

בדיקת כלי דם באמצעות גלי קול

Christine M. Tallon^{1*}, Kurt J. Smith², Nia Lewis³ ו Ali M. McManus¹

¹המרכז לבריאות הלב, הריאות וכלי הדם, אוניברסיטת קולומביה הבריטית, קלונה, קולומביה הבריטית, קנדה
²המעבדה לבריאות צרברו-וסקולרית, לאימון ולמדעי מחקר סביבתי (CHEERS), המחלקה למדעי האימון, חינוך גופני ובריאות, הפקולטה לחינוך, אוניברסיטת ויקטוריה, ויקטוריה, קולומביה הבריטית, קנדה
³שירותי כלי דם עצמאיים בע"מ, היחידה לחקר כלי דם, בית חולים וורינגטון, בתי חולים וורינגטון והלטון להוראה, קרן הנאמנות של שירותי הבריאות הלאומיים (NHS), וורינגטון, בריטניה

סוקרים צעירים

ALEXIA

גיל: 11



VICTOR

גיל: 8



הלב האנושי פועל כצוות עם כלי הדם בגוף. הלב מזרים את הדם, וכלי הדם מסייעים לדם לנוע בכל רחבי הגוף, ממש כשם שצינור גינה מסייע להזרים מים לכל רחבי הגינה. הדם נושא חמצן וחומרי מזון אחרים לשרירים ולאיברי הגוף, ומסיר פחמן דו-חמצני וחומרי פסולת אחרים. אלה הן מטלות חשובות מאוד עבור הדם! לעיתים רופאים צריכים לבדוק אם הלב וכלי הדם פועלים כראוי, ומדענים עשויים לרצות לחקור כיצד כלי דם מתפקדים כשאנשים מתבגרים. כדי לעשות זאת, משתמשים בשיטה שנקראת אולטרסאונד, המאפשרת לצלם ולהסריט את כלי הדם בגוף ואת הדם שנע דרכם. אולם, כיצד קול מייצר תמונות? במאמר זה נסביר כיצד אולטרסאונד פועל, וכיצד הוא יכול לשמש לבחינת כלי דם ומהירות זרימת הדם.

הדם וכלי הדם מבצעים עבודות חשובות

ממש כפי שְׁמַיִם מתקדמים בצינור גינה בחצר, כך דם זורם דרך כלי דם בגוף האנושי. כלי דם הם צינוריות המאפשרות לדם לזרום החוצה מהלב, סביב רחבי הגוף, וחזרה אל הלב (למידע נוסף, ראו **כלי דם מתחת למיקרוסקופ** [1]). הדם מורכב מארבעה רכיבים עיקריים: תאי דם אדומים, תאי דם לבנים, טפילים ופלזמה – כל אחד מהם בעל תפקידים חשובים שעליו לבצע! תאי דם אדומים נושאים חמצן לכל תאי הגוף, במטרה 'לתדלק' אותם, ומסלקים מהגוף פחמן דו-חמצני (תוצר פסולת). תאי דם לבנים מסייעים לגוף להילחם בזיהומים. תאי דם אדומים קרישי דם, שסותמים את החורים בדפנות כלי הדם כשאתם נפצעים. פלזמה, שמורכבת בעיקר ממים, מסייעת לתאי דם לנוע דרך כלי הדם, באותו אופן שבו מים נעים בצינור הגינה. הפלזמה גם מעבירה חומרי מזון וחלבונים חשובים ברחבי הגוף.

כלי דם מייצרים שתי לולאות בתוך הגוף: לולאה קטנה ולולאה גדולה (**איור 1**). בלולאה הקטנה, דם עם מעט חמצן זורם מהלב לריאות, שם הוא מקבל חמצן. דם בעל רמות גבוהות של חמצן נע מהריאות חזרה ללב, משם יוזרם לכל שאר האזורים בגוף דרך הלולאה הגדולה. כלי דם בלולאה הגדולה משתנים בגודלם, כאשר כלי הדם הגדולים ביותר ממוקמים קרוב ללב, וכלי הדם הקטנים ביותר ממוקמים הרחק מהלב. כלי הדם הגדולים ביותר הם העורקים, אשר להם דפנות שריריות חזקות. כלי הדם הקטנים ביותר הם הנימים, אשר להם דפנות דקות כך שהדם יוכל בקלות להחליף חמצן, חומרי מזון ופחמן דו-חמצני דרכם. ורידים הם כלי דם שנושאים דם חזרה לכיוון הלב, ואין להם דפנות שריריות חזקות כמו לעורקים.

