

ביורפואה חישובית נשימה ופעילות גופנית | מדריך למורה

ניצד משפיעה פעילות גופנית על הנשימה?

מבנה היחידה:

חלק א: משחקי נשימה התאמת הנשימה לצרכים משתנים

חלק ב: שליטה בנשימה רכיבים נשלטים ובלתי נשלטים בתהליך הנשימה

חלק ג: מה ידוע לכם על הריאות? הצפת ידע קודם

חלק ד: נשימה במנוחה ובפעילות גופנית כיצד משתנה דגם הנשימה שלנו בעת פעילות גופנית?

חלק ה: משחקים מתמטיים בצורות הנדסיות היכרות עם פרקטלים ותכונותיהם

חלק ו: בחזרה לריאות הקשר בין מבנה פרקטלי לבין תפקוד הריאות

חלק ז: מדדי נשימה ערכים הניתנים למדידה בתהליך השאיפה ונשיפה

חלק ח: כיצד פעילות גופנית קבועה משפיעה על הנשימה? ביטוי מדיד של השיפור בנשימה כתוצאה מעלייה בכושר גופני

למורה: כושר גופני מתבטא בהיבטים גופניים המוכרים היטב לתלמידים: כוח רב יותר בביצוע פעולות פיזיות, עלייה בנפח השרירים, ירידה בדופק הלב במנוחה ובמאמץ. את הקשר בין פעילות גופנית לבין נשימה אנחנו חווים יום-יום, אבל המחשבה שפעילות גופנית קבועה מגדילה את נפח הריאות אינה נכונה. למעשה, לגודל הריאות נמצא קשר לגובה, למין (זכר או נקבה) ולגיל (גדילה מילדות לבגרות), אך אין עדויות שכושר גופני טוב יותר מגדיל את נפח הריאות.

הקשר בין פעילות גופנית לבין פעולת הריאות מעט יותר מורכב מאשר גדילה, ומבוסס על הדינמיקה של חילופי האוויר בריאות. קצב חילוף האוויר בריאות מכונה אוורור הריאות, והוא מושפע משני גורמים: מספר הנשימות בדקה ועומק הנשימות. אימונים קבועים גורמים לכך, שבמהלך פעילות גופנית, המתאמנים יוכלו בתחילה להגדיל את מספר הנשימות בדקה ובהמשך עליית המאמץ גם את עומקן בצורה המותאמת לצרכי האנרגיה של הגוף. לעומתם, אלה שאינם מתאמנים באופן קבוע ינסו להעלות את קצב הנשימות לאורך רוב הזמן והן יישארו שטוחות, כך שההתאמה בינן לבין צרכי האנרגיה של הגוף נפגעת.

מטרות היחידה

1. לאפשר לתלמידים להסביר מהי משמעות המונח כושר גופני מבחינת השינוי בנשימות, תוך קישור לגרפים המשמשים לבדיקת תפקודי ריאה. בגרפים אלה מתוארת פעולת הריאות (שאיפה ונשיפה) במונחים של אוורור הריאות: תדירות הנשימות ועומקן.
2. התלמידים יוכלו להתאים בין מצבים יומיומיים שבהם משתנה דגם הנשימה (כמו ניפוח בלון, הליכה וריצה) לבין הייצוגים הגרפיים המתאימים להם.
3. התלמידים יוכלו להסביר כיצד מבנה הריאות יוצר שטח פנים גדול מאוד בנפח מוגדר, כך שבפועל קיים ניצול חלקי של הריאות לחילופי הגזים עם הדם, וקיימת גמישות רבה המאפשרת התאמה של הנשימה ממנוחה לפעילות מאומצת.

חלק א: משחקי נשימה

1. נסו לבחון את עצמכם במשחקים הבאים, ואולי אפילו לנצח! בכל משחק, שימו לב: מה אתם משתדלים לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

למורה: אפשר לשחק את המשחקים בדרכים שונות:

א. להזמין בכל פעם זוג תלמידים לשחק לפני הכיתה

ב. לחלק את הכיתה לארבע קבוצות שכל אחת מהן משחקת משחק אחר ומציגה את התוצאות אחר כך לכיתה כולה.

ג. לחלק את הכיתה לארבע קבוצות העוברות בין ארבע תחנות, כאשר בכל תחנה משחק אחר.

א. כמה זמן אתם יכולים להחזיק ללא נשימה?

מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

הכנסה של כמה שיותר אוויר לריאות



ב. מי הראשון שמצליח לפוצץ בלון על ידי נשיפה?

מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

שאיפה של כמה שיותר אוויר והוצאה של כמה שיותר אוויר פעמים רבות



ג. מי מצמיד דף נייר לקיר יותר זמן רק בנשיפה?

מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

להכניס כמה שיותר אוויר לראות ולהוציא באיטיות



ד. מי מעיף בנשיפה כדור פינג פונג/צמר גפן למרחק רב יותר?

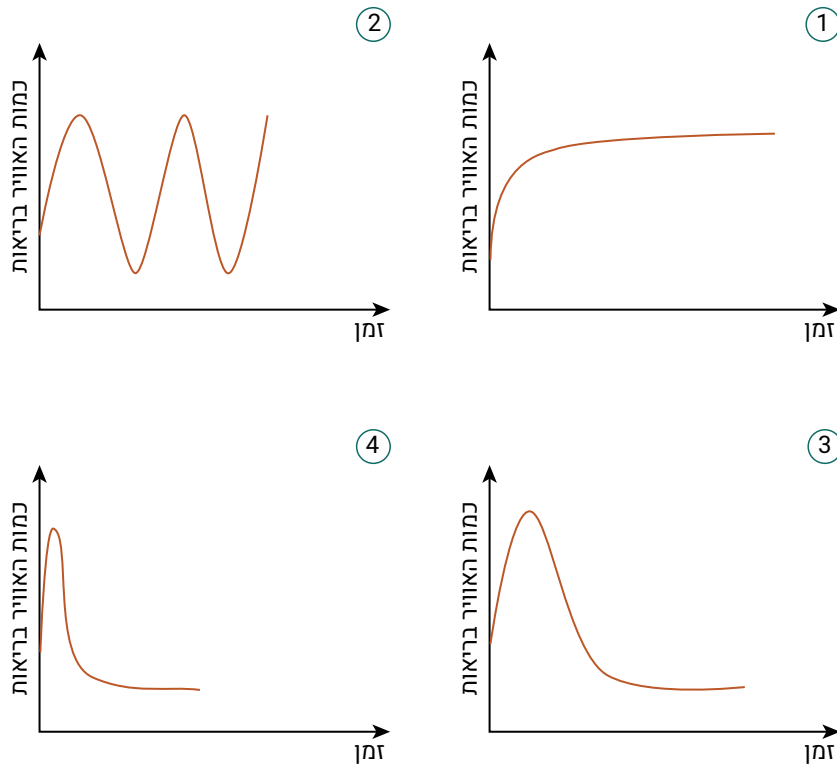
מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

להכניס כמה שיותר אוויר ולהוציא כמה שיותר אוויר במהירות



2. איזה משחק (א-ד) מתואר בכל אחד מהגרפים הבאים? על פי מה החלטתם? **א-1 ב-2 ג-3 ד-4**

התלמידים צריכים להתייחס לקשר בין שאיפות ונשיפות החוזרות על עצמן לגלים בגרף, למהירות הנשיפה והתרוקנות הריאות לבין הירידה לאחר השיא של העקום, או להיעדר ירידה של העקום כאשר עוצרים את האוויר בראות.



