

# ביורפואה חישובית נשימה ופעילות גופנית | לתלמיד

## כיצד 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

## 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?

### א. כמה זמן אתם יכולים להחזיק ללא נשימה?



מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

### ב. מי הראשון שמצליח לפוצץ בלון על ידי נשיפה?



מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

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



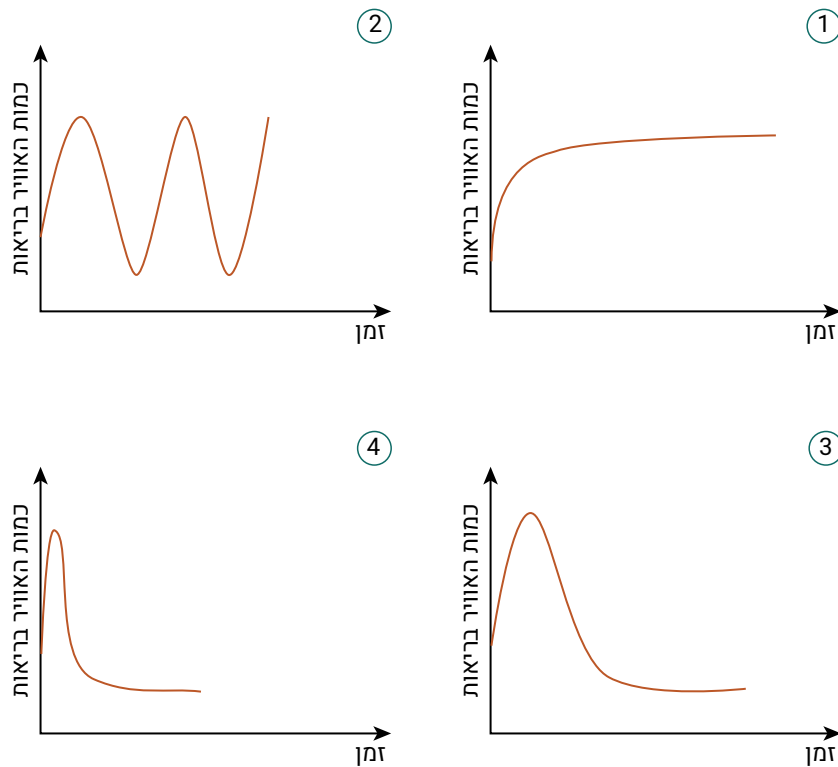
מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

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



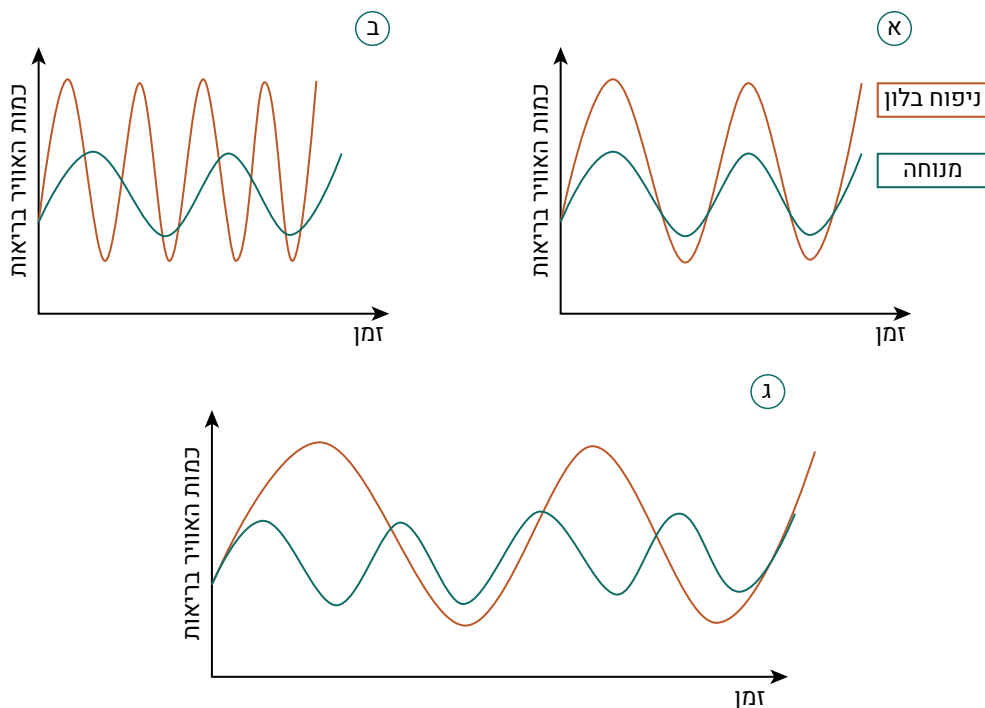
מה השתדלתם לעשות כדי שהתוצאה שלכם תהיה הטובה ביותר?

