

משיכת חבל במהלך פגיעה מוחית טראומטית

Hiba Hasan^{1,2†}, Maha Tabet^{1†}, Samar Abdelhady^{1,3}, Sarah Halabi⁴, Karl John Habashy⁵, Firas Kobeissy^{1*}, Abdullah Shaito^{6*}

¹המחלקה לביוכימיה וגנטיקה מולקולרית, הפקולטה לרפואה, האוניברסיטה האמריקאית של בירות, בירות, לבנון
²המחלקה לאנטומיה ולביולוגיה של התא, אוניברסיטת יוסטוס לייביג של גייסן, גייסן, גרמניה
³הפקולטה לרפואה, אוניברסיטת אלכסנדריה, אלכסנדריה, מצרים
⁴המחלקה לביולוגיה, הפקולטה לאומנויות ולמדעים, האוניברסיטה האמריקאית של בירות, בירות, לבנון
⁵הפקולטה לרפואה, האוניברסיטה האמריקאית של בירות, בירות, לבנון
⁶המחלקה למדעי הביולוגיה והכימיה, האוניברסיטה הבינלאומית הלבנונית, בירות, לבנון

סוקרת צעירה

EUNBI
גיל: 13



התנהגות אנושית תלויה בשיתוף הפעולה של כ-100 מיליארד תאי מוח, שנקראים תאי עֶצֶב (ניורונים). יצירת תאי עצב חדשים מתרחשת בתהליך שנקרא ניורוגנזה. בעבר, מדענים חשבו שניורוגנזה הפסיקה לפני הלידה. אולם לאחרונה מדענים מצאו שניורוגנזה יכולה עדיין להתרחש אחרי הלידה, ולהמשיך במהלך החיים. פגיעות במוח יכולות להוביל למוות של תאי עצב, שנקרא נייון עצבי (ניורודגנרציה). לכן, נזק חד-פעמי חמור, או פגיעות קטנות יותר לתאי העצב במוח, יכולים להוביל למחלות רציניות שנקראות מחלות מוח ניווניות. ניורוגנזה חשובה לצורך החלפת תאי העצב שנפגעו, במיוחד אחרי פגיעה מוחית. מדענים מנסים למצוא דרכים להפחית את ההשפעות השליליות של פגיעה מוחית. דרך אחת היא לסייע למוח ליצור יותר תאי עצב אחרי פגיעה, על ידי העצמת ניורוגנזה. זה יכול לסייע לטפל בפגיעות מוחיות ובמחלות מוח ניווניות.

תאי גזע עצביים: שחקני הספסל

המוח הוא האיבר המורכב ביותר בגוף. המוחות שלנו מאפשרים לנו לחשוב, להתבונן, לנתח, לזוז, להרגיש ולבצע מטלות רבות נוספות. כמו איברים אחרים, המוח מורכב מכמה סוגים של תאים. **תאי עצב** הם התאים העיקריים במוח. הם נחשבים לשחקנים העיקריים בייצור הטווח המופלא של התנהגויות אנושיות. תא עצב מתחבר לתאי עצב אחרים ומעביר להם הודעות. העברת ההודעות הזו מאפשרת לנו לעשות את כל הדברים שאנו עושים. המוח מכיל גם סוגי תאים אחרים עם עבודות שונות, כמו למשל תמיכה והזנה של תאי עצב, סיוע לתאי העצב להעביר את האותות שלהם, או הגנה על המוח כנגד אורגניזמים זרים [1].

תאי עצב (Neurons)

תאים בסיסיים במוח שמעבירים מידע לתאים אחרים.

תא גזע עצבי (Neural Stem Cell)

תאים אשר יכול לחדש את עצמם וליצור תאי עצב חדשים.

ניורוגנזה (Neurogenesis)

תהליך שבו תאי עצב חדשים מיוצרים.