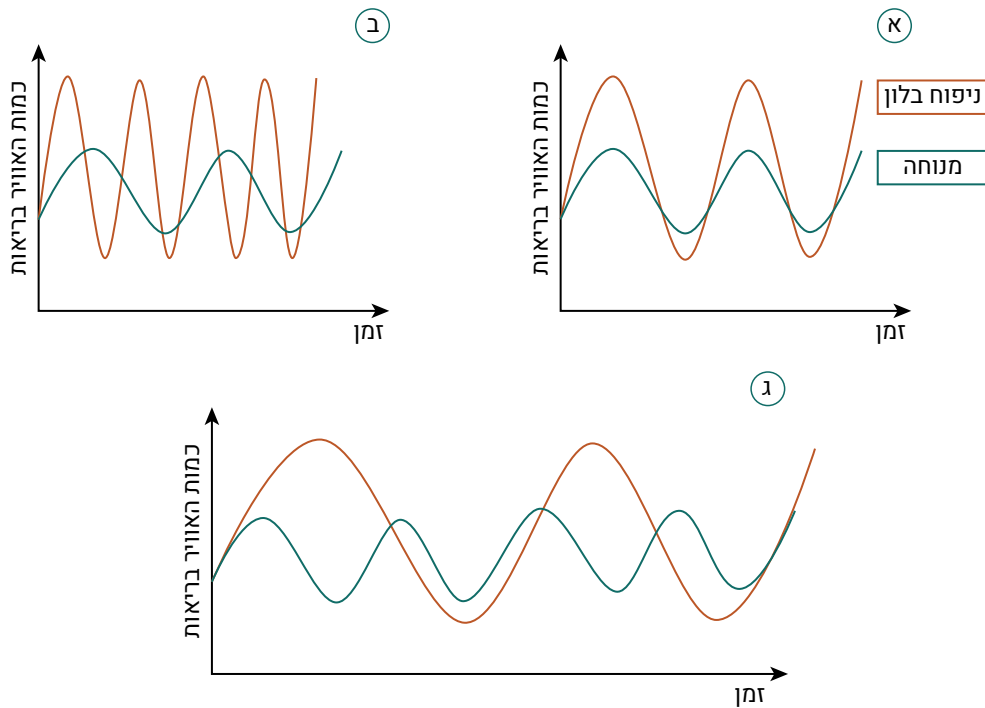
3. רשמו במילים שלכם: מהו כושר גופני?

למורה: בשלב זה רצוי לפתוח דיון עם התלמידים באמצעות השאלות הבאות:

- אילו תכונות יכולות לעזור לכם לנצח במשחקי הנשימות ששיחקתם?
- מתי הרגשתם שאין לכם אוויר? נסו לשער: מדוע הרגשתם כך?
- בקשו מהתלמידים לרשום במילים שלהם: מהו כושר גופני? ואחר כך לשתף את הכיתה. בסוף היחידה יתבקשו לחזור לתשובתם, זו, ועל כן עליהם לשמור אותה.
- מה יכול להיות לדעתכם הקשר בין כושר גופני לבין היכולת שלכם לנצח במשחקים ששיחקתם? כדאי להבהיר לתלמידים שהיחידה תעסוק בקשר בין כושר גופני לנשימות.

למורה: מטרת השאלות הבאות היא שהתלמידים יתארו במילים שלהם את משמעות נקודות המקסימום (כמות האוויר המרבית בריאות); את נקודות המינימום (כמות האוויר הקטנה ביותר בריאות) של העקומים בגרפים; וכן את רוחב הגל (תדירות הנשימות).

4. בגרפים שלפניכם מתואר השינוי לאורך זמן בנפח האוויר בריאות במצב מנוחה (עקום ירוק), ובמצב של ניפוח בלון (עקום כתום).



א. איזה גרף (א', ב', או ג') מתאר לדעתכם את ההבדלים בכמות האוויר בריאות בין מצב מנוחה (ירוק) לבין ניפוח בלון (כתום). על פי מה קבעתם?

כשמנפחים בלון כמות האוויר בשאיפה גדולה יותר, אבל קצב השאיפה והנשיפה (הנשימה) נמוך יותר ממנוחה. לכן, גרף ב אינו מתאים, מפני שמתרחשות בו שתי נשימות לפחות על כל נשימה המנוחה. בגרף א קצב הנשימות דומה בשני המצבים, ולכן גם הוא אינו מתאים. לעומתם גרף ג מתאים לניפוח בלון לעומת מנוחה, משום שקצב הנשימות של ניפוח הבלון איטי יותר מקצב הנשימות במנוחה - על כל נשימה של ניפוח בלון מתקיימות בערך שתי נשימות במנוחה.

ב. תנו כותרת לגרף שבחרתם.

ג. תארו את ההבדלים בין העקום שמתאר מצב מנוחה (ירוק) לבין העקום המתאר ניפוח בלון (כתום) בגרף שבחרתם. **גובה הגלים בעקום הירוק נמוך יותר מגובהם בעקום הכתום ומצביעים על כניסת נפח אוויר קטנה יותר לריאות. תדירות הגלים בעקום הירוק גבוהה יותר, כך שעל כל שני גלים ירוקים יש גל אדום אחד בערך.**

ד. האם כשאנחנו מנפחים בלון אפשר להוציא אוויר עד שהריאות מתרוקנות לגמרי? כיצד מתבטאת תשובתכם בגרף? **אי אפשר. תמיד נשארת כמות אוויר מסוימת בריאות. הדבר מתבטא בכך שהעקומים בגרף לא מתחילים מ-0 ובהמשך גם לעולם לא מגיעים ל-0.**

חלק ב: שליטה בנשימה

5. קראו את [הכתבה על עצירת נשימה](#).

א. מהי הסיבה לכך שעצירת נשימה לאורך זמן יוצרת נזק משמעותי לגוף?
בניגוד לגלוקוז, שומן, ברזל, סידן - בנוף אין אגירה של חמצן.

ב. אנחנו יכולים לעצור את תנועת בית החזה ולסתום את מעבר האוויר דרך הפה והאף. אבל בשלב מסוים אנחנו נאלצים להמשיך לנשום. מה מחזיר את הנשימה שעצרנו באופן רצוני?
התכווצות הסרעפת היא תהליך בלתי רצוני שאין לנו שליטה עליו. גם אם עצרנו את הנשימה המוח מורה לסרעפת להתכווץ וכך האוויר שבריאות יוצא מחוץ לגוף באופן בלתי רצוני.



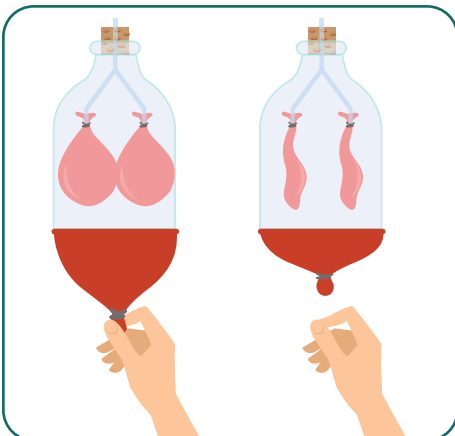
ג. אילו פעולות יומיומיות אנחנו מבצעים בעזרת שליטה על הנשימה (עצירה של הנשימה לחלק מהזמן או הגברת קצב הנשימה)?
התלמידים יכולים להעלות דוגמאות רבות. לדוגמה: בליעת מזון, דיבור (ושירה), צלילה, ריצה, נשיאת משאות כבדים, שחיה.

חלק ג: מה ידוע לכם על הריאות?

הריאות נמצאות בבית החזה, משני צידי הלב.

6. התבוננו [בסרטון](#): מה חידש לכם הסרטון על הריאות?

למורה: אפשר להתחיל את הפעילות בסיעור מוחין, שבו מתבקשים התלמידים להעלות כל דבר הידוע להם על הריאות, ולרשום את הדברים על הלוח. לאחר שיראו את הסרטון, הם יכולים להוסיף לכתוב על הלוח את מה שחידש להם הסרטון. רצוי לצלם לתלמידים את הלוח בסיום השיעור.