2. איזה משחק (א-ד) מתואר בכל אחד מהגרפים הבאים? על פי מה החלטתם?



3. רשמו במילים שלכם: מהו כושר גופני?

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



- 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?
- תנו כותרת לגרף שבחרתם.
- תארו את ההבדלים בין העקום שמתאר מצב מנוחה (ירוק) לבין העקום המתאר ניפוח בלון (כתום) בגרף שבחרתם.
- האם כשאנחנו מנפחים בלון אפשר להוציא אוויר עד שהריאות מתרוקנות לגמרי? כיצד מתבטאת תשובתכם בגרף?

## חלק ב: שליטה בנשימה

5. קראו את [הכתבה על עצירת נשימה](#).

- א. מהי הסיבה לכך שעצירת נשימה לאורך זמן יוצרת נזק משמעותי לגוף?  
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?



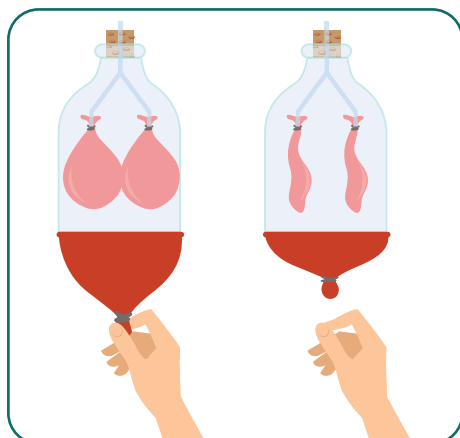
- ג. אילו פעולות יומיומיות אנחנו מבצעים בעזרת שליטה על הנשימה (עצירה של הנשימה לחלק מהזמן או הגברת קצב הנשימה)?



## חלק ג: מה ידוע לכם על הריאות?

הריאות נמצאות בבית החזה, משני צידי הלב.