עד לא מזמן, מדענים האמינו שתאי עצב חדשים לא יכולים להצטרף ל"קבוצת" תאי המוח ברגע שנוצרה לפני הלידה – חשבו שתאי עצב חדשים לא נוצרים אחרי שהאדם נולד. מאוחר יותר, מדענים גילו ששני אזורים במוח יכולים ליצור תאי עצב חדשים. שני האזורים האלה מכילים תאים מיוחדים שנקראים **תאי גזע עצביים**, אשר יכולים ליצור תאי עצב חדשים בתהליך שנקרא **ניורוגנזה**. שני אזורי המוח שמכילים תאי גזע עצביים ויכולים לבצע ניורוגנזה במשך החיים הם: (1) האזור התת-חדרי, שהוא האזור במוח שבו מתרחשת מרבית הניורוגנזה; ו-(2) אזור בהיפוקמפוס, שהוא חלק מהמוח שאחראי על זיכרון (איור 1). באופן מעניין, נמצא גם שתאי גזע עצביים יכולים לפעול כ"שחקני ספסל" שמצטרפים לקבוצת תאי המוח במקרה של פגיעה, כלומר שניורוגנזה מתגברת לאחר נזק למוח [2].

כיצד אנו מאתרים את תאי העצב החדשים?

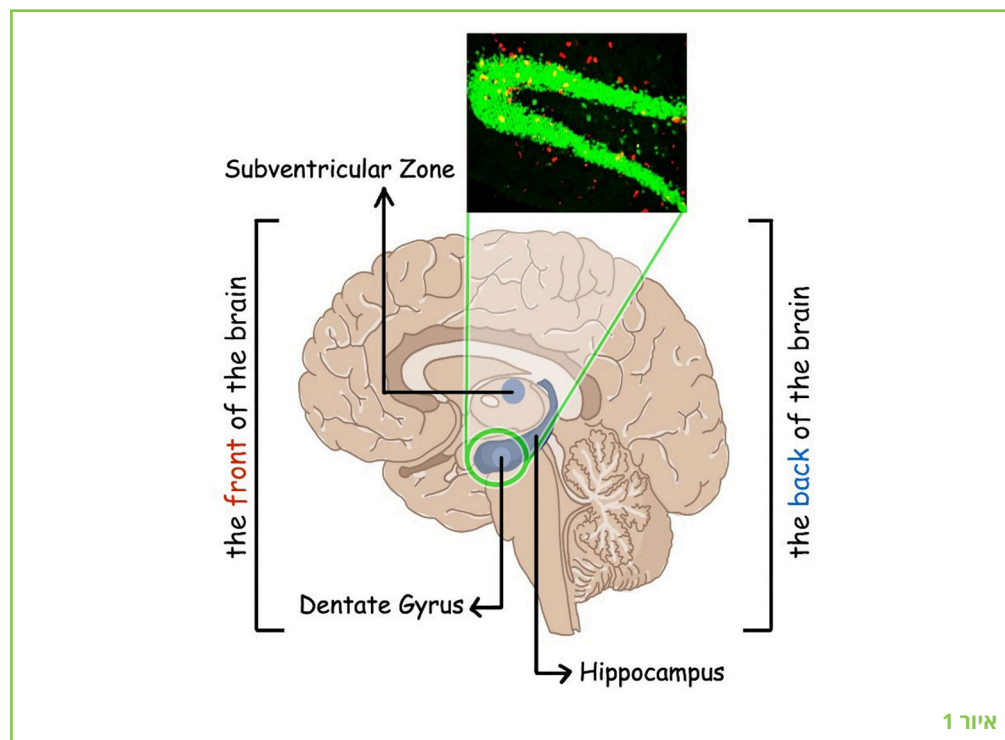
ישנן כמה דרכים לאתר את תאי העצב שהצטרפו לקבוצה לאחרונה. צביעה ב-BrdU היא שיטה אחת שמשמשת לאתר תאי עצב חדשים, שבדרך כלל מיוצרים על ידי תאי גזע עצביים. BrdU הוא כימיקל שניתן להוסיף לתאי מוח במעבדה, ואז הוא משתלב בתוך הדנ"א של תאי עצב חדשים. BrdU מסמן דנ"א של תאים חדשים בלבד, והתאים הבוגרים לא מסומנים על ידו. אפשר לאתר את הצביעה על ידי מולקולות BrdU בתאים חדשים באמצעות מיקרוסקופ (איור 1).

