

מהי הרדמה?

Janna D. Lendner^{1,2*}

¹מכון הלן ווילס למדעי המוח, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ברקלי, קליפורניה, ארצות הברית
²המחלקה לתורת ההרדמה ולרפואת טיפול נמרץ, המרכז הרפואי של טובינגן, טובינגן, גרמניה

סוקרים צעירים

MARCEL
 גיל: 10



האם אי פעם עברתם ניתוח? אם כן, ייתכן כי אתם זוכרים שדיברתם עם צוות בית החולים לפני הניתוח, עד שלפתע הכול נעשה שחור? וכשהתעוררתם לאחר מכן, הניתוח כבר הסתיים והרגשתם כאילו ישנתם? אבל לא באמת ישנתם – הייתם תחת הרדמה, מצב שנגרם על ידי תרופה, שבו אינכם מודעים לסביבתכם, לא מרגישים כאב ולא יכולים לנוע או ליצור זיכרונות. האם ידעתם שהרדמה התגלתה לפני 150 שנים בלבד? נסו לדמיין כמה טראומטי ניתוח יכול היה להיות שלא תחת הרדמה: אנשים נדרשו לעבור ניתוח בערנות מלאה וללא משככי כאבים! למרבה המזל, כיום אנו יכולים לחוש הקלה לפני הניתוח, בידיעה שלא נחוה את ההליך או נרגיש כל כאב – בזכות ההרדמה. במאמר זה נשפוך אור על מה קורה במהלך הרדמה, מהם סוגי ההרדמה השונים שקיימים וכיצד הם פועלים.

כמעט כל האנשים יזדקקו לניתוח בשלב כלשהו בחייהם. שאלו מישהו שעבר ניתוח אם הוא זוכר משהו מההליך. מרבית הסיכויים שהוא או היא יזכרו חלק מהפרטים על הזמן שקדם לניתוח, לדוגמה כיצד הם היו צריכים ללבוש כותונת מבית החולים. אך בנקודה מסוימת, הם לא יהיו מסוגלים לזכור מה קרה הלאה – הכל פשוט הפך שחור. ברגע הזה, הוא או היא היו תחת הרדמה. מהי הרדמה וכיצד היא פועלת? ישנם שני סוגים עיקריים – אחד נקרא

הרדמה אזורית (Regional anesthesia)

חוסר תחושה באזורים מסוימים בגוף, כמו יד או רגל, שנגרם על ידי תרופה. באזור המורדם העצבים חסומים כך שאינם מסוגלים להעביר שום תנועה או תחושת כאב. בניגוד להרדמה כללית, בהרדמה אזורית המטופלים ערים ויכולים לזכור הכול.

הרדמה כללית (General anesthesia)

מצב שנגרם על ידי תרופה שמשפיעה על כל המוח, שבו מטופלים אינם חווים את סביבתם, לא מרגישים כל כאב, אינם נעים ולא יוצרים זיכרונות. תפקודי גוף אחרים, כמו נשימה, מושפעים אף הם מהתרופה.

תוספת

(Appendix)

חלק קטן בצורת צינורית במעי, שלעיתים מזדהם.

רופא מרדים

(Anesthetist)

רופא או רופאה עם התמחות מיוחדת בהרדמה.

עירוי

(IV–Intravenous)

תוך-ורידי ("in-the-vein"), בתרגום מלועזית. עירויים משמשים לספק למטופלים נוזלים ותרופות.