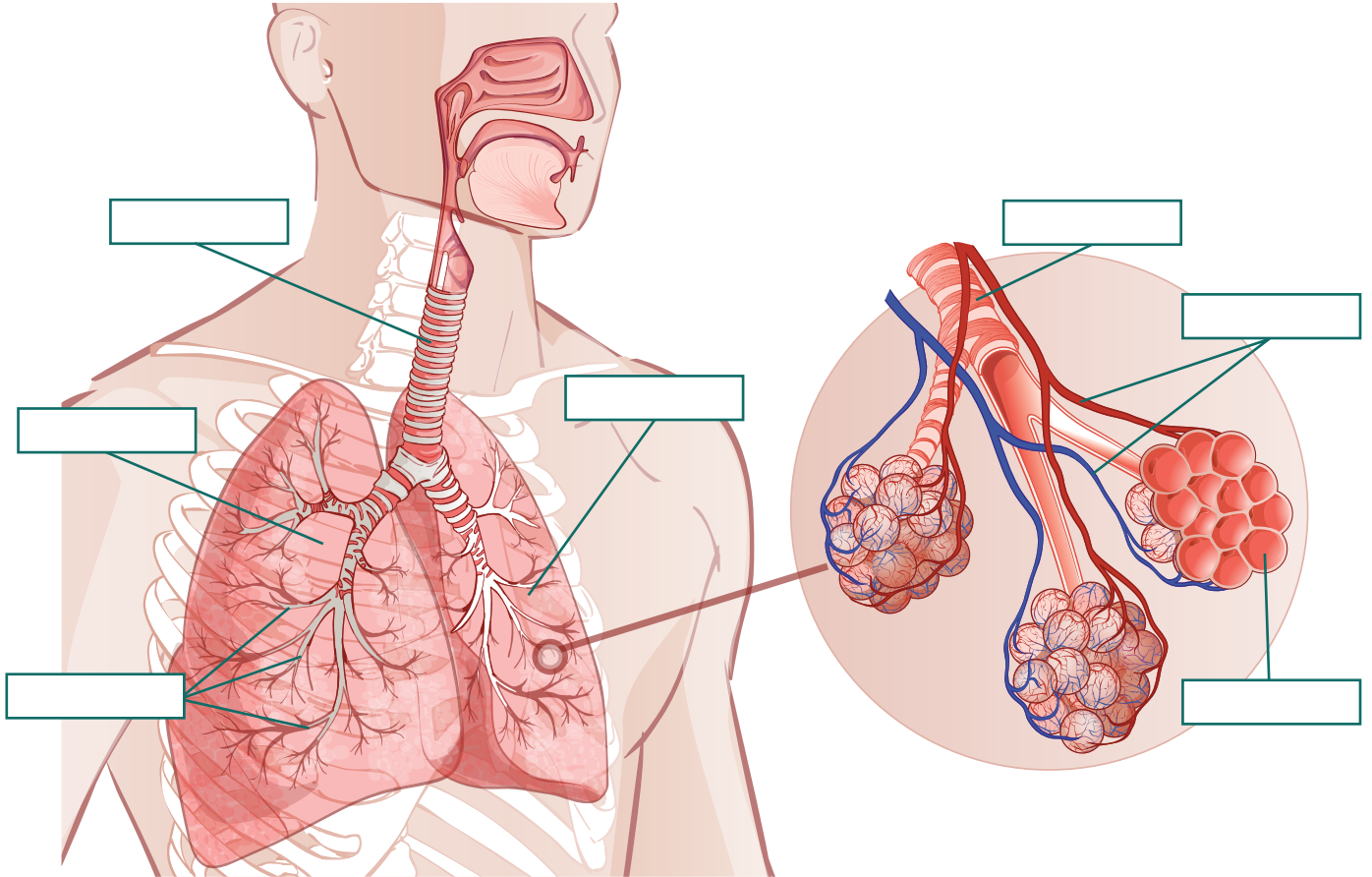


7. בסרטון משווים את הריאות לבלון. ייתכן שאף נתקלתם במודל לפעולת בית החזה במהלך שאיפה ונשיפה של אוויר לריאות, שבו הריאות מיוצגות כשני בלונים. האם הריאות דומות לדעתכם לבלון? מדוע?

למורה: הריאות אינן שריר, למרות שייטכן שחלק מהתלמידים חושבים כך. כניסת האוויר לתוך הריאות מתאפשרת על ידי שינוי לחצים בבית החזה באמצעות שריר הסרעפת ושרירי הצלעות, שבעזרתם מורחב בית החזה ונוצר תת לחץ הגורם לאוויר להיכנס לריאות.

9. רשמו את הרכיבים הבאים במקום המתאים באיור:

נימי דם, קנה הנשימה, נאדית ריאה, סימפונות הריאה, סימפונית הריאה, ריאה ימנית, ריאה שמאלית



חלק ד: נשימה במנוחה ובפעילות גופנית

10. על פי הידוע לכם, אילו שינויים יתרחשו בגופנו אם נבצע פעילות גופנית קבועה?
עליה בנפח השרירים, התעבות שריר הלב, שיפור באספקת הדם לשריר הלב עצמו

בניגוד לשריר הלב ולשרירי השלד, העוברים שינויים מבניים כתוצאה מפעילות גופנית ומשפרים את ביצועי הגוף במאמץ, אין עדויות מחקריות המראות שמבנה הריאות או נפחן משתנה כתוצאה מפעילות כזאת.

11. בזוגות:

למורה: פעילות זאת יכולה להתבצע כמטלה לביצוע בבית, שבה חוזרים התלמידים לכיתה עם הנתונים שאספו על עצמם בזוגות. לחליפין, אפשר לבצע את הפעילות בכיתה בזוגות, ולהקדיש לה זמן מוגדר (כ-15-20 דקות).

- כשאתם יושבים, רשמו כמה נשימות (נשימה אחת היא שאיפה ונשיפה) אתם עושים בדקה.
- נסו למדוד כמה זמן אורכת כל שאיפה שלכם. התוצאה שקיבלתם היא בערך משך הזמן של חילוף הגזים חמצן ופחמן דו חמצני בין הריאות שלכם לדם המוזרם אליהן מהלב.
- קעת בצעו פעילות כלשהי למשך כדקה: קפיצות בדילגית, ריצה במקום, עליה וירידה במדרגות, או ריצה לאורך מגרש הכדורסל בבית הספר ובחזרה. מדדו שוב את מספר הנשימות שאתם מבצעים בדקה וכמה זמן אורכת כל שאיפה.
- מדדו את הזמן הדרוש לכם כדי להגיע שוב לקצב הנשימות שהיה לכם במנוחה.

ה. פי כמה השתנה מספר הנשימות שלכם ממנוחה (סעיף א) לפעילות גופנית (סעיף ג)?

ו. איזה תהליך מתרחש בריאות בזמן שמדדתם לשאיפת האוויר לריאות?

חילוף גזים: החמצן באוויר שנשאף עובר דרך הנאדיות לדם, ופחמן דו חמצני מהדם עובר לריאות.

ז. האם חל שינוי משמעותי במשך זמן השאיפה במעבר ממנוחה לפעילות הגופנית?

ח. הוסיפו את הנתונים שאספתם לטבלה הכיתתית הבאה:

| שם | מספר נשימות בדקה במנוחה | משך השאיפה במנוחה | מספר נשימות בדקה לאחר פעילות גופנית | משך השאיפה לאחר פעילות גופנית | זמן מסיום פעילות גופנית ועד להתאוששות (חזרה למדדים של מנוחה) |
|----|-------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| | | | | | |
| | | | | | |

- ט. האם יש הבדלים ביניכם? מי נושם הכי פחות נשימות בדקה במנוחה? לאחר פעילות גופנית?
- י. האם פחות נשימות בדקה במנוחה ואחרי פעילות גופנית מעידות על כושר גופני טוב יותר? מדוע?
- יא. מי התאושש מהר יותר? מה יכולה להיות הסיבה לכך?

למורה: ככל שהכושר הגופני משתפר חלה ירידה בכמות הנשימות לדקה בפעילות גופנית במאמץ קל או מתון, והנשימות במהלכה עמוקות יותר. כמו כן, תהליך ההתאוששות מפעילות גופנית מאומצת שבו חוזרים למדדים המאפיינים מנוחה מתרחש מהר יותר אצל אנשים המבצעים פעילות גופנית קבועה. בהמשך היחידה התלמידים ילמדו על כך, ולכן רצוי מאוד לחזור לתשובתם לשאלה זאת בסיום היחידה ולהוסיף לה את מה שלמדו. כדי לעשות זאת אפשר לרכז את תשובות התלמידים ונימוקיהם על הלוח, לצלם אותו ולחזור אליו בסיום היחידה.

חלק ה: משחקים מתמטיים בצורות הנדסיות

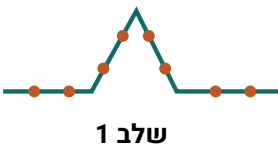
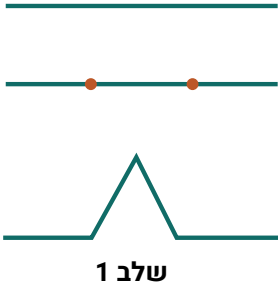
חילוף הגזים בריאות הוא תהליך יעיל מאוד. בשניות מועטות מתחלפות מולקולות הפחמן הדו-חמצני בדם שהוזרם מהלב לריאות במולקולות החמצן מהאוויר שנשאף לריאות. כדי להבין כיצד מבנה הריאות מותאם לחילוף גזים יעיל, נכיר את התכונות של עקומה מתמטית מוכרת המכונה עקומת קוך.

את הפעילות הבאה בצעו בזוגות.

לפניכם קו באורך יחידה.

נחלק את הקו לשלושה חלקים שווים.

במקום החלק האמצעי ניצור משולש שווה צלעות ונמחק את בסיסו. הצורה החדשה שקיבלנו מורכבת מ-4 קטעים שווים באורכם.