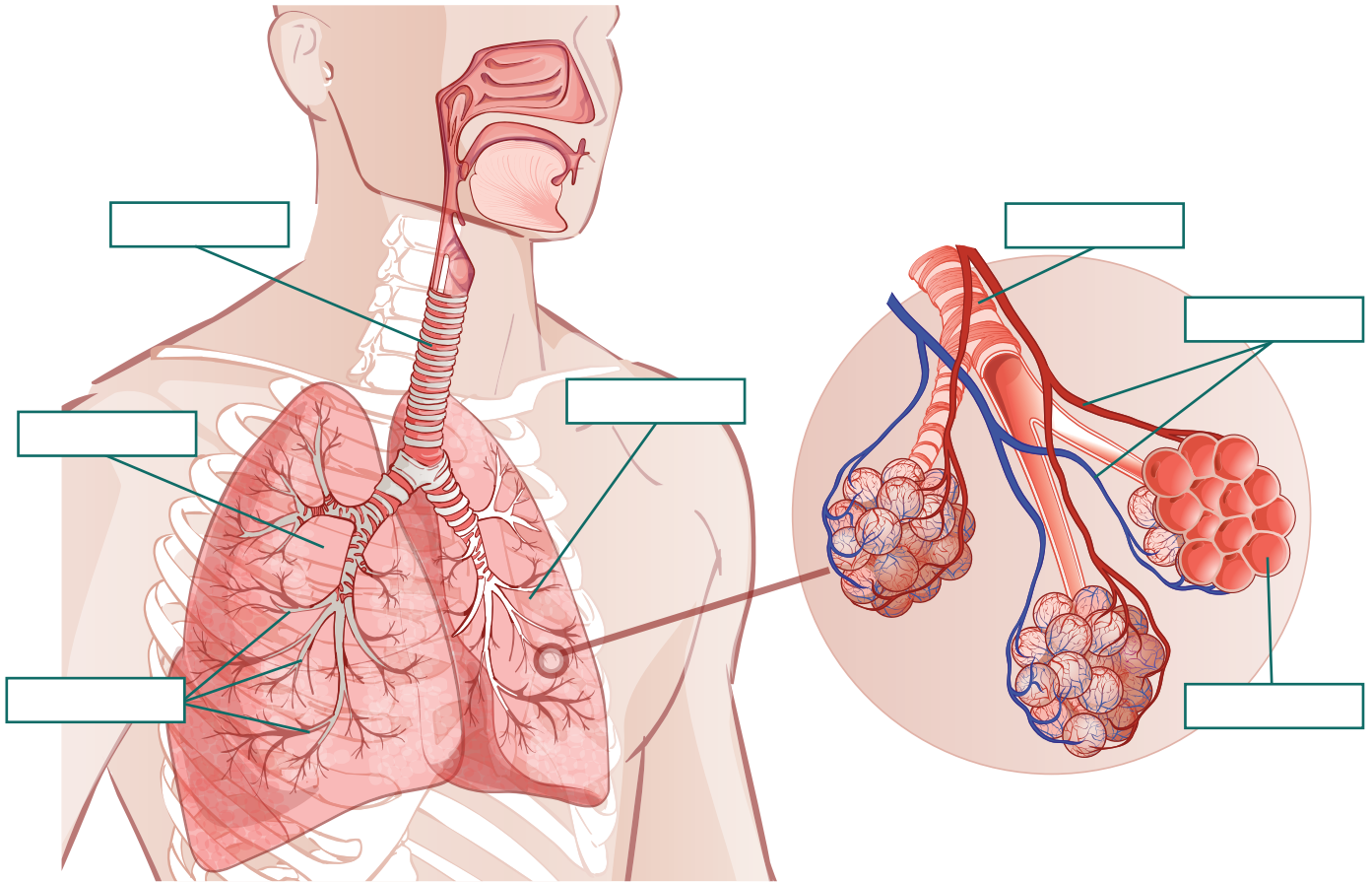
6. התבוננו [בסרטון](#): מה חידש לכם הסרטון על הריאות?



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?

8. מהו המנגנון שבו מתנפחות הריאות באוויר?

**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?

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:

- א. כשאתם יושבים, רשמו כמה נשימות (נשימה אחת היא שאיפה ונשיפה) אתם עושים בדקה.
- ב. 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.
- ג. כעת 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.
- ד. 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?
- 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?

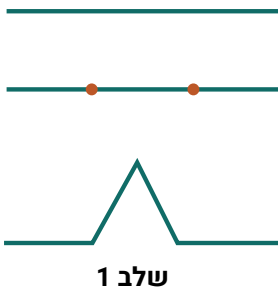
## חלק ה: משחקים מתמטיים בצורות הנדסיות

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.

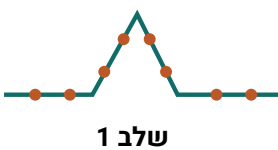
את הפעילות הבאה בצעו בזוגות.