איור 1

מערך הניתוח

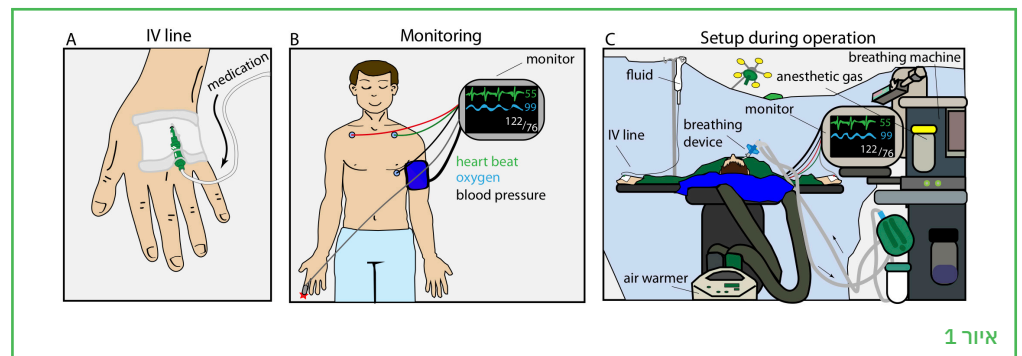
וניטור במהלכו (A) עירוי הוא צינורית קטנה שדרכה ניתן לתת תרופות ישירות אל הדם. **(B)** פעימות הלב נמדדות באמצעות מדבקות שמודקות לחזה של המנותח (קו ירוק על המוניטור); חמצן בדם נמדד באמצעות תופסן אצבע (קו כחול), ולחץ הדם באמצעות שרזול מתנפח סביב לחלק העליון של הזרוע (מספרים לבנים במוניטור). **(C)** הווילון הכחול מפריד בין אזור הניתוח לבין אזור העבודה של הרופאים המרדמים. נוזלים ותרופות אחרות ניתנים באמצעות העירוי. מכשיר נתיב אוויר מאפשר למכונת ההנשמה להכניס אוויר אל ריאותיו של המנותח, ומחמם אוויר שומר על חום גופו. חומרי הרדמה כלליים ניתנים דרך מכונת ההנשמה אם הם גז, או דרך העירוי אם הם נוזלים.

הרדמה אזורית, מאחר שרק אזור אחד בגוף מורדם, והשני נקרא הרדמה כללית, מאחר שהיא משפיעה על הגוף כולו.

הרדמה כללית משפיעה על כל הגוף

נדמיון שיש לכם משהו בבטן שדורש ניתוח. אולי אתם צריכים לעבור הֶסְרֵת הַסִּסְפֵּת, לדוגמה. במסגרת סוג הניתוח הזה, ככל הנראה תצטרכו לעבור הרדמה כללית. ביום הניתוח, ייקחו אתכם לחדר הניתוח. הרופא המרדים, או הרופאה המרדמה, יכניסו צינורית קטנה שמקראת עירוי אל הווריד שלכם – כנראה באחיורי ידכם (איור 1A). דרך העירוי, הנוזלים וכל התרופות שנדרשות במהלך הניתוח ייכנסו אל גופכם. ידביקו לכם שלוש מדבקות על החזה כדי לבדוק את ליבכם, יצמידו שרזול סביב זרועכם כדי למדוד את לחץ הדם שלכם, ותופסן עם אור אדום שמחובר לאחת מאצבעותיכם כדי למדוד את רמות החמצן בדמכם (איור 1B). לאחר מכן, תקבלו תרופה מרדמה, או על ידי שאיפתה דרך מסכה, או דרך העירוי שלכם. זמן קצר לאחר מכן, לא תזכרו עוד שום דבר עד שתתעוררו אחרי הניתוח.

בזמן שאתם מורדמים, מתרחשים דברים רבים. הרדמה כללית פועלת על כל המוח – היא חוסמת את יכולתכם לחוש כאב, מונעת תנועה ועוצרת היווצרות של זיכרונות חדשים [1]. הרדמה כללית גם משפיעה על תפקודי גוף אחרים כמו למשל נשימה, בליעה, טמפרטורת גוף ולחץ דם, שחיוניים לחיים. המערך בחדר הניתוח נראה דומה לתא טייס במטוס (איור 1C), והרופאים המרדמים נעשים כמו טייסים של המנותח, כשעליהם להשתלט על כל התפקודים האלה, בסיוען של תרופות ומכונות: מאחר שתחת הרדמה כללית תפסיקו לנשום בעצמכם, הרופאים המרדמים יכניסו מכשיר קטן לגרונכם כדי לחבר אתכם למכונת הנשמה. המכונה הזו דוחפת תערובת של אוויר וחמצן אל תוך ריאותיכם. כמו כן הרופאים המרדמים יחברו את המזרן שלכם אל מחמם אוויר, כך שלא יהיה לכם קר במהלך הניתוח.



איור 1

בהרדמה כללית, לפחות שני סוגי תרופות שונים נמצאים בשימוש – משכך כאבים וחומר הרדמה כללית ששומרים עליכם מפני חוויה או זיכרון של מה שמתרחש. לעיתים, הרופאים המרדמים ישתמשו גם בתרופות אחרות, אולי כדי למנוע מכם לנוע או כדי לשמור על קצב ליבכם ולחץ הדם שלכם בטווח הנורמלי.