בשלב הבא, נבצע פעולות זהות לכל אחד מארבעת הקטעים של הצורה החדשה: נחלק כל קטע לשלושה חלקים שווים, ניצור משולש שווה צלעות בחלק האמצעי, ונמחק את בסיסו.

12. א. כמה קטעים יש לצורה החדשה שקיבלתם? **16 קטעים**

ב. אם נמשיך באותה דרך, כמה קטעים יהיו לצורה בשלב החמישי? **1024 קטעים**

ג. מה יהיה מספר הקטעים בשלב n ? **4^n**

ד. באיזה שלב יתקבלו 4096 קטעים? **בשלב 6**

ה. בהנחה שאורך הקו ההתחלתי הוא 1, מהו אורך הקו השבור כולו:

בשלב 1? **$4/3$**

בשלב 2? **$16/9$**

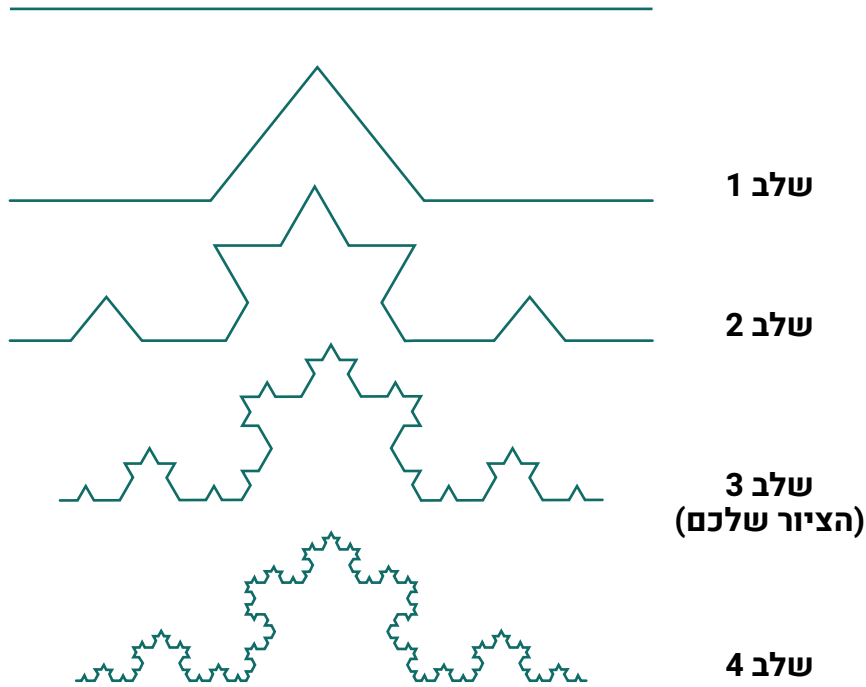
בשלב 3? **$64/27$**

בשלב 10?

בשלב n ? **$4^n/3^n$**

ו. שרטטו את הצורה שתקבל בשלב 3 כדי לאמת את חישוביכם.

לפניכם ארבעת השלבים הראשונים של הצורות שנוצרו באותה דרך:



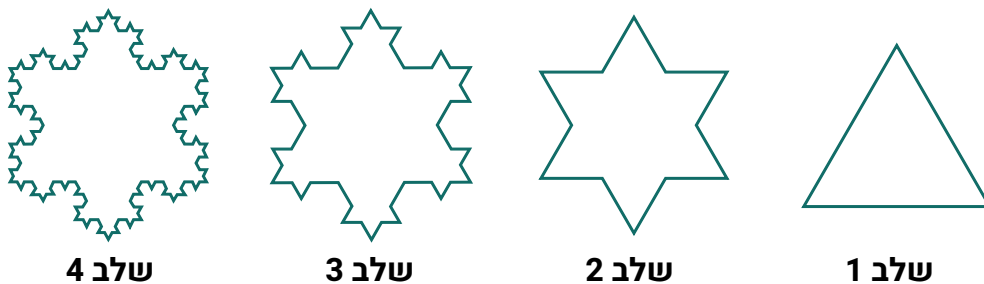
- א. סמנו באיור בכל שלב קטע שיש לו צורה דומה לאיור של שלב 1.
- ב. כמה צורות כמו שלב 1 יש באיור של שלב 2? 4 צורות; כמה כאלה יש באיור של שלב 4? **64 צורות**
- ג. כמה צורות כמו שלב 2 יש באיור של שלב 3? 4 צורות; כמה כאלה יש בשלב 4? **16 צורות**
- ד. כמה צורות כמו שלב 1 יש בשלב n? **4ⁿ**
- ה. רשמו את מסקנתכם על הקשר בין האיורים.

למורה: התלמידים יכולים להעלות מגוון של תשובות, חלקן נכונות וחלקן לא. רצוי לא לתקן טעויות בשביל התלמידים אלא שהם יעשו זאת בעצמם. לשם כך אפשר להעלות מגוון של תשובות על הלוח, ולבקש מהתלמידים לציין את ההבדלים ביניהן. לאחר מכן לבקש מהם לבחור בתשובות שהם מסכימים איתן יותר ולהסביר מדוע בחרו בהן.

לאחר שהתלמידים בחרו בתשובה שנראית להם המתאימה ביותר, כדאי להמשיג את המאפיין שהם ציינו:

דמיון עצמי: כל צורה מורכבת מצורות הדומות לצורה בשלב הקודם, בצורה מוקטנת אך במספר רב יותר.

את הצורות הבאות יצרו באותה דרך, אך תחילתן במשולש ולא בקו.



14. היעזרו בתשובותיכם לשאלה 12ה: בהנחה שאורך כל קטע שווה ל-1:

א. מהו מספר הקטעים שמהם מורכב שלב 1? $3 \times 4 = 12$

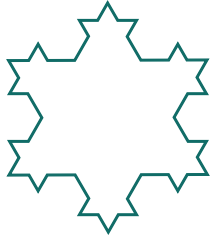
ב. מה אורכו של היקף הצורה בשלב 1? $3 \times 4 / 3 = 4$

ג. מהו מספר הקטעים שמהם מורכב שלב 2? $12 \times 4 = 48$

ד. מה אורכו של היקף הצורה בשלב 2? $12 \times 4 / 3 = 16$

ה. מהו מספר הקטעים שמהם מורכב שלב n? 3×4^n

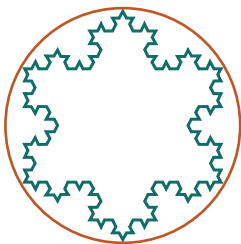
מה אורכו של היקף הצורה בשלב n? 4^n



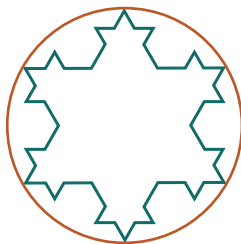
הצורה שהתקבלה בשלב 3 מזכירה מאוד צורה של פתית שלג, והיא אכן נקראת **פיתת השלג של קוק**, על שם המתמטיקאי שחקר אותה.

דיון מתמטי

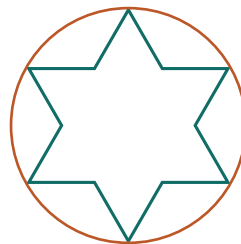
למורה: לאחר שהתלמידים הבינו את תכונות הפרקטל של קוק, וכדי לקשר את תכונותיו לריאות, נתחיל דיון עם התלמידים ובו נסמן עיגול זהה סביב כל שלב ביצירת פתית השלג:



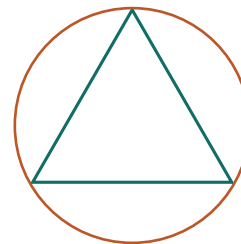
שלב 3



שלב 2



שלב 1



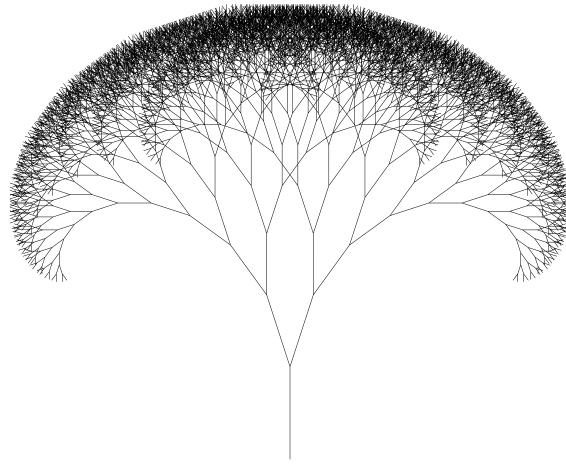
- הציגו לתלמידים את השאלה:
על פי תשובתכם לשאלה 14, מה יקרה לאורך ההיקף של הצורה ככל שנמשיך לחלק אותה על פי אותם כללים?
ככל שנחלק יותר כך האורך ילך ויגדל. לכאורה עד אינסוף.
- עתה הפנו את תשומת ליבם לשטח הצורה, התחום בעיגול זהה בכל השלבים: אפשר להבחין בכך שהצורה אינה גדלה בשטחה באופן משמעותי, ואינה עוברת את שטח העיגול.
בנקודה זאת של הדיון אפשר לנסח עם התלמידים מסקנה:

פיתת השלג של קוק הוא צורה סופית שההיקף שלה אינסופי.