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?

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

ג. מה יהיה מספר הקטעים בשלב ח?

ד. באיזה שלב יתקבלו 4096 קטעים?

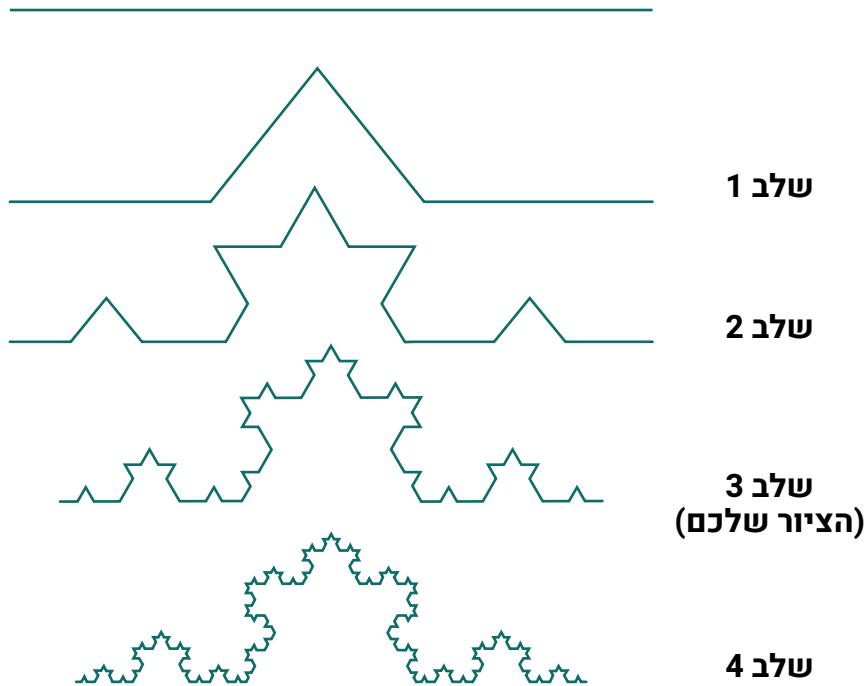
ה. בהנחה שאורך הקו ההתחלתי הוא 1, מהו אורך הקו השבור כולו?

- בשלב 1?
- בשלב 2?
- בשלב 3?
- בשלב 10?
- בשלב n?

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

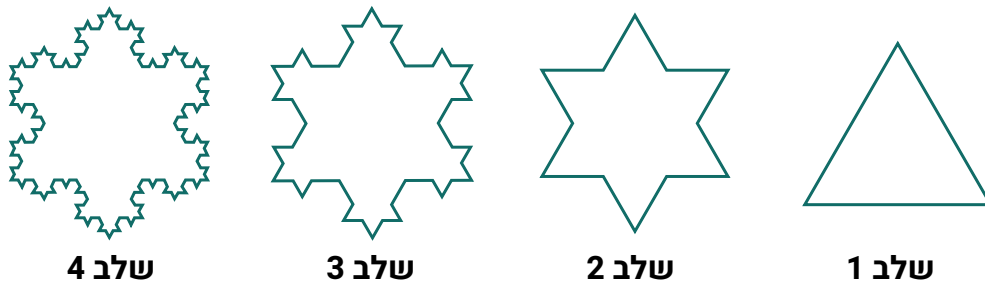
13. המשיכו בקבוצות:

לפניכם ארבעת השלבים הראשונים של הצורות שנוצרו באותה דרך:



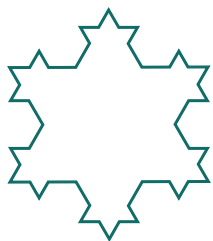
- א. סמנו באיור בכל שלב קטע שיש לו צורה דומה לאיור של שלב 1.
- ב. כמה צורות כמו שלב 1 יש באיור של שלב 2? 4 צורות; כמה כאלה יש באיור של שלב 4?
- ג. כמה צורות כמו שלב 2 יש באיור של שלב 3? 4 צורות; כמה כאלה יש בשלב 4?
- ד. כמה צורות כמו שלב 1 יש בשלב n?
- ה. רשמו את מסקנתכם על הקשר בין האיורים.