ישנן שתי קבוצות גדולות של חומרי הרדמה כלליים – גזים ונוזלים. גז הרדמה יינתן דרך מסכה. כשאתם נושמים פנימה, הוא עובר מהריאות אל דמכם ואז ממשיך אל מוחכם. לפני

אֶתֶר (Ether)

גז שגורם לאנשים להיות ישנוניים ולא רגישים לכאב.

חוסר הכרה (Unconsciousness)

מצב שבו אנשים לא מרגישים או חווים שום דבר שקורה בסביבתם.

יותר מ-200 שנים, אנשים שאפו בבית גז שנקרא אֶתֶר, מאותן הסיבות שאנשים שותים אלכוהול כיום. רופאים הבינו שתחת השפעה של אֶתֶר אנשים לא הבחינו כשהם פגעו בעצמם. זה נתן לרופאים רעיון להשתמש בחומר זה במהלך ניתוחים. ההדגמה הראשונה של אֶתֶר בתור חומר הרדמה נעשתה בבית החולים הכללי של מסצ'וסטס בבוסטון ב-1846 [2], והיא עדיין נחשבת כרגע המכונן של ההרדמה המודרנית. מאז, אֶתֶר שפך וגרסאות חדשות יותר שלו עדיין נמצאות בשימוש נרחב כיום.

הקבוצה השניה של חומרי הרדמה כלליים היא נוזלים, שיכולים להינתן ישירות אל הדם דרך ערוי, ואז להמשיך אל המוח. לא משנה איזו קבוצה נמצאת בשימוש, כל עוד הרופא או הרופאה המרדדימים ממשיכים לספק לכם חומר הרדמה כללי, אתם תישארו **מחוסרי הכרה**. במהלך ניתוח, הרופאים המרדדימים יישארו איתכם במשך כל הזמן, יבדקו כל העת מה שלומכם ויראו אם משהו דורש כוונן. כאשר הניתוח יסתיים, הרופאים המרדדימים יפסיקו את התרופות ואתם תתחילו להתעורר. במהלך אותו הזמן, הרופאים המרדדימים ייתנו למוחכם ולגופכם לחזור בהדרגה לתפקודיהם, ויודאו שאתם בטוחים. לאחר מכן, אתם עלולים להרגיש קצת מסוחררים עד שהשפעת התרופות תחלוף לגמרי. במהלך ההתאוששות, רופאים ואחיות אחרים ידאגו לכם ויודאו שאתם מרגישים טוב.

מה קורה במוח תחת הרדמה כללית?

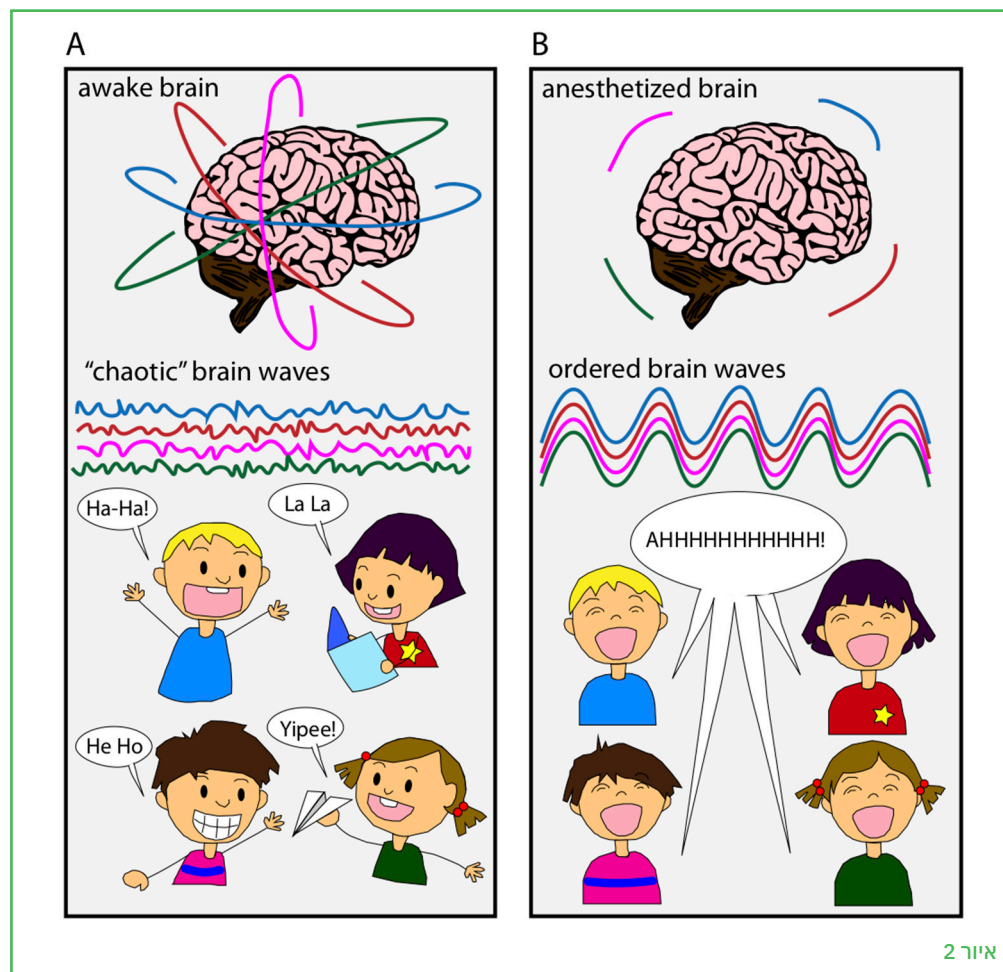
כשאתם ערים, מוחכם מקבל מידע רב לגבי הסביבה דרך החושים שלכם – אתם רואים, שומעים, מריחים, טועמים ונוגעים. המידע הזה נשלח בין האזורים השונים במוחכם באופן חי שנראה קָאוּטִי-כמו שיח מונפש בין תלמידים כשאין מורה בסביבה (איור 2A). תאים במוח משתמשים באותות חשמליים כדי "לדבר" זה עם זה. הרדמה כללית חוסמת את תאי המוח באופן כזה שהם לא יכולים לשלוח אותות לשכניהם. אם מספיק תאים נחסמים מאיתות לשכניהם, מערכת התקשורת כולה בין אזורים במוח נכבית. אותות המוח החשמליים נעשים לפתע מסודרים – כמו מקהלה, אזורי המוח מתחילים לשיר את אותו השיר וכבר לא "מדברים" עוד זה עם זה (1); איור 2B).