מאחר שכלי דם חשובים כל כך לשמירה עלינו בחיים, חשוב שרופאים ומדענים יוכלו למדוד אם הם פועלים כראוי, במיוחד כשאנו מתבגרים וכלי הדם מתחילים להשתנות. שיטה פשוטה למדידת כלי דם מערבת שימוש בגלי קול כדי ליצור תמונות של כלי הדם, באמצעות טכניקת אולטרסאונד – דמות על-שמעי (למידע נוסף, ראו "**הוקוס פוקוס – שימוש בקסם של אולטרה-סאונד כדי להסתכל אל תוך הגוף**" [2]). במטרה להבין כיצד השיטה הזו פועלת, נסביר תחילה על גלי קול.

מהו גל קול?

גלי קול נוצרים כאשר אובייקטים רוטטים באוויר שסביבם, והקטטה הזו נע דרך האוויר, הרחק ממקור הקול, בתור גל (קראו על כך עוד במאמר "**שמיעה והסביבה: צלילים מכל פינה!**" [3]). לגלי קול יש שני מאפיינים חשובים: אורך גל וקצב (**איור 2**). דמיונו גלים בים שעולים מעלה לשיא לפני שהם נופלים לנקודה נמוכה, ובד בבד גם מתקדמים קרוב יותר לחוף. המרחב שמחזור אחד של גל קול תופס כשהוא נע אופקית מעלה ומטה נקרא **אורך גל**. גלי קול יכולים גם להימדד על ידי המהירות שלהם, מה שמכונה **קצב**. התדר של גל קול הוא ספירה של כמה מחזורי גל שלמים מתרחשים בשנייה אחת. תדר קובע את גובה הצליל של קול: גובה צליל גבוה מקושר לתדר גבוה, וגובה צליל נמוך מקושר לתדר נמוך. לגלי קול בעלי תדרים גבוהים יותר יש אורכי גל קצרים יותר.

היחידה למדידת תדר היא **הרץ** (Hz). הרץ אחד הוא מחזור גל קול אחד שלם בשנייה. אזניים אנושיות מסוגלות לשמוע צלילים בטווח שבין 20 ל-20,000 הרץ. צלילים בעלי

אורך גל (Wavelength)

המקום שמחזור גל קול אחד תופס כשהוא נע מעלה ומטה בצורה אופקית.

תדר (Frequency)