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



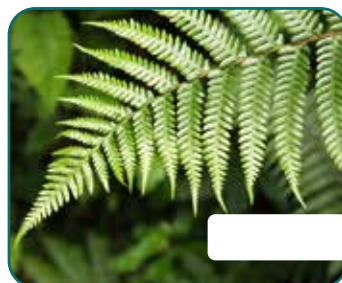
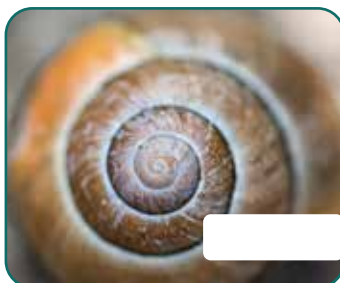
14. היעזרו בתשובותיכם לשאלה 12ה: בהנחה שאורך כל קטע שווה ל-1:

- א. מהו מספר הקטעים שמהם מורכב שלב 1?
- ב. מה אורכו של היקף הצורה בשלב 1?
- ג. מהו מספר הקטעים שמהם מורכב שלב 2?
- ד. מה אורכו של היקף הצורה בשלב 2 = 16?
- ה. מהו מספר הקטעים שמהם מורכב שלב n?
- מה אורכו של היקף הצורה בשלב n?



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

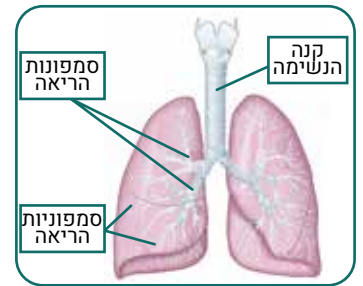
15. זהו אילו צורות הן בקירוב פרקטלים ואילו אינן פרקטלים. על פי מה החלטתם?





## חלק ו: בחזרה לריאות

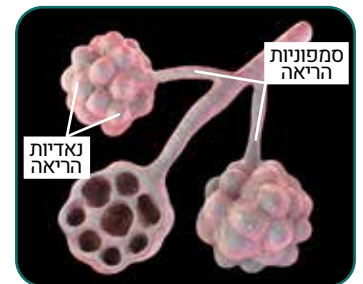
לפניכם ריכוז של עובדות על מבנה הריאות ותפקודן. היעזרו בעובדות אלה ובתשובותיכם על הפרקטלים כדי לענות על השאלות שאחריהן.



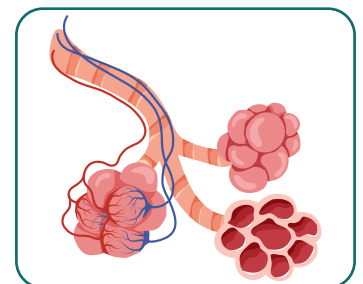
קנה הנשימה מתפצל בריאות לסימפונות וסימפוניות.



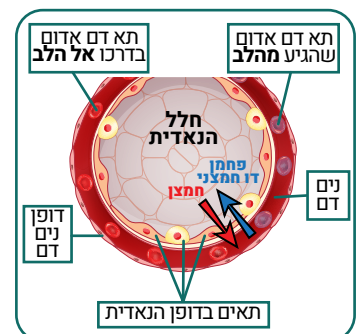
בדומה לקנה הנשימה ולסימפונות, גם כלי הדם המגיעים מהלב לריאה ומריאה אל הלב מתפצלים בתוך הריאות לעורקים ולורידיים הולכים וקטנים.