האם הרדמה כללית ושינה זהות?

גם במהלך שינה וגם תחת הרדמה כללית, אתם מנותקים מהעולם. אינכם מתקשפים עם סביבתכם ואינכם מבחינים בשום דבר שמתרחש סביבכם. אולם אף על פי ששני המצבים נראים דומים מבחינה הרדמה היא די שונה משינה. שינה מתרחשת באופן טבעי בכל לילה, בעוד שהרדמה היא מצב מלאכותי שנגרם על ידי תרופה. בעוד שהורכם יכולים להעיר אתכם משינה, הם לא יכולים להעיר אתכם מהרדמה. זכרו שההרדמה משפיעה גם על הנשימה, על טמפרטורת הגוף ועל לחץ הדם, בעוד שבמהלך שינה התפקודים האלה נורמליים. גם תפקודי מוחכם שונים בין שינה להרדמה. אף על פי שנראה כאילו אינכם עושים הרבה בזמן שאתם ישנים, מוחכם עסוק גם במהלך הלילה. אזורים רבים במוח פעילים ו"מדברים" זה עם זה, סוקרים את כל החוויות החדשות ואת כל הדברים שלמדתם במהלך היום. תחת הרדמה, כל אזורי המוח נשארים שקטים יחסית ולא מתקשפים זה עם זה. המשמעות היא שכאשר אנו תחת הרדמה, איננו מקבלים את התועלות שיש בשינה.

איור 2

הרדמה כללית. (A) במוח הער, מתקיימת תקשורת בין כל אזורי המוח. הגלים החשמליים במוח עשויים להיראות כאוטיים, אולם הם מכילים מידע רב. ארבעת הילדים מייצגים אזורים במוח שעושים דברים שונים, אך מתקשרים זה עם זה. (B) תחת הרדמה כללית, תקשורת בין אזורי מוח פוחתת למינימום, וגלי המוח מסודרים מאוד. הילדים מייצגים את אזורי המוח שכולם שרים את אותו השיר, ולא מתקשרים זה עם זה.



הרדמה אזרית מאלחשת אזור מסוים בגוף

אנשים אינם תמיד חסרי הכרה כשהם תחת הרדמה. אם אתם עוברים הרדמה מקומית או אזרית, תוכלו להיות ערים לגמרי ועדיין לא להרגיש שום כאב מהניתוח. לדוגמה, נדמיון שחכתם את אצבעכם בטעות באמצעות סכין. אאוץ', זה כואב! האות החשמלי של הכאב מתקדם מהר מהאצבע אל מוחכם, לאורך אסופות דמויות חוטים שנקראות עצבים (איור 3A). אף על פי שהכאב אינו נעים, זהו גם את אזהרה חשוב ביותר שגורם לכם להרחיק מייד את אצבעכם מהסכין.