אסטרטגיה אחרת למצוא תאי עצב חדשים שנוצרו היא לחפש את הקמע שלהם. בואו נדמין שלכל תא במוח יש קמע מסוים. אם נוכל לאתר את הקמע, נוכל לדעת לאיזו קבוצה הוא שייך, והקבוצה היא הסוג של התא במוח! אולם מהו הקמע של תא עצב? תאי עצב חדשים שנוצרים יכולו מולקולות מסוימות שנוצרות על ידם בלבד (הקמע). מה שמדענים עושים זה לחפש את הנוכחות של המולקולות המסוימות האלה. כדי למצוא את המולקולות המסוימות האלה, מדענים משתמשים במולקולות חיישן מיוחדות שנדבקות רק לקמע של תאי העצב החדשים, ולא לקמעות האחרים. אפשר לראות את מולקולות החיישן במיקרוסקופ.

שיטה אחרת היא לקבוע את גילם של תאי העצב החדשים. זה אפשרי מאחר שתאי עצב חדשים הרבה יותר צעירים מתאי העצב שנולדתם איתם. מדענים עושים זאת על ידי התבוננות בתכולת הפחמן של תאי העצב. פחמן הוא יסוד שנמצא בטבע והוא אבן הבניין של כל החיים, כולל תאים. התכונות של פחמן משתנות עם הזמן, ואנו יכולים לדעת בן כמה משהו אם נסתכל על סוג הפחמן שיש בו. חשבו על זה כך: בכל שנה, תלמידים חדשים מקבלים צמיד כמתנת

איור 1

אתרים של ניורוגנזה במוח.
 האיור מציג מוח של אדם מבוגר שמתרחשת בו ניורוגנזה, או היווצרות של תאי עצב חדשים, בשני אזורים. שני האזורים האלה הם ההיפוקמפוס (hippocampus) והאזור התת-חדרי (sub-ventricular; מוצג בכחול). בהיפוקמפוס, ניורוגנזה מתרחשת בפרט באזור שנקרא הפיתול המשונן (dentate gyrus). דרך אחת לאתר תאי עצב חדשים שנוצרו היא באמצעות צביעה ב-BrdU. BrdU נהפך לחלק מהדנ"א של תא חדש, ואז אפשר לראותו במיקרוסקופ באמצעות מולקולות איתור מסוימות. התמונה בחלק השמאלי העליון מראה את תאי העצב מההיפוקמפוס של עכבר. תאי העצב הבוגרים, מוצגים בצבע ירוק, בעוד שתאי העצב החדשים מראים צבע אדום, מאחר שהם מכילים BrdU בדנ"א שלהם.



איור 1

ברוכים הבאים, והצמיד הזה שונה מהצמידים שחולקו בשנים הקודמות. אם כן, אנו יכולים להגיד באיזו שנה התלמידים הצטרפו לקבוצה באמצעות התבוננות בצמידים שלהם. בהקשר הביולוגי, הצמידים הם סוג הפחמן שהדגימות מכילות [2].

פגיעה מוחית וניורוגנרציה

מרביתנו נחבטנו בראשנו פעם או פעמיים בחיים. ייתכן שהרגשנו כאב כלשהו, אולם התעוררנו ביום למחרת כאילו שכלום לא קרה. זה ידוע כפגיעת ראש. פגיעות ראש בדרך כלל לא גורמות להשלכות ארוכות טווח. אולם אם הפגיעה במוח חזרה על עצמה, או אם הפגיעה הראשונית הייתה חמורה, פגיעת הראש יכולה לגרום ל**פגיעה מוחית טראומטית (TBI)**. ככל שה-TBI קשה יותר, כך ההשלכות יהיו רציניות יותר עבור האדם שנפגע, ויתרחשו שינויים רבים יותר במוחו של אדם זה.

פגיעה מוחית טראומטית (TBI)

פגיעה במוח שמפריעה לתפקוד המוחי הרגיל.

דלקת

(Inflammation)

תגובה ביולוגית הגנתית שמתחילה בתנאים מזיקים, כמו למשל עקה (סטריס). היא דרך אחת שבה גופכם נלחם כנגד זיהום, פגיעה, או מחלה. היא מערבת תאים חיסוניים, כלי דם והרבה מולקולות בתוך התא.