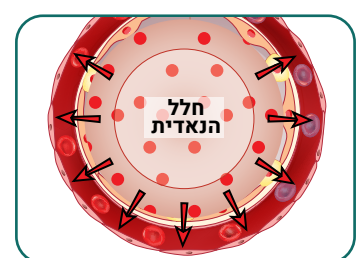
הסימפוניות מסתיימות באשכולות של נאדיות הריאה. כל נאדית היא שק דקיק של תאים המקיפים חלל. בריאות של אדם בוגר יש כ-300 מיליון נאדיות.



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?
17. הסבירו במילים שלכם כיצד תורם מבנה הריאות ליעילות של תהליך הנשימה.
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.
19. לאור מבנה הריאות שעליו למדתם, מה דעתכם על הדימוי של ריאות לבלון?

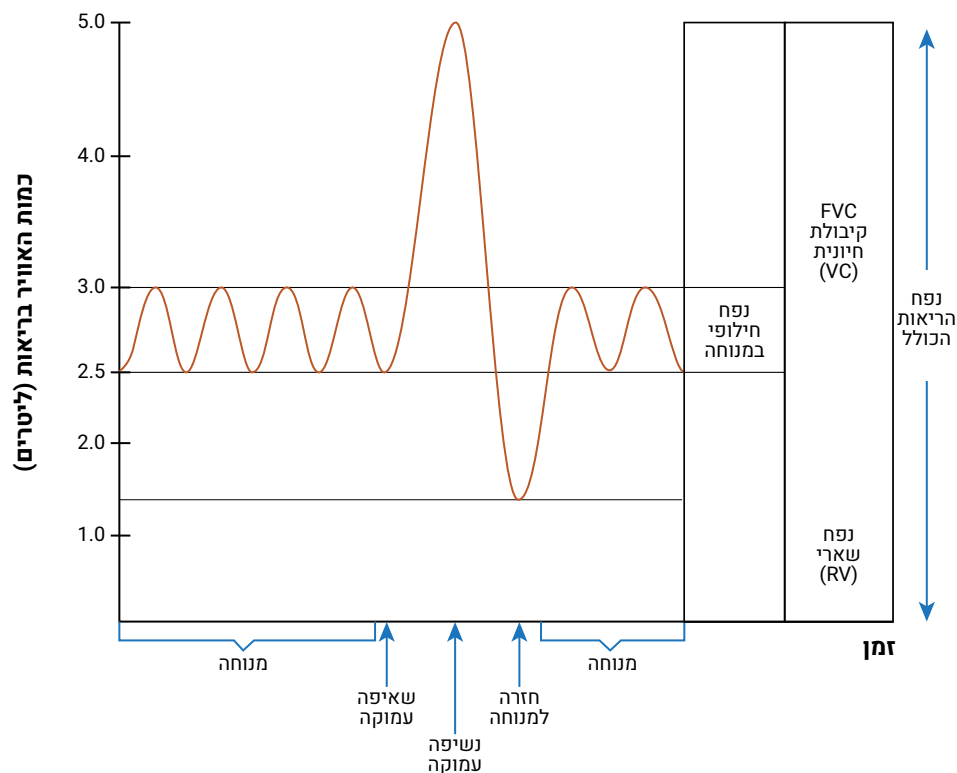
## חלק ז: מדדי נשימה



**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:

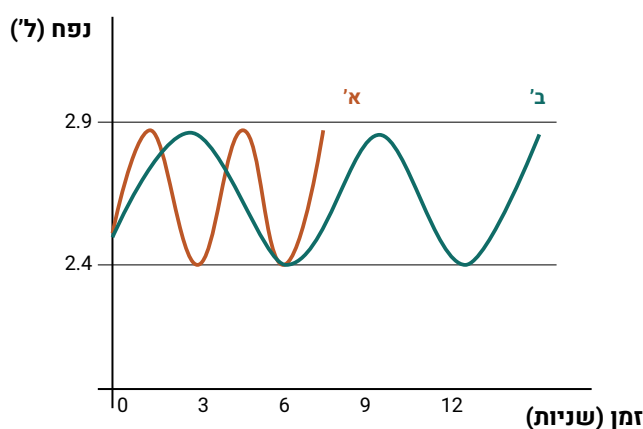


20. זהו בגרף:

- א. אזורי הנשימה במנוחה
- ב. אזור השאיפה העמוקה
- ג. אזור הנשיפה העמוקה
- ד. נקודה המציינת את כמות האוויר המינימלית בריאות של המטופל
- ה. נקודה המציינת את כמות האוויר המקסימלית בריאות של המטופל

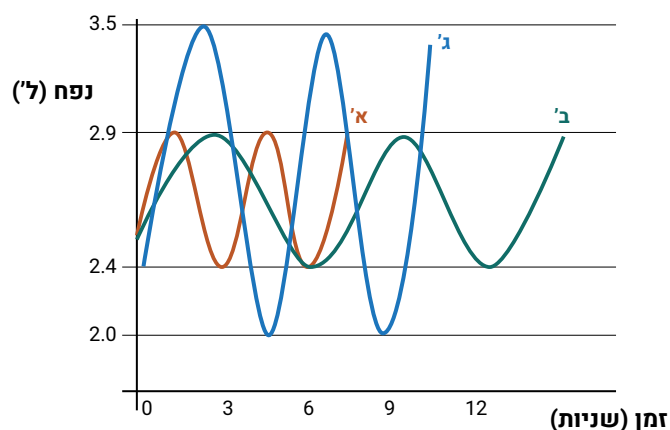
21. חשבו את נפח האוויר המתחלף בריאות של המטופל במנוחה (הנפח החילופי במנוחה), את נפח האוויר המינימלי בריאות של המטופל (נפח שארי) ואת כמות האוויר הגדולה ביותר שהוא יכול להכניס לריאות (הקיבולת החיונית שלו).

22. א. המטופל שלנו מנפח בלון. מהו נפח האוויר שהוא מוציא בנשיפת ניפוח אחת?  
ב. בכמה גדל נפח האוויר היוצא מהריאות בניפוח הבלון המתחלף בריאות של המטופל מהנפח היוצא מהריאות שלו במנוחה?  
ג. הבא מתוארת כמות האוויר בריאות בשני מצבים: הליכה, והתחלה של ריצה.



- ג. איזה מהמצבים מתאר מצב של הליכה ואיזה מתאר מצב של התחלת ריצה? על פי מה קבעתם?
- ד. כמה נשימות בדקה מתבצעות במצב א?
- ה. כמה נשימות בדקה מתבצעות במצב ב?
- ו. כמה אוויר נכנס לריאות במצב ב במשך דקה אחת?
- ז. כמה אוויר נכנס לריאות במצב א במשך דקה אחת?
- ח. מהו היתרון באופן שבו נושמים במצב הריצה?

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



- א. כמה נשימות בדקה מתבצעות במצב ג?
- ב. כמה אוויר נכנס לריאות במצב ג במשך דקה אחת?

24. בחרו בתשובות המתאימות (שימו לב, יש יותר מתשובה נכונה אחת):

כמות האוויר המתחלפת בריאות (כמות האוויר היוצאת או הנכנסת) בפרק זמן מסוים יכולה לגדול על ידי הגדלת נפח האוויר המתחלף בריאות במנוחה (הנפח החילופי במנוחה) / מספר הנשימות לדקה (קצב הנשימה) / נפח האוויר המינימלי בריאות (נפח שאריר) / 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 המתחלף (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)	אווורור הריאות (ליטר לדקה)
מנוחה	0.5	12	6
ריצה	3.5	50	175

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

ב. פי כמה משתנה קצב הנשימה ממנוחה לריצה?