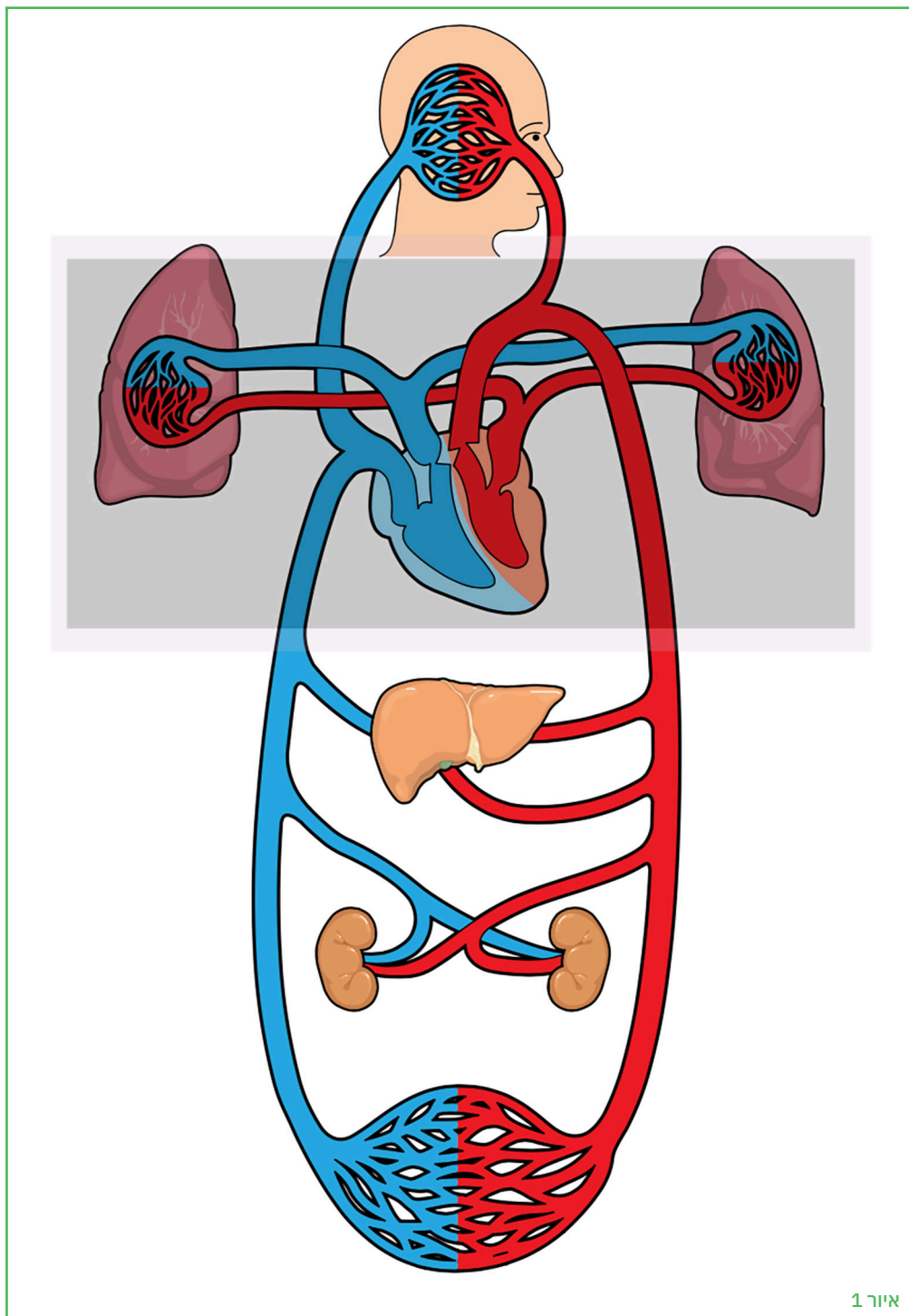
מספר מחזורי הגל השלמים המתרחשים בשנייה אחת.

הרץ [(Hertz) Hz]

יחידה למדידת תדר. הרץ אחד הוא גל קול שלם אחד, או מחזור שלם אחד לשנייה.

איור 1

כלי דם מייצרים שתי לולאות בתוך הגוף. בתוך התיבה האפורה נמצאת הלולאה הקטנה, אשר מורכבת מכלי דם שמחברים את הלב לריאות, שם הדם יכול לקבל חמצן ולהיפטר מפסולת פחמן דו-חמצני. הלולאה הגדולה מורכבת מאוד, והיא מניעה את הדם אל הלב וחזרה ממנו אל כל האזורים האחרים בגוף, לרבות המוח, איברים כמו הכבד והכליות, והשרירים. האיור נוצר באמצעות פלטפורמת Mind the Graph.



איור 1

אולטרסאונד (Ultrasound)

צלילים בעלי תדר הגבוה מ-20,000 הרץ.