מיקרוגליה

(Microglia)

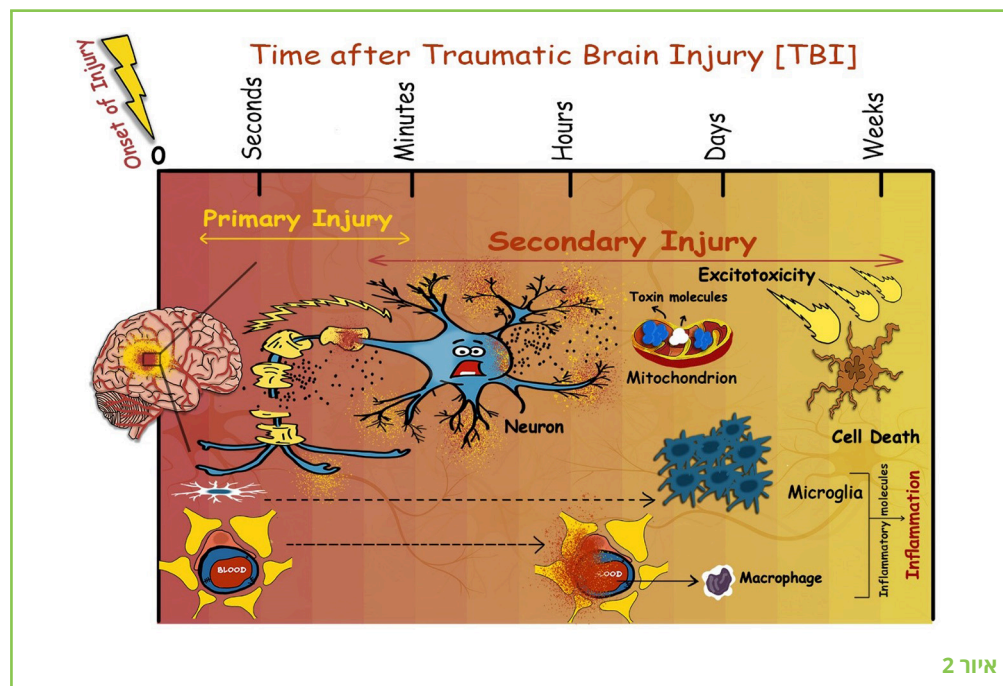
סוג של תא חיסוני שנמצא במוח.

ישנם שני שלבים של TBI, שנקראים פגיעה ראשונית ופגיעה שניונית (איור 2). הפגיעה הראשונית מערבת שינויים במוח שמתרחשים מייד אחרי החבטה בראש. ישנם נזק לתאים, דימום באזור הפגיעה וכאב. שעות, ואפילו ימים אחרי הפגיעה הראשונית, מתרחשת הפגיעה השניונית. הפגיעה השניונית מערבת שינויים נוספים במוח, כולל אקסיטוטוקסיות (excitotoxicity; כאשר תא עצב ניזוק או אפילו מת כתוצאה מהיותו פעיל מאוד), **ודלקת**. דלקת של תאי עצב מערבת את ההפעלה של תאים חיסוניים במוח שנקראים **מיקרוגליה**. תאי מיקרוגליה פעילים משחררים מולקולות דלקתיות, שמגייסות סוגים אחרים של תאים חיסוניים אל אתר הפגיעה המוחית, ובכך הדלקת גדלה עוד יותר. הגדילה הזו בדלקת היא תגובה נורמלית לפגיעה, והיא הכרחית לשימור הבריאות. אולם גדילה בלתי נשלטת בדלקת מזיקה לתאים.

איור 2

אירועים שמתרחשים

בעקבות TBI. פגיעה מוחית טראומטית מכילה שני שלבים: פגיעה ראשונית ופגיעה שניונית. הפגיעה הראשונית מתרחשת כמה שניות עד כמה דקות אחרי התרחשות ה-TBI. פגיעה ראשונית מערבת נזק ישיר לתאי העצב, שנגרם על ידי החבטה בראש. הפגיעה השניונית מתרחשת מאוחר יותר, בתוך כמה דקות ועד כמה שבועות אחרי הפגיעה המקורית. הפגיעה השניונית מערבת את שחרורן של מולקולות דלקתיות על ידי מיקרוגליה ועל ידי תאים חיסוניים נוספים. במקרים חמורים, מיקרוגליה ותאים חיסוניים אחרים משחררים הרבה מולקולות דלקתיות במהלך הפגיעה השניונית, מה שעלול להוביל למוות של תאי עצב.