ג. פי כמה משתנה אוורור הריאות של אותו אדם ממנוחה לריצה?

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

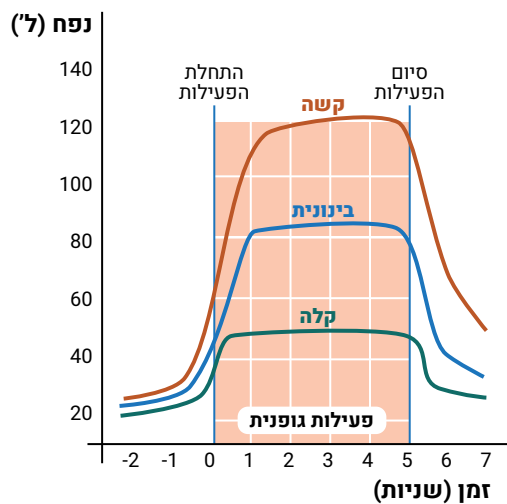
[מהי היפרוונטילציה.](#)

ב. בדקו ברשת מהן ההמלצות לנשימה נכונה תוך כדי ריצה. כיצד מנסים הממליצים השונים להגדיל את אוורור

הריאות של הרצים?

## חלק ח: כיצד משפיעה פעילות גופנית קבועה על הנשימה?

27. הגרף הבא מתאר את השינויים באוורור 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

אוורור המתאימה לפעילות.

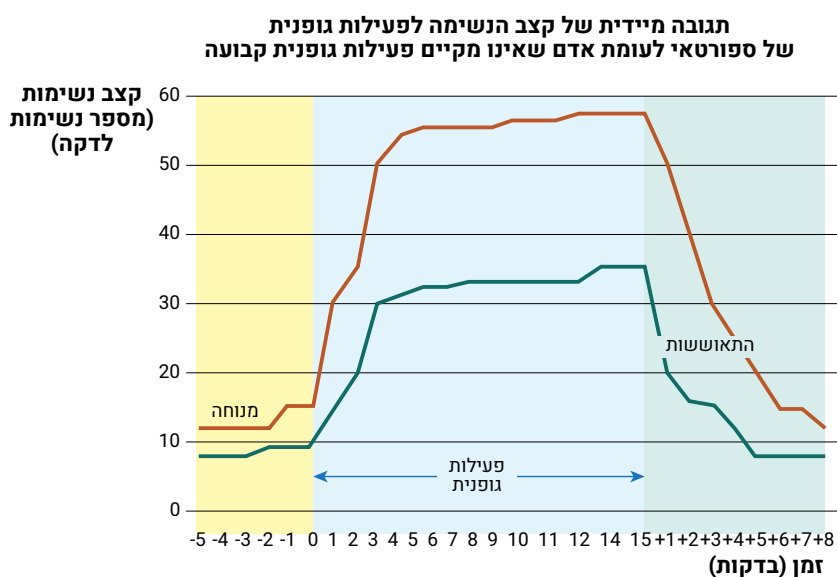


ב. בחרו את התשובה המתאימה: ככל שרמת הקושי של הפעילות עולה כך ההתאמה של רמת אוורור הריאות מתרחשת לאט/מהר יותר, והחזרה לרמת אוורור ריאות במנוחה איטית/מהירה יותר.

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?

28. 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.



- נסו לשער: איזה עקום (הירוק או הכתום) מתאר את הספורטאי? על פי מה קבעתם?
- למי מהם לקח זמן רב יותר להגיע לקצב נשימה מירבי?
- מי מהם התאושש מהר יותר לאחר הפעילות?
- מהם קצב נשימה איטי יותר במנוחה?
- כיצד אפשר להסביר את ההבדל בין הספורטאי לבין האדם שאינו מתאמן למרות שקצב הנשימה של הספורטאי איטי יותר? היעזרו בנוסחה:

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

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