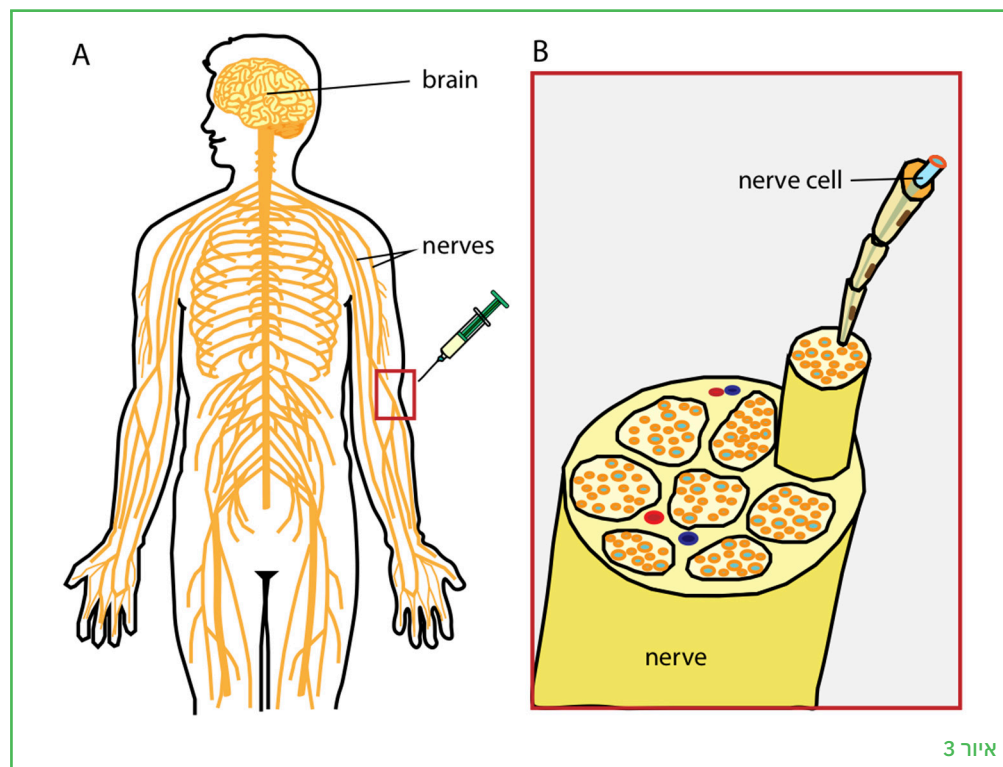
כאשר הרדמה מקומית מוזרקת קרוב לעצב (איור 3B), החומר המרדים חוסם את ההתקדמות של האות החשמלי במוח. אם רק אזור קטן של רקמה מאלחש, התהליך נקרא הרדמה מקומית ויכול להיות מבוצע על ידי רופאים מהתמחויות שונות, לדוגמה רופאי שיניים. במהלך הרדמה אזרית, אזור גדול בגוף מאלחש, בעיקר זרועות או רגליים. זה צריך להיעשות על ידי רופאים מרדמים שמחליטים כתלות בסוג הניתוח היכן לחסום את העצבים – לעיתים צריך לאלחש רק אצבע אחת, ולעיתים את כל היד או אפילו את כל הזרוע. לפעמים, אנשים מקבלים תרופות נוספות במהלך הרדמה אזרית כדי שיסייעו להם להירגע או להירדם במהלך הניתוח. באופן מעניין, ההרדמה המקומית העתיקה ביותר הייתה הקוקאין, חומר שמופק מעלים של עץ הקוקה [3]. קוקאין שימש כטיפות שיעול מאחר שהוא אלחש את הגרון, אך במהרה היה ברור שהוא גם גורם לבעיה רצינית: אנשים התמכרו אליו!

עצב (Nerve)

אסופת תאים, כמו חוטים, שמחברת תאי מוח עם תאים מחוץ למוח. אותות חשמליים נעים הלך ושוב בין המוח לבין הגוף לאורך העצבים.

איור 3

הרדמה אזורית (A) עצבים מחברים את המוח עם כל הגוף. אותות נעים קדימה ואחורה בין המוח לבין הגוף באמצעות הכבישים המהירים החשמליים האלה. רופאים מרדימים יכולים לחסום את העצב באזור מסוים בעזרת מזרק. ברגע שהוא חסום, אותות מהמוח, כמו למשל אלה שגורמים לתנועה, לא יכולים להגיע לאזור הזה. כמו כן אותות שמגיעים מאותו האזור, כמו למשל אותות כאב, לא יכולים להגיע למוח. **(B)** תקריב: עצב שדומה לכבל ומכיל הרבה אסופות קטנות, כמו חוטים.



איור 3

מאז, מדענים יצרו תרופות מודרניות על ידי שינוי חלק מהחלקים של מולקולת הקוקאין, כך שהיא עדיין תאלחש את הכאב אך כבר לא תהיה ממכרת.

מסקנות

הרדמה היא אחת התגליות הגדולות ביותר ברפואה המודרנית – היא הפכה ניתוחים להיות נטולי כאב עבור מטופלים. ניתוחים חדשים נעשו אפשריים, שאחרת היו עלולים להיות טראומטיים מדי לביצוע על אנשים ערים. כיום, מדי יום אנשים רבים עוברים הרדמה מסיבות שונות – אצל רופא השיניים, עבור ניתוח או תהליך אבחון בבית החולים. מרבית הסיכויים שאם טרם עברתם הרדמה עד כה, תעברו הרדמה לפחות פעם אחת בחייכם. חשוב לציין שהרדמה עלולה להיות מסוכנת כשהיא מבוצעת בידיים הלא נכונות, מאחר שהיא משפיעה על תפקודי גוף שכוללים תפקודים חיוניים, כמו למשל נשימה. לכן, חשוב שרופאים מרדימים מומחים המאובזרים בציוד מקצועי ידאגו לכם במהלך ההרדמה. כמו טיסה במטוס, הרדמה עלולה להיות מסוכנת ומורכבת, אך כשמבצעים אותה בצורה נכונה, היא בטוחה מאוד.

מקורות

1. Brown, E. N., Lydic, R., and Schiff, N. D. 2010. General anesthesia, sleep, and coma. *N. Engl. J. Med.* 363:2638–50. doi: 10.1056/NEJMra0808281
2. Bovill, J. G. 2008. Inhalation anaesthesia: from diethyl ether to xenon. *Handb. Exp. Pharmacol.* 182:121–42. doi: 10.1007/978-3-540-74806-9_6
3. Redman, M. 2011. Cocaine: what is the crack? A brief history of the use of cocaine as an anesthetic. *Anesthesiol. Pain Med.* 1:95–7. doi: 10.5812/kowsar.22287523.1890

פורסם אונליין: 10 באוגוסט 2023

נערך על ידי: Marcel Ruiz-Mejias

מנחים מדעיים: Angela M. AuBuchon

ציטוט: Lendner JD (2023) מהי הרדמה? Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2021.524571-he

תורגם והתאם מ: Lendner JD (2021) What Is Anesthesia? Front. Young Minds 9:524571. doi: 10.3389/frym.2021.524571

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

זכויות יוצרים © 2021 © Lendner 2023. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

MARCEL, גיל: 10

אני אוהב מדע ומתמטיקה, ורוצה להיות מתכנן ובונה רובוטים בעתיד. אני חלק מקבוצת הכדורסל של בית הספר שלי, ובערבים לומד טקוונדו. אני מנגן על כינור, ומשחק כמה שיותר משחקי וידאו – כל עוד אימי מרשה לי.

הכותבים

JANNA D. LENDNER

אני מדענית מוח באוניברסיטת קליפורניה בברקלי, שכל כך קרובה לסן פרנסיסקו עד שאפשר לראות ממנה את גשר שער הזהב. כאן, אני חוקרת מה קורה למוחנו כשאנו נמצאים תחת הרדמה או כשאנו ישנים. אני מרגישה בת מזל לקחת חלק במחקר המרגש על התעלומות הגדולות של המוח האנושי – מהי תודעה, ומדוע אנו ישנים? נוסף על היותי חוקרת, אני גם רופאה מרדימה. כשאני במעבדה, אני אוהבת לחקור את הטבע היפהפה של ארצות הברית, לעשות יוגה ולאכול אוכל טעים. [*janna.lendner@gmail.com](mailto:janna.lendner@gmail.com)

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