נוסף על כך במהלך פגיעה שניונית, תאי מוח חיוניים עָקָה (סטרוס) ומתחילים לצבור מולקולות רעילות שיכולות בסופו של דבר להוביל למוות של תאי עצב, מה שאנו מכנים **ניוון עצבי** (ניורודגנרציה). לכן, הרבה פעמים הפגיעה השניונית היא זו שגורמת למרבית הנזק והניוון העצבי, אפילו שהמכה הראשונית בראש התרחשה כמה ימים או שבועות קודם לכן. מוות של הרבה תאי עצב עלול להיות מסוכן ולהוביל לבעיות ארוכות טווח שנקראות **מחלות מוח ניווניות** [3]. מדענים מנסים להפחית את ההשלכות השליליות של TBI על ידי הגדלת הניורוגנזה אחרי הפגיעה.

ניורוגנזה וניוון עצבי: משיכת חבל

פגיעה במוח, כפי שצוין לעיל, גורמת לדלקת. דלקת במוח נגרמת על ידי ההפעלה של מיקרוגליה ושל תאים חיסוניים אחרים שנקראים **מקרופגים**. התאים האלה מפרישים כימיקלים, כמו למשל מולקולות דלקתיות, שיכולים לעודד ניורוגנזה או ניוון עצבי (איור 3). אולם, כיצד?

אם הפגיעה המוחית קלה מאוד, הדלקת במוח תהיה בשליטה. לדלקת הזו יש תוצאה חיובית על ניורוגנזה, מאחר שהיא מיועדת להחליף את תאי העצב שאבדו. אולם אם הפגיעה במוח חמורה מאוד, או אם הפגיעה המוחית חוזרת על עצמה, כפי שקורה לעיתים קרובות בפעילויות ספורטיביות, זה יכול להוביל לדלקת חמורה. דלקת חמורה אינה בשליטה. חלק מהמולקולות הדלקתיות שמשוחררות במהלך דלקת חמורה גורמות להשלכות שליליות על ניורוגנזה ויוצרות סביבה קשה לגדילה של תאי עצב חדשים. בנוכחות של המולקולות הדלקתיות האלה, אפילו אם נוצרים תאי עצב חדשים, הם לא יכולים לשרוד. אם כן, במקרה של פגיעות ראש חוזרות או חמורות, מתרחש יותר ניוון עצבי ביחס לניורוגנזה.

ניוון עצבי

(Neurodegeneration)

תהליך שגורם לתאי עצב למוות. הוא משמש מדד למוות של תאי עצב.

מחלות מוח ניווניות

(Neurodegenerative Diseases)

מחלות מוח ניווניות הן סט של מחלות שמאופיינות על ידי אובדן הדרגתי של תאי עצב או תפקודים מוחיים. הן מובילות לבעיות בתנועה, או בתפקוד מנטלי. מרבית המחלות האלה אינן ניתנות לריפוי.

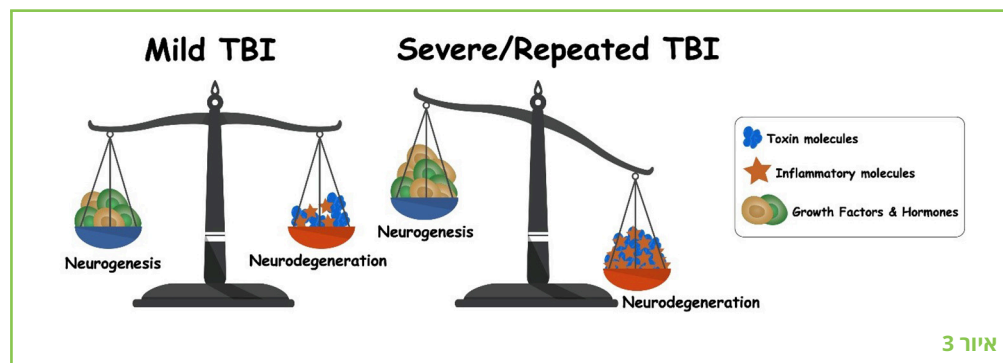
מקרופג

(Macrophage)

סוג של תא חיסוני שמעורב בתהליך של דלקת.