אפשר להדגים את האינסופיות באמצעות **סרטון**.

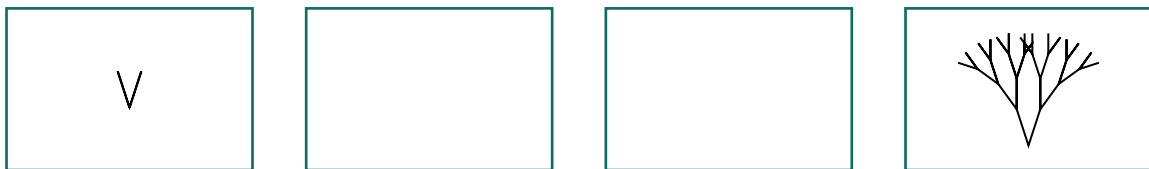
חשוב להדגיש לתלמידים שאינסוף הוא מושג מתמטי אך לא מציאותי. תוכלו להיעזר בדוגמה של חלוקת עוגה: אם נחלק עוגה בתחילה ל-2 חלקים, אחר כך לארבעה, לשמונה וכך שוב ושוב, יתקבלו בכל חיתוך הרבה חלקים קטנים, אבל בשלב מסוים החלקים יהיו כל כך קטנים שלא נוכל לחתוך אותם יותר. לעומת זאת, אם השלם שלנו הוא מספר, נוכל באופן מתמטי לחלק אותו עד אינסוף.

העץ שלפניכם נוצר מפיצולים חוזרים של כל ענף לשני ענפים.



השלימו את השלבים החסרים:

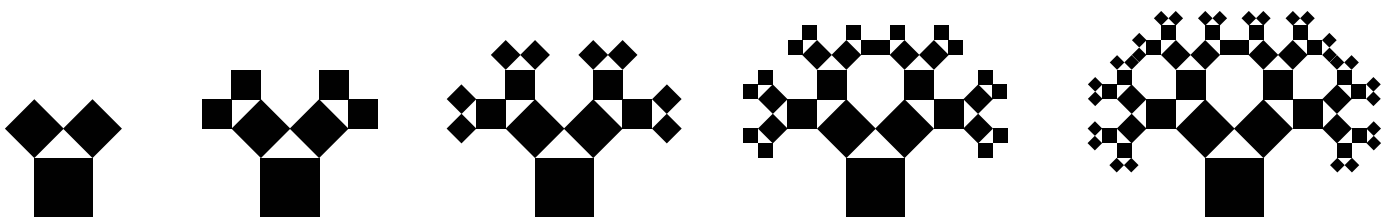
למורה: כפי שהתבקשו התלמידים בשאלות קודמות, גם בשאלה זאת אפשר לבצע עם תלמידים המעוניינים בכך את החישובים כמה ענפים יהיו בשלבים שונים, ומה יהיה אורכם של הענפים.



פתרון:



עצים מתפצלים יכולים להיות בנויים גם משטחים:



צורות עם המאפיינים שזיהיתם עד כה מכונות פרקטלים (שבר=fraction). אלה צורות מורכבות, המתארות תהליך אינסופי של פירוק הצורה לחלקים, כך שכל חלק הוא העתק מוקטן של הצורה השלמה, ויש לו דמיון עצמי אליה.

בדומה לפתיתי שלג, קיימות בטבע צורות, שלהן מאפיינים דומים לאלה שזיהיתם בצורות הגאומטריות.

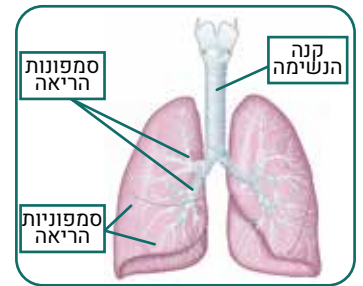
למורה: חשוב להדגיש לתלמידים שבטבע, בדרך כלל, מספר הצעדים שבו רואים את הדמיון הוא סופי. כמו כן, אין דמיון מושלם בין השלבים. לדוגמה, העץ משאלה 9 הוא עץ מתמטי, ואילו התפצלות הענפים של עצים בטבע היא לעיתים לשניים, לעיתים ליותר, לעיתים לסירוגין ולא מאותו מקום. לכן, בדרך כלל הכינוי "פרקטלי" לצורות בטבע מתייחס לכך שיש כמה שלבים שבהם רואים דמיון מסוים. רעיון זה מתקשר לרעיון שהוצג קודם, שאינסופיות היא תופעה מתמטית, ואינה תואמת את המציאות.

15. זהו אילו צורות הן בקירוב פרקטלים ואילו אינן פרקטלים. על פי מה החלטתם?



חלק ו: בחזרה לריאות

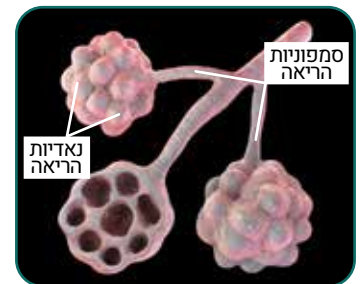
לפניכם ריכוז של עובדות על מבנה הריאות ותפקודן. היעזרו בעובדות אלה ובתשובותיכם על הפרקטלים כדי לענות על השאלות שאחריהן.



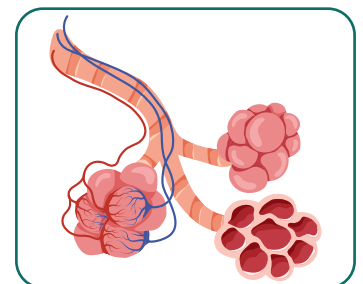
קנה הנשימה מתפצל בריאות לסימפונות וסימפוניות.



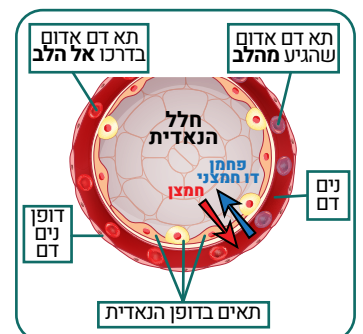
בדומה לקנה הנשימה ולסימפונות, גם כלי הדם המגיעים מהלב לריאה ומריאה אל הלב מתפצלים בתוך הריאות לעורקים ולורידיים הולכים וקטנים.



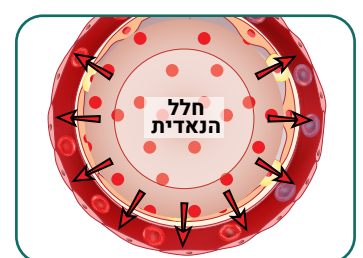
הסימפוניות מסתיימות באשכולות של נאדיות הריאה. כל נאדית היא שק דקיק של תאים המקיפים חלל. בריאות של אדם בוגר יש כ-300 מיליון נאדיות.



קצות כלי הדם של הריאה הם נימים עדינים העוטפים כל נאדית של הריאה.



דרך דפנות התאים הדקים המרכיבים את הנאדית מתקיים חילוף הגזים עם נימי הדם העוטפים אותה: חמצן עובר מנאדיות הריאות לנימי הדם, ופחמן דו-חמצני עובר מנימי הדם לנאדיות הריאה.



חילוף הגזים בנאדיות הריאה מתרחש בהיקף הנאדיות. בכל שאיפה ונשיפה של אוויר מולקולות החמצן שקרובות להיקף (אדום באיור) יעברו לנימי הדם, ואילו מולקולות חמצן שרחוקות יותר מההיקף (ורוד באיור) יינשפו החוצה.