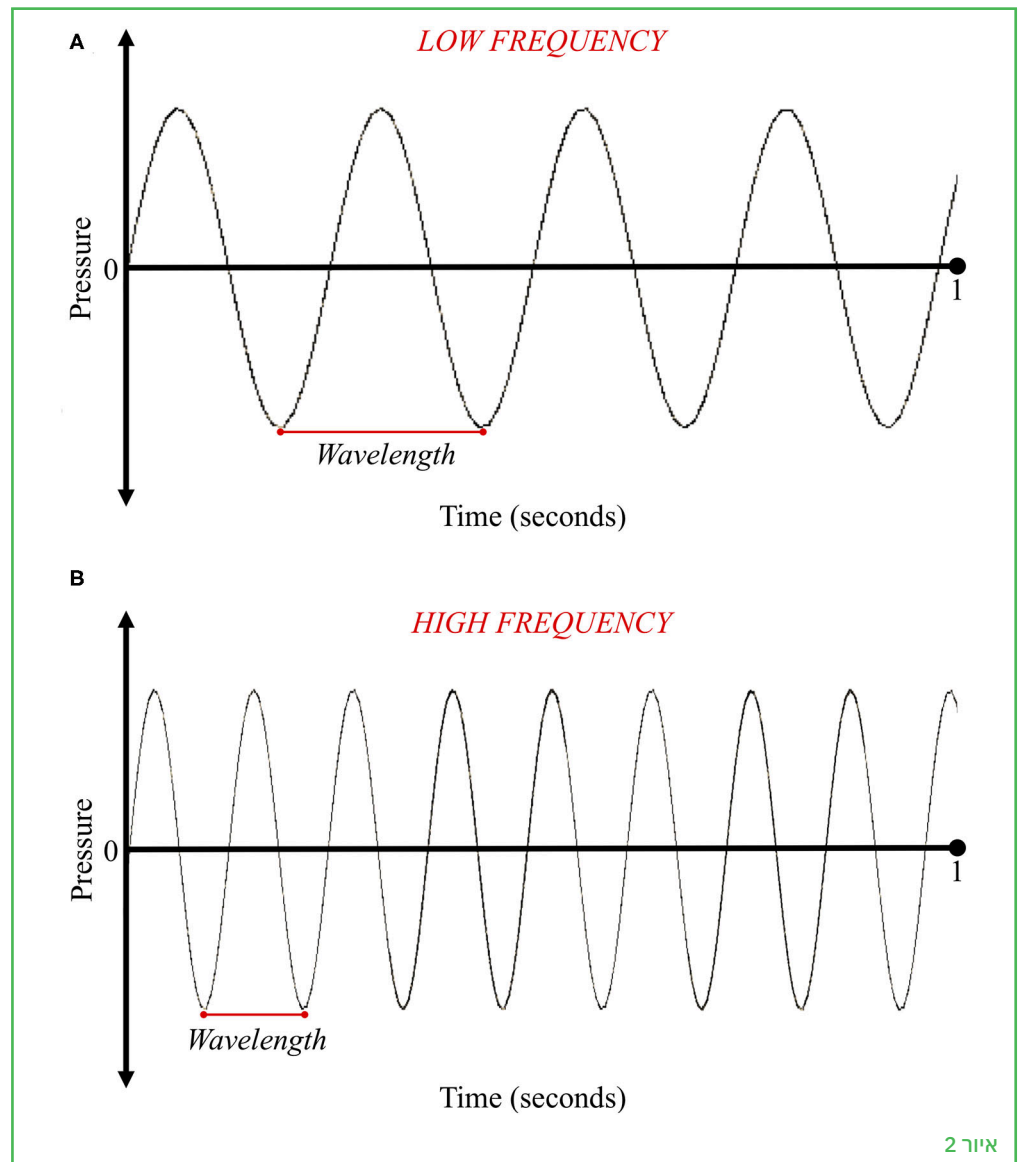
תדר של פחות מ-20 הרץ נקראים אינֶפְרָסֶאונְד (תת-קולי), בעוד שצלילים בעלי תדר גבוה מ-20,000 הרץ נקראים אולטרסאונד (על-שִׁמְע). אולטרסאונד הוא סוג של צליל המשמש כדי לראות את תוך הגוף. במטרה ליצור תמונות של כלי דם, אולטרסאונד דורש גלים בעלי תדרים של 2-20 מְגֶהֶרץ (MHz). מְגֶהֶרץ אחד מורכב מ-1,000,000 הרץ!

איור 2

אורך גל וגובה הצליל: (A)

לגל הקול הזה יש אורך גל ארוך. אורכי גל ארוכים מייצרים צליל בתדר נמוך, שאותו אנו שומעים בתור גובה צליל נמוך, כמו של רעמים בסופת רעמים. (B) לגל הקול הזה יש אורך גל קצר יותר ותדירות גבוהה יותר, שמובילה לגובה צליל גבוה יותר, כמו של משרוקית בשיעור ספורט. מקרא:

frequency Low = תדר נמוך
High frequency = תדר גבוה
Pressure = לחץ
Wavelength = אורך הגל
Time (seconds) = זמן (בשניות).



כיצד ביכולתנו להשתמש באולטרסאונד במטרה לבדוק כלי דם?

כאשר רופאים או מדענים מעוניינים לצפות בכלי הדם, הם משתמשים בסונר אולטרסאונד. סונר זה נראה כמו מחשב, בעל מסך תצוגה ומכשיר קטן שמחזיקים ביד, המכונה **מִתְמָר**. המתמר שולח החוצה גלי קול ומחכה לחזרתם (איור 3). מידע מהגלים שחוזרים משמש ליצירת התמונה – כיצד?