איור 3

איזון בין ניורוגנזה לניוון עצבי אחרי TBI. האיזון בין ניורוגנזה (כף כחולה) לניוון עצבי (כף אדומה) נקבע על ידי הסביבה שגרמה לפגיעה. בפגיעת TBI בינונית (משמאל), קיים איזון בין מולקולות דלקתיות (כוכבים) שמתעדות ניורוגנזה, לבין מולקולות דלקתיות אחרות שמתעדות ניוון עצבי. המולקולות הדלקתיות שמתעדות ניוון עצבי, פועלות כרעלנים (עיגולים כחולים) שהורגים תאי עצב. כתוצאה מכך, במקרים של TBI חמורה או חוזרת (מימין), האיזון מופר והוא נוטה יותר לכיוון הניוון העצבי, מאחר שהייצור של מולקולות הרעל מוגבר.



איור 3

מצב זה הוא כמו לשקול שני דברים על מאזני שקילה. אם ישנו משקל שווה בשני הצדדים, המאזניים יהיו בשיווי משקל. זה מה שקורה במקרה של דלקת בשליטה: כמות הניורוגנזה שמתרחשת יחסית זהה לכמות הניוון העצבי שמתרחש כתוצאה מהפגיעה. אולם אם צד אחד של המאזניים כבד יותר מהאחר, זה יגרום למאזניים לנטות. במקרה של פגיעה מוחית חמורה, ישנה דלקת שאינה בשליטה. זה גורם לכמות הניוון העצבי להיות גדולה יותר מכמות הניורוגנזה (3 איור, מימין). בסיטואציה הזו, המאזניים נוטים לכיוון של ניוון עצבי, והפגיעה השניונית יכולה לגרום למחלות מוח ניווניות קשות [4].

השפעות של ניוון מוחי

תאי עצב עובדים יחד כדי לבצע את כל תפקודי המוח. אם תאי עצב מתחילים למות, תפקודי המוח מושפעים מכך. אנשים שסובלים מ-TBI קלה או בינונית עשויים לאבד כמה תאי עצב. הם עשויים לחוות קשיים בחשיבה או בזיכרון, או ביכולתם לשים לב לדברים.

TBI חמורה מתרחשת כאשר המוח חווה פגיעה חמורה, כמו למשל תאונת רכב או נפילה קשה. אנשים שמתפתים בסוגי ספורט עם מגע, כמו למשל שחקני פוטבול, שחקני הוקי, שחקני כדורגל ומתאגרפים, הם דוגמאות לאנשים שעשויים להיות חשופים ל-TBI חמורה או חוזרת.

במהלך TBI חמורה, הרבה תאי עצב מתים וזה גורם לניוון המוחי לגבור על הניורוגנזה. פגיעות TBI חמורות או חוזרות עלולות להגדיל את הסיכון שאנשים יפתחו מחלות מוח ניווניות, בשל מותם של תאי עצב רבים.

מחלות מוח ניווניות יכולות להתרחש עד עשרות שנים אחרי TBI. מחלות מוח ניווניות כוללות את מחלת אלצהיימר, שגורמת לאובדן זיכרון, ומחלת פרקינסון, שבה אנשים מתחילים לרעוד מאחר שהם מאבדים את היכולת לשלוט בשריריהם. טרשת אמיורופית צידית (ALS), מחלה שבה אנשים מאבדים שליטה על שריריהם, ואנצפלופתיה כרונית טראומטית הן סוגים נוספים של מחלות מוח ניווניות. אנצפלופתיה מתייחסת למחלות שמשפיעות על המבנה של המוח ועל תפקודו, ובאנצפלופתיה כרונית טראומטית המטופלים מראים בעיות בהתנהגות, במצב הרוח ובחשיבה שלהם, שמובילות לבלבול ולשכחות.