16. אילו ריאות יעילות יותר לדעתכם בחילוף חמצן ופחמן דו-חמצני: ריאות שנפחן גדול יותר או ריאות ששטח פני הנאדיות שלהן גדול יותר?
מכיוון שחילוף הגזים בנאדיות מתבצע בעיקר בהיקף הנאדיות ולא בחלל הנאדיות, ריאות ששטח פני הנאדיות שלהן גדול יותר יהיו יעילות יותר בחילוף הגזים.

17. הסבירו במילים שלכם כיצד תורם מבנה הריאות ליעילות של תהליך הנשימה.
תשובה לדוגמה: הריאות בעלות מבנה דומה למבנה פרקטלי, כך ששטח הפנים של הנאדיות גדול מאוד בתוך נפח ריאות מוגדר. לכן, בשאיפה אחת של אוויר לריאות יתבצע חילוף גזים משמעותי ויעיל.

18. קיימת השערה, שכאשר אנו נושמים במנוחה, ואפילו כשאנחנו נושמים בפעילות גופנית, אין ניצול של כל היכולת לחילוף גזים בריאות. הסבירו באמצעות תכונות הפרקטלים על מה מתבססת השערה זאת.
ההשערה מתבססת על העובדה ששטח הפנים של הנאדיות גדול מאוד בנפח הנתון של הריאות, בדומה לפרקטלים. לכן, במנוחה, שימוש רק בחלק מיכולות הריאות יכול להתאים לצורכי האנרגיה של הגוף. תומכת בכך העובדה שבמנוחה הנשימות שלנו איטיות ולא בהכרח עמוקות.

למורה: בהקשר זה מעניין לספר לתלמידים שמחקרים שבדקו את כמות הנאדיות במהלך הילדות וההתבגרות מראים, שטיקור העלייה במספר הנאדיות מתרחש עד גיל שנתיים, ולאחר מכן אינו משתנה במיוחד. זאת למרות שגופנו גדל באופן משמעותי במהלך הילדות וההתבגרות. בהתאם לממצא זה, אם חל שיפור בתהליך חילוף הגזים בריאות מסיבות שונות, כמו פעילות גופנית, יתכן שהסיבה אינה נעוצה בהגדלת מספר הנאדיות המובילה לגדילת נפח הריאות, משום שמסר זה נותר קבוע במהלך רוב חייו.

19. לאור מבנה הריאות שעליו למדתם, מה דעתכם על הדימוי של ריאות לבלון?

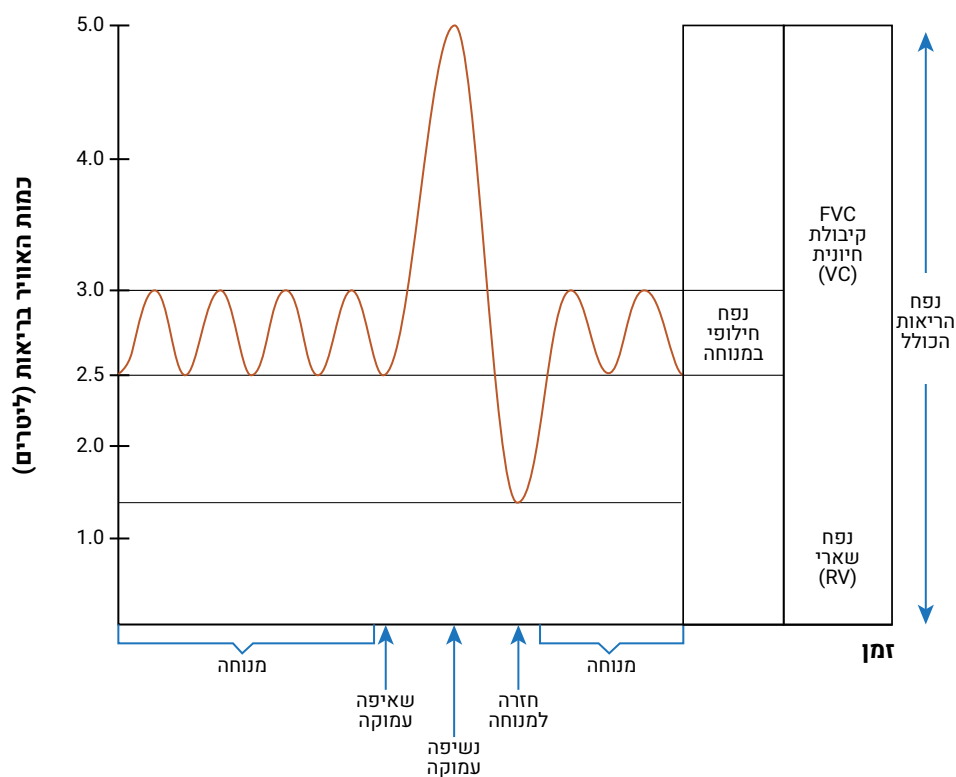
חלק ז: מדדי נשימה



מד נשימה (ספירומטר) הוא מכשיר שבאמצעותו מודדים תפקודי ריאות. המטופל מתבקש לנשוף אוויר מהריאות דרך הפה לתוך פיה המחוברת לצינור. האוויר שנושף המטופל מפעיל לחץ על ממברנה, שמתורגם לאות חשמלי. האותות המתקבלים מעובדים לגרף המראה את כמות האוויר בריאות במהלך הנשיפה והשאיפה של המטופל.

ההוראות למטופל יהיו לרוב, לשאוף ולנשוף באופן רגיל (במנוחה) ואחר כך לשאוף כמה שיותר אוויר ולהוציאו בבת אחת.

הגרף המתקבל ממד נשימה (ספירוגרף) דומה לגרפים שכבר ראינו, ובעזרתו מחשבים מספר מדדים המעידים על תפקוד בריא או לקוי של הריאות. לפניכם גרף של מטופל לדוגמה:



למורה: נפח שארי הוא נפח שנותר בריאות אחרי שהתאמצנו להוציא מהן את כל האוויר. הוא מקל על ניפוח חוזר של הריאות בכל שאיפת אוויר ומונע את קריסתן (בדומה לבלון שכאשר הוא מרוקן לגמרי מאוויר קשה יותר להתחיל לנפח אותו, לעומת בלון שכבר יש בו מעט אוויר). את הנפח השארי אין אפשרות למדוד בספירומטר, אלא בשיטות אחרות, מורכבות יותר. כאן נקבל את הנפח השארי כנתון.

20. זהו בגרף:

- אזורי הנשימה במנוחה
- אזור השאיפה העמוקה
- אזור הנשיפה העמוקה
- נקודה המציינת את כמות האוויר המינימלית בריאות של המטופל
- נקודה המציינת את כמות האוויר המקסימלית בריאות של המטופל

21. חשבו את נפח האוויר המתחלף בריאות של המטופל במנוחה (הנפח החילופי במנוחה), את נפח האוויר המינימלי בריאות של המטופל (נפח שארי) ואת כמות האוויר הגדולה ביותר שהוא יכול להכניס לריאות (הקיבולת החיונית שלו).

נפח חילופי במנוחה: 0.5 ליטר; נפח שארי: 1.5 ליטר; קיבולת חיונית: 3.5 ליטר

22. א. המטופל שלנו מנפח בלון. מהו נפח האוויר שהוא מוציא בנשיפת ניפוח אחת?

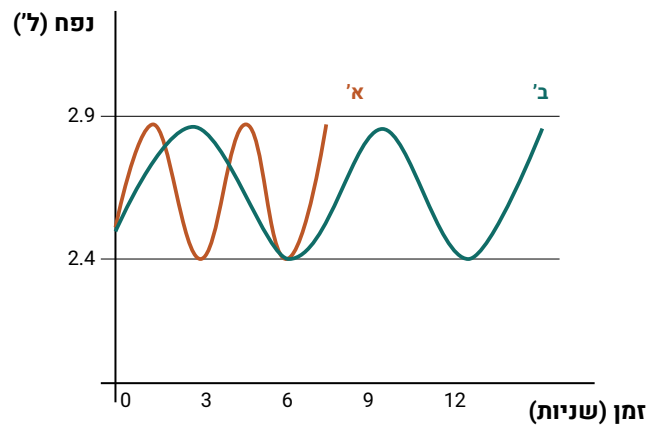
בשאיפת האוויר לריאות לפני הניפוח של הבלון מכניס המטופל מקסימום אוויר ומגיע לנפח של 5 ליטר. בנשיפה של הניפוח הוא מוציא כמה שיותר אוויר, עד הנפח השארי, וזאת למעשה הקיבולת החיונית (ה-FVC), כלומר: $3.5=5-1.5$ ליטר.

ב. בכמה גדל נפח האוויר היוצא מהריאות בניפוח הבלון המתחלף בריאות של המטופל מהנפח היוצא מהריאות שלו במנוחה?