תמונת אולטרסאונד מורכבת ממגוון **פִּיקְסֵלִים**, בדומה לאלה המרכיבים תמונה ממשחק הווידאו האהוב עליכם. המיקום של כל פיקסל על המסך מבוסס על הזמן שבו לוקח לגל הקול לחזור למתמר. ככל שגל הקול מתקדם עמוק יותר לתוך הגוף, כך נדרש זמן רב יותר לחזרתו, מה שגורם לפיקסל להיות ממוקם קרוב לתחתית המסך. בהשוואה לכך, גל קול שלא צריך להתקדם רחוק כל כך יחזור למתמר מהר יותר, וימוקם בקרבת החלק העליון של התמונה.

מִתְמָר

(Transducer)

מכשיר קטן שמחזיקים ביד, אשר שולח החוצה גלי קול ומחכה לחזרתם.

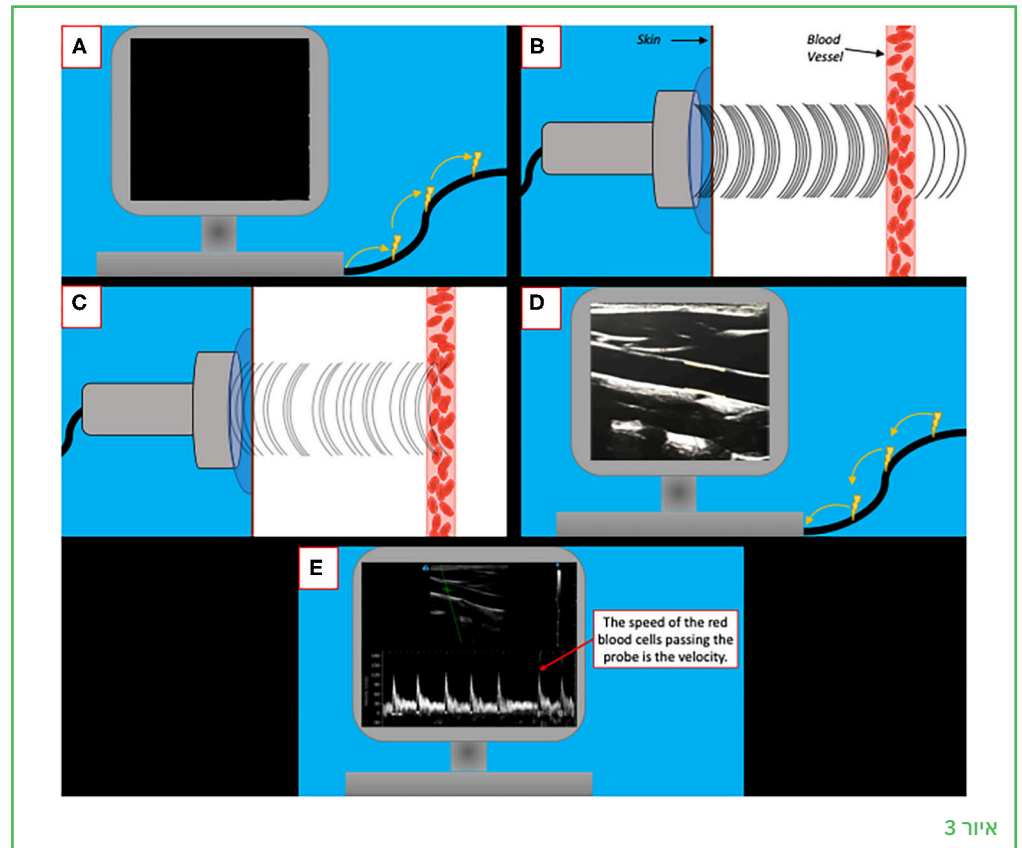
פיקסל

(Pixel)

פיסות קטנות של תמונת אולטרסאונד המוצגת על מסך. מיקום כל פיקסל על המסך מתבסס על הזמן שאורך גל הקול לחזור למתמר.

איור 3

אופן פעולתו של סורק אולטרסאונד. (A) סורק אולטרסאונד שולח אותות חשמליים (פולסים) למתמר. (B) אותות אלה מעוררים גביש המצוי בתוך המתמר, אשר ממיר אנרגיה חשמלית לגלי קול שיכולים להתקדם דרך העור. (C) כאשר גלי הקול פוגשים רקמה, כמו כלי דם, הם מוחזרים חזרה למתמר. (D) הגביש במתמר ממיר גלי קול חזרה לאותות חשמליים, אשר מוצגים על המסך במטרה ליצור תמונה. (E) גודל כלי הדם ומהירות זרימת הדם יכולים להיקבע מהתמונה. מקרא לכיתוב ב-(E): הקצב שבו כלי הדם האדומים חוצים את מכשיר הבדיקה הוא המהירות.