מסקנות

תמיד צריך להתייחס ל-TBI ברצינות. הנזק שמתרחש בעקבות TBI אינו תמיד נראה מייד. אם אתם חווים TBI, היא יכולה להשפיע עליכם לטווח ארוך. ישנם גורמים רבים שמשפיעים על התוצאות של TBI. אם הפגיעה חמורה מאוד, ניורוגנזה אינה יעילה כל כך, וזה יכול להטות את הכף לכיוון ניוון עצבי. אם כן, אתם תמיד צריכים להגן על ראשכם במהלך פעילויות מסוכנות, או כשאתם עושים ספורט. חובה להגן על מוחכם [3, 5]!

מקורות

1. Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., et al. (Eds.). 2001. "Neuroglial cells," in *Neuroscience, 2nd Edn.* (Sunderland, MA: Sinauer Associate). p. 1–43.
2. Ming, G. L., and Song, H. 2011. Adult neurogenesis in the mammalian brain: significant answers and significant questions. *Neuron* 70:687–702. doi: 10.1016/j.neuron.2011.05.001
3. Kobeissy, F., Mondello, S., Tumer, N., Toklu, H. Z., Whidden, M. A., Kirichenko, N., et al. 2013. Assessing neuro-systemic & behavioral components in the pathophysiology of blast-related brain injury. *Front. Neurol.* 4:186. doi: 10.3389/fneur.2013.00186
4. Shohayeb, B., Diab, M., Ahmed, M., and Ng, D. C. H. 2018. Factors that influence adult neurogenesis as potential therapy. *Transl. Neurodegener.* 7:4. doi: 10.1186/s40035-018-0109-9
5. Abou-Abbass, H., Bahmad, H., Ghandour, H., Fares, J., Wazzi-Mkahal, R., Yacoub, B., et al. 2016. Epidemiology and clinical characteristics of traumatic brain injury in Lebanon: a systematic review. *Medicine (Baltimore).* 95:e5342. doi: 10.1097/MD.0000000000005342

פורסם אונליין: 23 ביוני 2022

נערך על ידי: Robert T. Knight

מנחה מדעי: Jae Kyu Ryu

ציטוט: Hasan H, Tabet M, Abdelhady S, Halabi S, Habashy KJ, Kobeissy F and Shaito A (2022) משיכת חבל במהלך פגיעה מוחית טראומטית. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00119-he

תורגם והותאם: Hasan H, Tabet M, Abdelhady S, Halabi S, Habashy KJ, Kobeissy F and Shaito A (2020) Tug of War During Traumatic Brain Injury. *Front. Young Minds* 8:119. doi: 10.3389/frym.2020.00119

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

Hasan, Tabet, Abdelhady, Halabi, Habashy, 2022 © 2020 © **COPYRIGHT** Kobeissy and Shaito. זהו מאמר בנישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרת צעירה

EUNBI, גיל: 13

קוראים לי Eunbi ואני מסן פרנסיסקו. כיום אני בכיתה ח. קריאת מאמרים מדעיים וגילוי תהיות נוספות על העולם ועל המנגנונים של מחלות אנושיות מעניינים מאוד עבורי. אני מאמינה שאפילו תגליות קטנות יוכלו להשפיע על עתיד העולם הזה.

הכותבים

HIBA HASAN

כיום אני מתנדבת במחלקה לביוכימיה וגנטיקה מולקולרית באוניברסיטה האמריקאית של בירות. המעבדה מתמקדת בהבנת הבסיס הפתולוגי של פגיעות מוחיות, ובוחנת טיפולים מבוססי תאים ומבוססי תרופות עבור פגיעות מוחיות טראומטיות. יש לי תואר שני בביולוגיה עם התמחות באימונולוגיה, שבו בחנתי פעילויות נוגדות דלקת ונוגדות חמצון של סוכנים שונים במחלות אוטואימוניות. אני מקווה לעשות דוקטורט שיתמקד בבסיס האימונולוגיה של מחלות אוטואימוניות, ומקווה למצוא תרופה למחלות כאלה.