במצב מנוחה יוצא מהריאות של המטופל חצי ליטר בכל נשיפה ($0.5=3-2.5$ ליטרים). בניפוח בלון יוצאים מהריאות של המטופל 3.5 ליטרים ($3.5=5-1.5$ ליטרים). כלומר הנפח גדל ב-3 ליטרים.

למורה: בדיקה באמצעות ספירומטר מסייעת לאבחון תפקודי ריאות לקויים. לדוגמה, בקרב חולי אסתמה קיימת היצרות של דרכי הנשימה, הסימפונות והסימפוניות של הריאה, אבל הנאדיות תקינות. כתוצאה מכך, חולי אסתמה יכולים להכניס כמות אוויר נורמלית לריאות שלהם, אבל בגלל שדרכי מעבר האוויר צרות הכנסת מלוא האוויר האפשרי תהיה איטית יותר. בספירוגרף של חולי אסתמה יראו הגלים השונים בגובה נורמלי אך רחבים יותר.

23. בגרף הבא מתוארת כמות האוויר בריאות בשני מצבים: הליכה, והתחלה של ריצה.



א. איזה מהמצבים מתאר מצב של הליכה ואיזה מתאר מצב של התחלת ריצה? על פי מה קבעתם?
א: ריצה, ב: הליכה; מפני ש ב-א' מספר מחזורי הנשימה לפרק זמן גדול יותר, כלומר הנשימה מהירה יותר. בגרף הדבר מתבטא בהבדלים ברוחב של כל מחזור נשימה.

ב. כמה נשימות בדקה מתבצעות במצב א'?

למורה: אפשר להתחיל בשאלה זאת, ואז התלמידים יתייחסו במילים שלהם לקצב הנשימה (מספר נשימות לדקה). החישובים בסעיפים ב-ג יחזקו את התשובה שלהם לסעיף א. לחליפין, אם לדעתכם התלמידים שלכם יתקשו לענות על השאלה הזאת, אפשר שהיא תהיה השאלה השלישית, לאחר שהתלמידים קבעו כמה נשימות לדקה מתבצעות בכל מצב.

בשש שניות מתבצעים שני מחזורי נשימה. לכן בשישים שניות יתבצעו 20 נשימות (20 נשימות לדקה)

ג. כמה נשימות בדקה מתבצעות במצב ב'?

בשש שניות מתבצע מחזור נשימה אחד. לכן בשישים שניות יתבצעו 10 נשימות (10 נשימות לדקה)

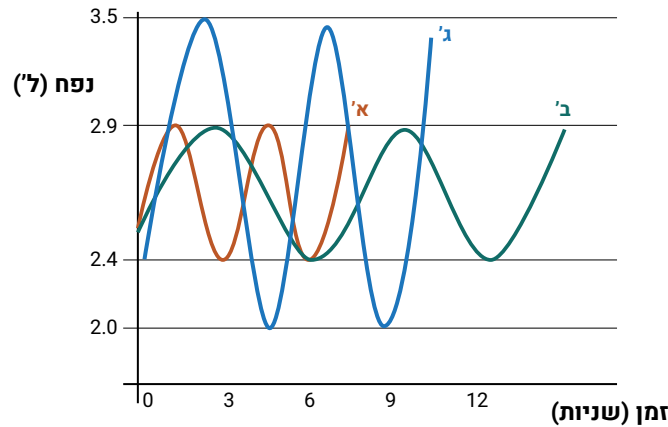
ד. כמה אוויר נכנס לריאות במצב ב במשך דקה אחת?

בכל שאיפה נכנסים 0.5 ליטר לריאות. כל נשימה (שאיפה ונשיפה) נמשכת שש שניות. לכן בדקה: $10 \times 0.5 = 5$ ליטרים

ה. כמה אוויר נכנס לריאות במצב א במשך דקה אחת?
בכל שאיפה נכנסים 0.5 ליטר לריאות. כל נשימה (שאיפה ונשיפה) נמשכת 3 שניות. לכן בדקה: $20 \times 0.5 = 10$ ליטרים

ו. מהו היתרון באופן שבו נושמים במצב הריצה?
במצב של ריצה תהליכי הנשימה בתאים מוגברים, כמות החמצן הנצרכת וכמות הפחמן הדו חמצני הנוצרת עולות, ופעילות הריאות אמורה להגביר את כמות החמצן העוברת לדם ואת כמות הפחמן הדו-חמצני המפונה ממנו. אחת הדרכים לכך היא עלייה במספר הנשימות לדקה, כך שכמות האוויר הנכנסת לריאות בפרק זמן מסוים גדולה הרבה יותר.

24. לגרף שניתחתם הוסיפו את השינויים בכמות האוויר בריאות בעת הרמת משקולות (ג).



א. כמה נשימות בדקה מתבצעות במצב ג?
כל נשימה (שאיפה ונשיפה) נמשכת 4 שניות. לכן בשישים שניות יתבצעו 15 נשימות (15 נשימות לדקה).

ב. כמה אוויר נכנס לריאות במצב ג במשך דקה אחת?
בכל שאיפה נכנסים 1.5 ליטר לריאות. כל נשימה (שאיפה ונשיפה) נמשכת 4 שניות. לכן בדקה: $22.5 = 15 \times 1.5$ ליטרים

25. בחרו בתשובות המתאימות (שימו לב, יש יותר מתשובה נכונה אחת):
נפח האוויר המתחלף בריאות במנוחה (הנפח החילופי במנוחה) / מספר הנשימות לדקה (קצב הנשימה) / נפח האוויר המינימלי בריאות (נפח שארי) / כמות האוויר הגדולה ביותר שאפשר להכניס לריאות ולהוציא מהן (הקיבולת החיונית).

כמות האוויר המתחלפת בריאות (כמות האוויר היוצאת או הנכנסת) בפרק זמן מסוים מכונה אוורור הריאות. את מידת אוורור הריאות מחשבים באמצעות שני הגורמים שמשפיעים עליה - קצב הנשימה (שבו עסקנו בשאלה 24), ונפח האוויר המחלף (שבו עסקנו בשאלה 25):

$$\boxed{\text{מידת אוורור הריאות}} = \boxed{\text{קצב הנשימה}} \times \boxed{\text{נפח מתחלף בנשימה אחת}}$$

לדוגמה: לפניכם נתוני נשימה של אדם מסוים במעבר ממנוחה לריצה.

| מנוחה | נפח מתחלף (ליטר לנשימה) | קצב הנשימה (נשימות לדקה) | אוורור הריאות (ליטר לדקה) |
|-------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| מנוחה | 0.5 | 12 | 6 |
| ריצה | 3.5 | 50 | 175 |

26. א. פי כמה משתנה נפח האוויר המתחלף בריאות ממנוחה לריצה? פי 7

למורה: מטרת השאלה היא להדגיש את העובדה שהשלם הוא יותר מסכום חלקיו, משום שמדובר במכפלה של שני ערכים: עלייה בנפח המתחלף פי 7 ועלייה פי 4 בערך בקצב הנשימה גורמים לעלייה פי 28 (4 X 7) באזור הריאות.

ב. פי כמה משתנה קצב הנשימה ממנוחה לריצה? פי 4

ג. פי כמה משתנה אזור הריאות של אדם ממנוחה לריצה? פי 28

27. א. מדוע לא רצוי להגדיל את אזור הריאות באמצעות הגברת קצב הנשימות בלבד? בתשובתכם היעזרו בקישור

[מהי היפרוונטילציה.](#)

כאשר קצב הנשימות מהיר מידי, נוצר מצב של היפרוונטילציה: קצב נשימות מהיר המגביר פינוי של פחמן דו-חמצני מהדם וגורם לירידה ברמת החומציות של הדם (הדם הופך יותר בסיסי, pH גבוה). הנשימות לרוב שטוחות ומהירות, ואינן מספקות את החמצן הנחון לנוף.

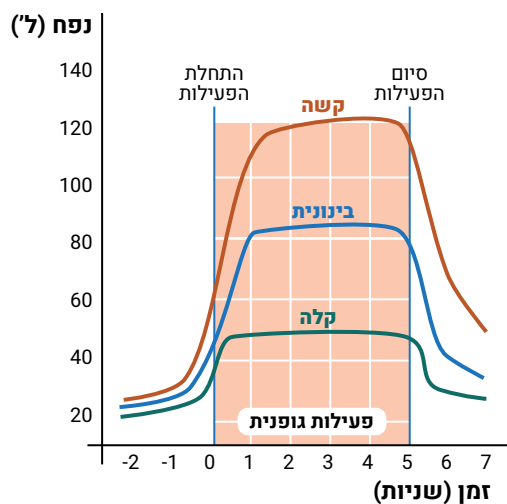
ב. בדקו ברשת מהן ההמלצות לנשימה נכונה תוך כדי ריצה. כיצד מנסים הממליצים השונים להגדיל את אזור הריאות של הרצים?