איור 3

כאשר גל הקול מתקדם דרך הגוף, עוצמת הגל פוחתת עם המרחק שהוא עובר, בתהליך המכונה **ניחות**. חשבו על שחייה, ריצה, או הליכה. ככל שמתקדמים יותר, כך נעשים עייפים יותר. באופן דומה, גל קול מאבד עוצמה ככל שהוא מתקדם רחוק יותר מהמתמר. גלי קול שמתקדמים למרחק קצר בלבד וחווים ניחות מינימלי יופיעו כפיקסלים לבנים יותר ובהירים יותר בתמונה. לעומתם גלי קול המתקדמים רחוק יותר, וחווים כמויות גדולות יותר של ניחות, יראו בתור פיקסלים כהים ועמומים יותר על המסך.

בחינת כלי דם באמצעות אולטרסאונד יכולה לסייע לרופאים לאבחן בעיות מסוימות. לדוגמה, זרימת דם מוגברת עלולה להעיד על הימצאות זיהום. כאשר זרימת הדם איטית מהרגיל, הדבר עשוי להעיד על כך שכלי דם נעשים צרים יותר או אפילו נחסמים. תמונות אלה של כלי דם וקצב זרימת הדם שאולטרסאונד מודד, יכולות ללמד את הרופאים והמדענים על בריאות דופן כלי הדם, ואם ישנן בעיות בריאותיות כלשהן. כשאנו צעירים, לעיתים נדירות רופאים יבקשו להשתמש באולטרסאונד כדי לִדְמוֹת את כלי הדם שלנו. לרוב מדענים משתמשים באולטרסאונד במטרה לחקור כיצד כלי הדם מתפקדים. מחקרים אלה מספקים למדענים הזדמנות להשוות בין כלי דם של ילדים לכלי דם של מבוגרים. שכיח יותר שרופאים ירצו למדוד את כלי הדם שלנו כשאנו מבוגרים יותר. כאשר אנו מתבגרים, דפנות כלי הדם עלולות להיחלש, והסיכון להיווצרות חסימות בתוך כלי הדם עלול להתגבר. מזון בריא עשוי לסייע להגן עלינו כנגד חסימות כאלה, והקפדה על פעילות גופנית עשויה לסייע לשמור על חוזק דפנות כלי הדם.

ניחות (Attenuation)

ההפחתה בחוזק גל הקול בהתבסס על המרחק שהוא מתקדם.

כיצד באפשרותנו למדוד את מהירות הדם?

מהירות (Velocity)

הקצב שבו הדם נע.

לעיתים רופאים צריכים לדעת את מהירות הדם שנע דרך כלי הדם של מטופליהם. מידע על מהירות הדם מאפשר לרופאים ולמדענים לחשב את כמות הדם הזורם דרך כלי דם על פני יחידת זמן. זה חשוב מאחר שכמות הדם הזורם יכולה להצביע על כך שהלב מזרים את הדם בצורה תקינה, ושאינן חסימות במערכת. סוג מיוחד של אולטרסאונד, שנקרא אולטרסאונד דופלר, יכול לשמש למדידה זו, והוא מבוסס על עקרונות אפקט דופלר [4, 5]. כדי להבין את אפקט דופלר, חשבו על אמבולנס שמתקדם לקראתכם עם סירנה פעילה. צליל הסירנה נעשה רועש יותר ובעל גובה צליל גבוה יותר (תדר גבוה יותר) כשהוא מתקרב אליכם. כשהאמבולנס עובר אתכם ומתרחק, הסירנה נעשית שקטה יותר ובעלת גובה צליל נמוך יותר (תדר נמוך יותר). התופעה נובעת מאפקט דופלר: עלייה או ירידה בתדר של צליל כאשר המקור נע לקראת הצופה או הרחק ממנו. באולטרסאונד דופלר, המהירות של תאי דם אדומים שזורמים מעבר לגלי הקול משנה את התדר של גלי הקול המוחזרים ומתקבלים על ידי המתמר. שינוי זה בתדר יכול לשמש כדי לחשב את מהירות זרימת הדם.

אולטרסאונד של כלי דם מסייע לשמור על אנשים בריאים!

הלב וכלי הדם תומכים בתפקודים של הגוף כולו. כשאנו גדלים ומזדקנים, גם כלי הדם גדלים ומזדקנים. חשוב לשמור על בריאותם של הלב וכלי הדם בתהליך ההזדקנות. אם לא נשמור עליהם, דפנות כלי דם עלולות להפוך קשיחות, מה שמקשה על הדם לנוע ברחבי הגוף. אולטרסאונד הוא אחת השיטות שרופאים ומדענים יכולים להשתמש בה במטרה לבחון אם כלי הדם בריאים. אולטרסאונד יכול לענות על שאלות רבות, כמו למשל: "האם דפנות כלי הדם חזקות ובריאות?" ; "כמה דם מוזרם על ידי הלב דרך כלי הדם?" ; ו"האם כלי הדם חסומים?".

מדענים יכולים להשתמש באולטרסאונד של כלי דם במטרה להבין טוב יותר אם הפעילויות היומיומיות שלנו, כמו למשל אימון גופני או מנוחה, משנות את כלי הדם או את מהירות זרימת הדם. לדוגמה, נמצא כי כמות הדם שזורם למוח יורדת כאשר מבוגרים אינם עושים הפסקות קבועות משיבה (מצאו מידע נוסף על כך ב"עשיית הפסקות קבועות משיבה מונעת הפחתה בזרימת הדם במוח" [6]). כולנו יכולים לבצע פעולות לשמירה על תפקוד תקין של כלי הדם שלנו! פעילות גופנית קבועה מסייעת לכלי הדם להישאר בריאים, על ידי כך שהיא מגדילה את כמות הדם הזורם דרכם. זה מסייע לחזק את דפנות כלי הדם. הרגלי אכילה גרועים, כמו למשל תזונה המכילה עודף שומנים רוויים ורמות גבוהות של סוכר מעובד, עלולה להוביל לדפנות כלי דם קשיחות יותר, מה שמקשה על הלב להזרים דם, ועלול לגרום למחלות כלי דם [7]. שומנים רוויים מצויים בעיקר בבשר שומני, בחמאה, בגבינה, וגם בחלק משמנים על בסיס צמחים, כמו שמן קוקוס. נסו לאכול גבינה מופחתת שומן ולבשל עם שמנים צמחיים כמו שמן זית, ולא עם חמאה. סוכר מעובד הוא הסוכר הלבן שבו אנו משתמשים לעיתים קרובות באפייה, אולם הוא נמצא גם במגוון מוצרים אחרים שאנו צורכים כמו משקאות קלים, יוגורט פירות, גלידה, ממתקים, עוגיות, ואפילו צ'יפס. איננו צריכים להוציא כליל את המאכלים והמשקאות האלה מהתזונה שלנו, אלא להקפיד לשמור אותם לאירועים מיוחדים ולאכול מהם מדי פעם. במקומם נוכל לבחור בתחליפים כמו דגני בוקר מלאים עם מעט סוכר, או יוגורט לבן שנוסיף לו פירות.

שילוב של פעילות גופנית קבועה, דיאטה בריאה וטכנולוגיית אולטרסאונד יכולים לסייע לנו לשמר את בריאות כלי הדם שלנו לאורך כל חיינו.

מקורות

1. Machado, M., Mitchell, C., Franklin, J., Thorpe, A., and Rutland, C. 2020. Blood vessels under the microscope. *Front. Young Minds*. 8:151. doi: 10.3389/frym.2019.00151
2. El-Baba, M., Jamnik, J., Heslop, C. 2020. Hocus POCUS-using the magic of ultrasound to look inside the body. *Front. Young Minds*. 8:66. doi: 10.3389/frym.2020.00066
3. Henning, D., Sabcic, E., Hout, M. 2018. Hear and there: sounds from everywhere! *Front. Young Minds*. 6:63. doi: 10.3389/frym.2018.00063
4. Williams, D. 2012. The physics of ultrasound. *Anaesth Intensive Care Med*. 13:264–8. doi: 10.1016/j.mpaic.2012.03.010
5. Martin, D. J., Wells, I. T. P., and Goodwin, C. R. 2015. Physics of ultrasound. *Anaesth Intensive Care Med*. 16:132–5. doi: 10.1016/j.mpaic.2015.01.003
6. Carter, S., Holder, S., Thijssen, D., Hopkins, N. 2019. Taking regular breaks from sitting prevents reductions in brain blood flow. *Front. Young Minds*. 7:77. doi: 10.3389/frym.2019.00077
7. Kohn, J. C., Lampi, M. C., and Reinhart-King, C. A. 2015. Age-related vascular stiffening: causes and consequences. *Front Genet*. 6:112. doi: 10.3389/fgene.2015.00112