MAHA TABET

עשיתי תואר שני במדעי המוח במרכז לחקר מדעי המוח באוניברסיטה הלבנונית, וערכתי את פרויקט המחקר שלי לתואר שני במחלקה לביוכימיה ולגנטיקה מולקולרית באוניברסיטה האמריקאית של בירות (AUB). הפרויקט שלי חקר את תפקיד המיטוכונדריה ולחץ חמצוני בפגיעה מוחית טראומטית (TBI), עם מיקוד בבחינת טיפול נוגד חמצון אפשרי. נוסף על אהבתי למחקר, אני אוהבת לקרוא, לצייר ולכתוב.

SAMAR ABDELHADY

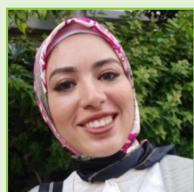
אני רופאה. עשיתי התמחות מחקרית במעבדה של דוקטור Kobeissy באוניברסיטה האמריקאית של בירות (AUB) במטרה לחקור פגיעה מוחית טראומטית (TBI) באמצעות מודלים של חיות. בזמני הפנוי אני אוהבת לצייר איורים מדעיים ואומנות של המוח, לצפות בסרטים ולדבר על המוח, ומאחר שאני עובדת שעות ארוכות מול מחשב אני נהנית ללכת לטייל כדי לשמור על גופי בכושר.

SARAH HALABI

עשיתי תואר ראשון בביוכימיה באוניברסיטה הבינלאומית הלבנונית. כיום אני לומדת לתואר שני בביולוגיה באוניברסיטה האמריקאית של בירות. תחומי העניין שלי כוללים סרטן, חקר תעתיקי רנ"א (transcriptomics), פרוטאומיקה ומיקרוביולוגיה. בסופו של דבר אני רוצה להשלים דוקטורט בביולוגיה או בביוכימיה.

KARL JOHN HABASHY

אני סטודנט לרפואה באוניברסיטה האמריקאית של בירות, שם השלמתי בהצטיינות תואר ראשון במדעים. במהלך שנות הלימודים שלי, הכשרתי במעבדה של דוקטור Noel Ghanem, שמתמקדת במנגנונים של



ניורוגנזה ובהשלכות שלה על מחלות מוח ניווניות. במהלך לימודי הרפואה שלי אני מתנדב במעבדה של דוקטור Kobeissy וחוקר פגיעות מוחיות טראומטיות. אני מתכנן לפתח קריירה גם כרופא וגם כחוקר בתחום של מדעי המוח.



FIRAS KOBEISSY

אני מדען מוח עם ניסיון רחב בפגיעות מוחיות ניסיוניות. אני פרופסור במחלקה לביוכימיה באוניברסיטה האמריקאית של ביירות. קיבלתי את הדוקטורט שלי מאוניברסיטת פלורידה בתחום של מדעי המוח. המחקר העכשווי שלי מתמקד בזיהוי סמנים ביולוגיים לרעילות שנבעת משימוש יתר בתרופות, ובניורופרטאומיקה של פגיעות מוחיות טראומטיות. אני חבר במרכז המחקר לניורופרטאומיקה וסמנים ביולוגיים, ובמרכז לחקר פגיעה מוחית טראומטית במכון מקנייט באוניברסיטת פלורידה. *firasko@gmail.com



ABDULLAH SHAITO

עשיתי את הדוקטורט שלי באוניברסיטת טקסס בדרום מערב דאלאס (טקסס, ארצות הברית), שם חקרתי אינטראקציות של מיקרוביטה עם תאי המעיים. כיום, אני פרופסור באוניברסיטה הבינלאומית הלבנונית (ביירות, לבנון). בפרויקטי המחקר הנוכחיים שלי אני עובד על שימוש בתאי גזה לטיפול ב-TBI, ועל תקשורת תא-תא שמתרחשת בסוגי סרטן שונים. אני גם מלמד כמה קורסי יסוד בביולוגיה לתואר ראשון. שלחו לי אימייל כשתגיעו לקולג' ותצטרכו עזרה בקורסים שלכם בביולוגיה. *abdshaito@gmail.com

†המחברות תרמו לעבודה זו בצורה שווה

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



הוצאת פרונטייה מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK