכירורגית ילדים

"תחום הגידולים הוא תחום מאוד נרחב וכולל סוגים שונים של פתולוגיות. המטרה שלנו היא בראש ובראשונה להבין את השפה המולקולרית והמטבולית של סביבת הגידול, על מנת לבחור טיפול מותאם אישית"

כזית המעורבת בתסמיני הדכאון. אחת הטכנולוגיות החדשות בתחום היא DBS (Deep Brain Stimulation) - השתלת אלקטרודות לעומק המוח דרך חור קטן בגולגולת המחובר לקוצב בבית החזה העליון, ומשדר אנרגיה 24/7. מקובל לטפל היום בחולי פרקינסון, רעד ראשוני ודיסטוניה עם תוצאות יוצאות מן הכלל. ואולם בעתיד הקרוב הטיפולים יתרחבו גם ל-OCD, תסמונת טורט, כאב מרכזי ובקרום אף חולי דיכאון. החזון הוא לשלב כלים, לא פולשניים (כגון TMS, FUS) ופולשיניים כגון השתלת אלקטרודות דרך חורים זעירים, למיפוי מוחי וזיהוי פתולוגיות במעגלים העצביים השונים, למיפוי ואבחון ואם לטיפול עצמו, בייעוץ לוח חסרת תקדים.

היכולת להעניק סיוע נירוכירורגי למטופלים ללא "ממצא" מיידית היא מה שמייחד את הנירוכירורגיה. "אני מטפל בחולים פגועים מאוד עם MRI תקין לחלוטין", אומר ד"ר לב טוב. "ברוב המחלות הפ-

פותח ניתן למצוא במרכז האפילפסיה ברמב"ם, עוד כובע מרכזי שחובש פרופ' בניפלא. למי רכז הרב תחומי הכולל נירולוגים, רדיולוגים ונורופסיכולוגים, מגיעים חולים עם פרכוסים בתדירות גבוהה, לעיתים של מספר פעמים ביום, מדובר בכ 30% מתוך 84 אלף החולים בישראל, שאינם מגיבים כלל לטיפול תרופתי. כדי לסייע לחולים באופן ממוקד וללא נזק היקפי, יש לאתר תחילה את המוקד מחולל ההתקפים ואת היחס שלו לאזורים התפקודיים.

איך עושים זאת? פרופ' בניפלא מסביר כי לאחר סדרה של בדיקות אחרות, מחפשים במרכז האפילפסיה קורלציה בין התמונה הקלינית של הפרט כוס ובין ההדמיה וההפרעה החשמלית כפי שהיא משתקפת ב-EEG רציף בן מספר ימים; קורלציה אנטומית לממצאי MRI; וכן קורלציה תפקודית, כפי שהיא מוזהה על ידי נירופסיכולוגית. כך משיגים רמת ודאות גבוהה ביחס למוקד האפילפטי פטוגני במוח וניתן לגשת לטיפול בו, אם בכריתה, צריבה או נטרול. מהלך מרגש נוסף שמוכיל המרכז



ד"ר ליאור לב טוב, נירוכירורג בכיר. צילומים: רמב"ם

הוא פרויקט בקהילה, כבתי ספר, בגנים ובמקומות עבודה שמטרתו להעלות את המודעות לאפילפסיה ולנפץ סטיגמות ודעות קדומות הקשורות למחלה. המרכז הכין חומרי הסברה במגוון שפות, ואפילו במנדרינית - לכבוד ילדה ישראלית הלוקה במחלה אשר לומדת בסין.

לשבור את מחסום הדם-מוח

אבל אולי ה-תחום שהטכנולוגיה משנה מן היסוד הוא נירוכירורגיה (אפנון עצבי) - מניפולציות חשמליות על תאי עצב במוח ודרכם על כל נקודת דה בגוף. "כל מה שאנחנו יודעים על טיפולים הקשורים למערכת העצבים עומד להשתנות", אומר ד"ר ליאור לב טוב, נירוכירורג בכיר, מרכז נירוכירורגיה תפקודית במערך הנירוכירורגי ברמב"ם. "מערכת העצבים שלנו עוטפת אותנו ב-360 מעלות, אפשר ממש לצייר את גוף האדם לפי מפת העצבים והנורונים. לכן, להתערבות עצבית יש אפקט רחב".

דיכאון, מיגרנות ואפילו התמכרות לסיגריות - בטכנולוגיית Transcranial Magnetic Stimulation (TMS), גירוי מגנטי חוץ גולגולתי ניתן יהיה בעתיד הקרוב לטפל בכל אלה ביעילות, בעזרת שדות מגנטיים המופעלים באופן מדויק על קליפת המוח (קורטקס) "מדליקים" או "מכבים" אזורים. וכל זה בהליך לא פולשני, לא כואב ואפילו ללא גילוח. טכנולוגיה חשובה נוספת היא האולטרסאונד הממוקד (FUS): שידור של אנרגיית גלי קול, דרך חבישת קסדה, בתוך ה-MRI עם