פורסם אונליין: 05 בנובמבר 2024

נערך על ידי: Viduranga Y. Waisundara

מנחים מדעיים: Monica Gestal | Krishali Hoffman

ציטוט: Tallon CM, Smith KJ, Lewis N | McManus AM (2024) בדיקת כלי דם באמצעות גלי קול. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.618465-he

Tallon CM, Smith KJ, Lewis N and McManus AM (2021) Examining Blood Vessels Using Sound Waves. *Front. Young Minds* 9:618465. doi: 10.3389/frym.2021.618465

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

זכויות יוצרים © Tallon, Smith, Lewis | McManus 2024. 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

ALEXIA, גיל: 11

אני אוהבת לקרוא מדע בדיוני ולדבר עם חבריי בכל זמן שאני יכולה. כמו כן אני אוהבת ליצור סרטוני יוטיוב ולצפות באנימה. כשאהיה גדולה יותר, ארצה להיות מהנדסת או ממציאה.



VICTOR, גיל: 8

Victor הוא ילד מוכשר במיוחד, בעל מוטיבציה רבה. תמיד היה חלק מתוכנית מחוננים, ואהבתו למדע החלה בגיל צעיר מאוד. Victor מוכשר מאוד במתמטיקה, ופיתח עניין רב במיקרואורגניזמים. לדבריו, הוא רוצה לפתח חיסון נגד מחלת נגיף הקורונה (קוביד 19) אשר יכיל תאי דם לבנים וחומרי מזון, במטרה להציל את העולם ממגפה זו.



הכותבים

CHRISTINE M. TALLON

Christine Tallon היא מועמדת לדוקטורט באוניברסיטת קולומביה הבריטית בקלונה, קנדה. היא בוגרת מעבדת המחקר לאימון בתחום רפואת ילדים, שם מחקרה התמקד בזרימת דם במוח בקרב ילדים, ובתפקוד כלי דם אצלם. כשאינה עוסקת במחקר, Christine אוהבת לבלות את זמנה בקמפינג, בעשיית ספורט, ובהרפתקאות עם הכלב שלה. *christinemtallon@gmail.com



KURT J. SMITH

Kurt הוא עוזר פרופסור באוניברסיטת אילינוי בשיקגו, ארה"ב. מחקרו מתבצע במעבדה לפיזיולוגיה אינטגרטיבית כחלק מהמחלקה לקינזיולוגיה (תורת התנועה) ותזונה. במסגרת המחקר הוא מתמקד במדידת זרימה של כלי דם במוח ובתפקוד כלי דם במנוחה ובמהלך אימון, באוכלוסיות בריאות וחולות. כאשר Kurt ואישתו אינם מביאים את שלוש הבנות האנגריות שלהם למעבדה, ואינם נמצאים במסעות מחקר בגבהים גבוהים, הם אוהבים לגלוש בים, לעשות סקי, או לטפס על סלעים.



NIA LEWIS

Nia Lewis היא מדענית כלי דם קלינית בשירותי כלי דם עצמאיים בע"מ, בבריטניה. היא משתמשת באולטרסאונד במטרה לבחון בריאות של כלי דם ולאבחן מחלות. בזמנה הפנוי, Nia אוהבת לטייל בהרים בוויילס, ולבלות עם משפחתה.



ALI M. MCMANUS

Ali היא פרופסורית לפיזיולוגיית אימון בתחום רפואת ילדים באוניברסיטת קולומביה הבריטית בקלונה, קנדה. היא מנהלת את מעבדת המחקר לאימון בתחום רפואת ילדים. הפעילות במעבדה מתמקדת בהבנת



האופן שבו אתגרים סביבתיים שונים כמו אימונים, ישיבה, או טיולים לגבהים גבוהים משפיעים על האופן שבו גופם של ילדים מקבל חמצן מהאוויר עבור המוח ושרירי השלד. כשאינה עובדת, Ali אוהבת לרכוב על הסוס שלה במרחבי פנים הארץ עם כלבתה Milly, ולצאת להרפתקאות בטבע עם משפחתה.

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