למורה: יתכן שיהיו תלמידים שישאלו תוכנת AI את השאלה הזאת. מאלו שיחפשו בעצמם ברשת, זאת הזדמנות טובה לבקש להצליב המלצות ממקורות שונים. הצלבה של מקורות מידע היא חלק חשוב של אוריינות דיגיטלית, המעודדת תלמידים לשפוט אם המידע שקראו נכון או לא מדויק באמצעות השוואה בין מקורות מידע שונים, ולא להסתמך על מקור מידע יחיד.

רוב ההמלצות מבוססות על התאמת קצב הנשימה לצעדי הריצה. בדרך זאת מתבצעת הקטנת קצב הנשימה המהיר שבאופן טבעי מתגבר במהלך מאמץ גופני, ויש אפשרות להגדיל את הנפח המתחלף שבאופן טבעי הולך וקטן עם הגברת המאמץ.

חלק ח: כיצד משפיעה פעילות גופנית קבועה על הנשימה?

28. הגרף הבא מתאר את השינויים באזור הריאות של אדם מסוים בפעילויות גופניות בדרגות מאמץ שונות.



א. הביאו נתונים מהגרף המראים שככל שדרגת המאמץ עולה כך עובר זמן רב יותר עד שהריאות מגיעות לרמת אזור המתאימה לפעילות.

ברמה קלה: האדם מגיע למקסימום אזור הריאות כמעט עם התחלת הפעילות (0 דקות).

ברמה בינונית: האדם מגיע למקסימום אזור הריאות כ-3/4 דקה מתחילת הפעילות.

ברמה קשה: האדם מגיע למקסימום אזור הריאות לאחר דקה וחצי.

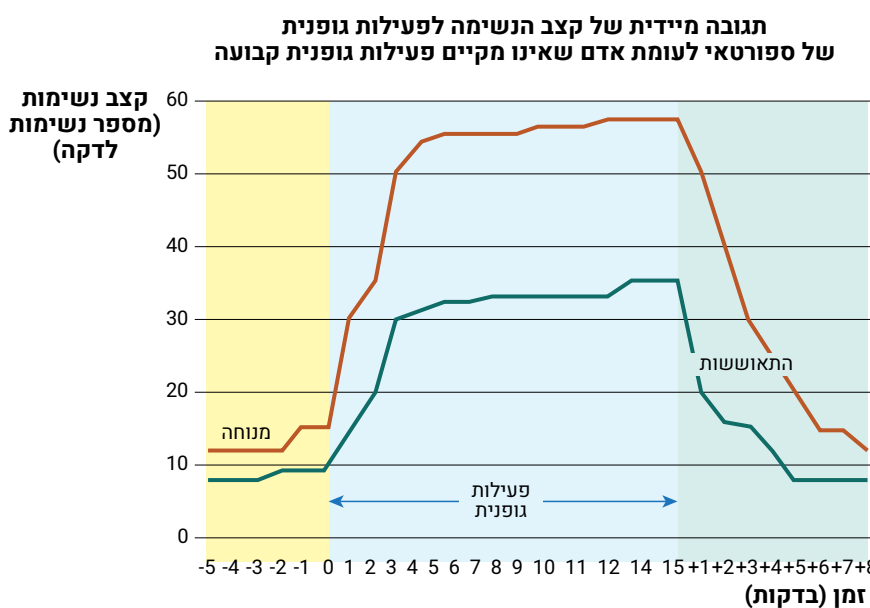


ב. בחרו את התשובה המתאימה: ככל שרמת הקושי של הפעילות עולה כך ההתאמה של רמת אוורור הריאות מתרחשת **לאט/מהר** יותר, והחזרה לרמת אוורור ריאות במנוחה **איטית/מהירה** יותר.

אנחנו מתאימים את הנשימה לתנאים שונים ולרמת המאמץ: לעיתים חלה האטה או עצירה של הנשימה, כמו במהלך דיבור או אכילה; ולעיתים חלה עלייה בקצב הנשימה כמו במהלך ריצה. כפי שראיתם, אוורור הריאות מורכב מכמות הנשימות בדקה ומכמות האוויר העובר בריאות בדקה. כדי להגדיל את שניהם יש להשקיע מאמץ ניכר, במיוחד כאשר הפעילות עצמה דורשת הפעלה מאומצת של שרירי הגוף.

לאור זאת, האם פעילות גופנית קבועה משפרת את תהליך הנשימה? האם קיימים הבדלים בתהליך הנשימה בין ספורטאים לבין אנשים שאינם פעילים גופנית?

29. בגרף שלפניכם נראות תוצאות של ניסוי שבו נבדק השינוי במספר הנשימות לדקה של אדם שאינו מקיים פעילות גופנית לעומת השינוי במספר הנשימות בדקה של ספורטאי במהלך פעילות גופנית זהה.



א. נסו לשער: איזה עקום (הירוק או הכתום) מתאר את הספורטאי? על פי מה קבעתם?

למורה: יתכן שהשאלה תהיה קשה לחלק מהתלמידים, כי למעשה קצב נשימה מהיר יותר מאפיין דווקא אנשים שאינם רגילים בפעילות גופנית ואילו לספורטאים יש קצב נשימה איטי יותר. אם קשה לתלמידים, השאלות הבאות אמורות לעזור להם לזהות את הספורטאי. לדוגמה: ספורטאים מתאוששים מהר יותר מפעילות גופנית.

העקום הירוק: הספורטאי; העקום הכתום: אדם שאינו מקיים פעילות גופנית קבועה. הסיבה היא שספורטאי נושם בקצב איטי יותר, ועדיין קצב כזה מספיק בעבורו את כמות החמצן הדרושה לפעילות.

ב. למי מהם לקח זמן רב יותר להגיע לקצב נשימה מירבי? **לאדם שאינו מבצע פעילות גופנית: כ-4 דקות לעומת פחות משלוש דקות לספורטאי.**

ג. מי מהם התאושש מהר יותר לאחר הפעילות? **הספורטאי (כחמש דקות לאחר הפסקת הפעילות)**

למורה: יש לשים לב, שבעבור האדם שאינו מקיים פעילות גופנית אפשר רק לשער מהו הנתון, שכן הנקודה הזאת אינה נמצאת על הגרף.

ד. למי מהם קצב נשימה איטי יותר במנוחה? **לספורטאי (פחות מ-10 נשימות לדקה)**
ה. כיצד אפשר להסביר את ההבדל בין הספורטאי לבין האדם שאינו מתאמן למרות שקצב הנשימה של הספורטאי איטי יותר?
היעזרו בנוסחה:

$$\boxed{\text{מידת אוורור הריאות}} = \boxed{\text{קצב הנשימה}} \times \boxed{\text{נפח מתחלף בנשימה אחת}}$$

במאמן גופני, אדם שאינו מתאמן נושם בקצב מהיר נשימות שטוחות. במצב כזה הנשימות אינן מספקות חמצן בכמות המתאימה לפעילות הגופנית, ועלול להיווצר קוצר נשימה. לעומת זאת, בקרב ספורטאים, גם כשקצב הנשימות מתגבר תוך כדי פעילות גופנית, הנשימות עמוקות יחסית. כלומר, למרות שקצב הנשימה של אדם שאינו מתאמן גבוה יותר, אוורור הריאות בקרב ספורטאים, המורכב, כאמור, ממכפלת קצב הנשימות בעומקן, הוא גבוה יותר, ויכול להיות מדד טוב יותר לאיכות הנשימה.

למורה: פעילות גופנית מחזקת את שריר הצלעות והסרעפת, כך שאף במאמץ הם פועלים בחוזקה ומאפשרים להגדיל את נפח החזה ואת כמות האוויר הנכנסת בנשימה. יחד עם קצב מסוים של נשימות לדקה מידת אוורור הריאות, כלומר כמה אוויר מתחלף בריאות בדקה, היא גבוהה יותר בקרב מי שעוסקים בפעילות גופנית באופן קבוע.

30. חיזרו להסבר שלכם (חלק א שאלה 3): מהו כושר גופני? מה תוכלו להוסיף להסבר לאור מה שלמדתם בפעילות?