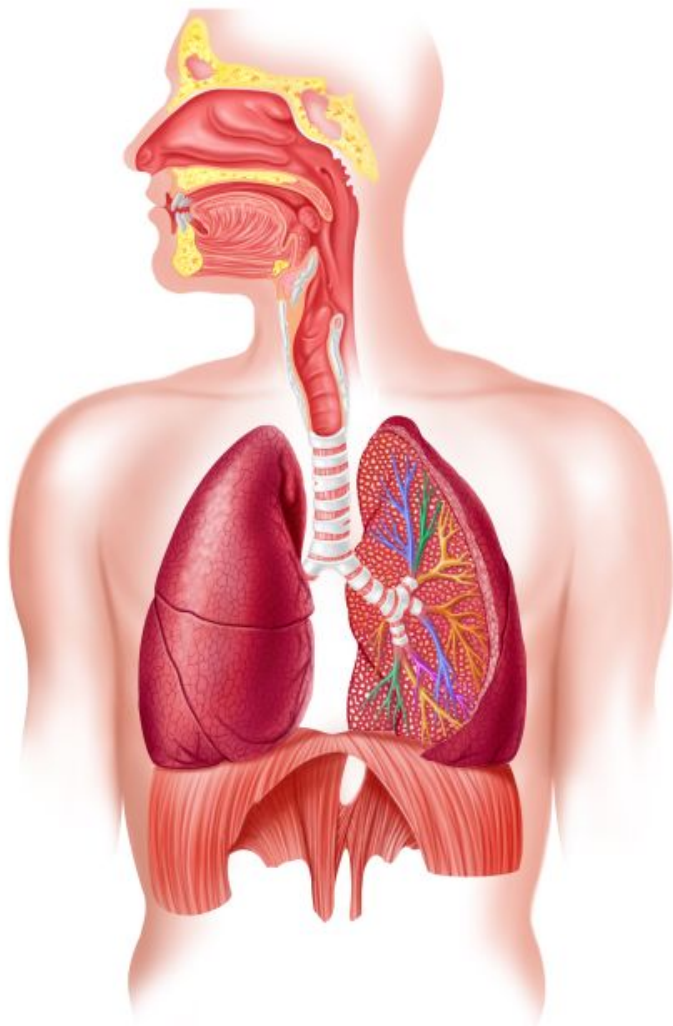


# גוף האדם בדגש הומיאוסטזיס

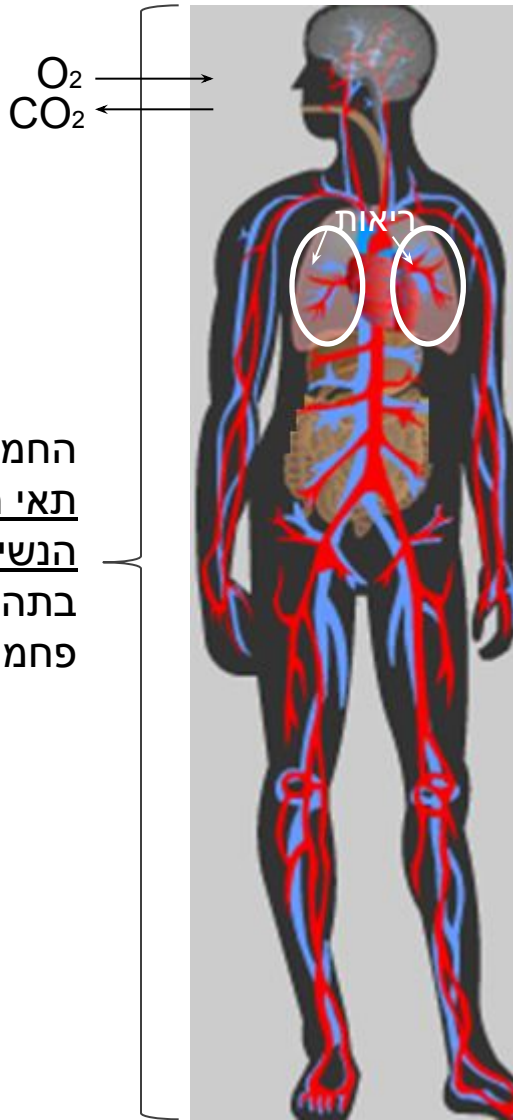
## מערכת הנשימה

### נושאי השיעור

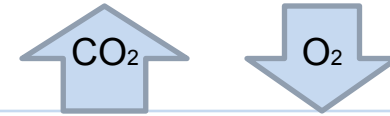


- הקשר בין תהליך הנשימה בריאות ובין תהליך הנשימה התאית
- מערכת הנשימה – התאמה בין מבנה לתפקוד
- חילופי הגזים בריאות בתהליך דיפוזיה
- מנגנון השאיפה והנשיפה
- ויסות קצב הנשימה
- נזקי העישון

# הריאות הן ה"שער" שדרכו החמצן נכנס לגוף ופחמן דו-חמצני יוצא מן הגוף



החמצן נצרך בכל תאי הגוף בתהליך הנשימה התאית. בתהליך זה נוצר פחמן דו-חמצני.



## תהליך הנשימה בריאות

הריאות הן ה"שער" שדרכו חמצן ( $O_2$ ) נכנס לגוף, ופחמן דו-חמצני ( $CO_2$ ) יוצא מן הגוף. תהליך הנשימה בריאות כולל את השאיפה, חילופי הגזים בין האוויר לדם והנשיפה.

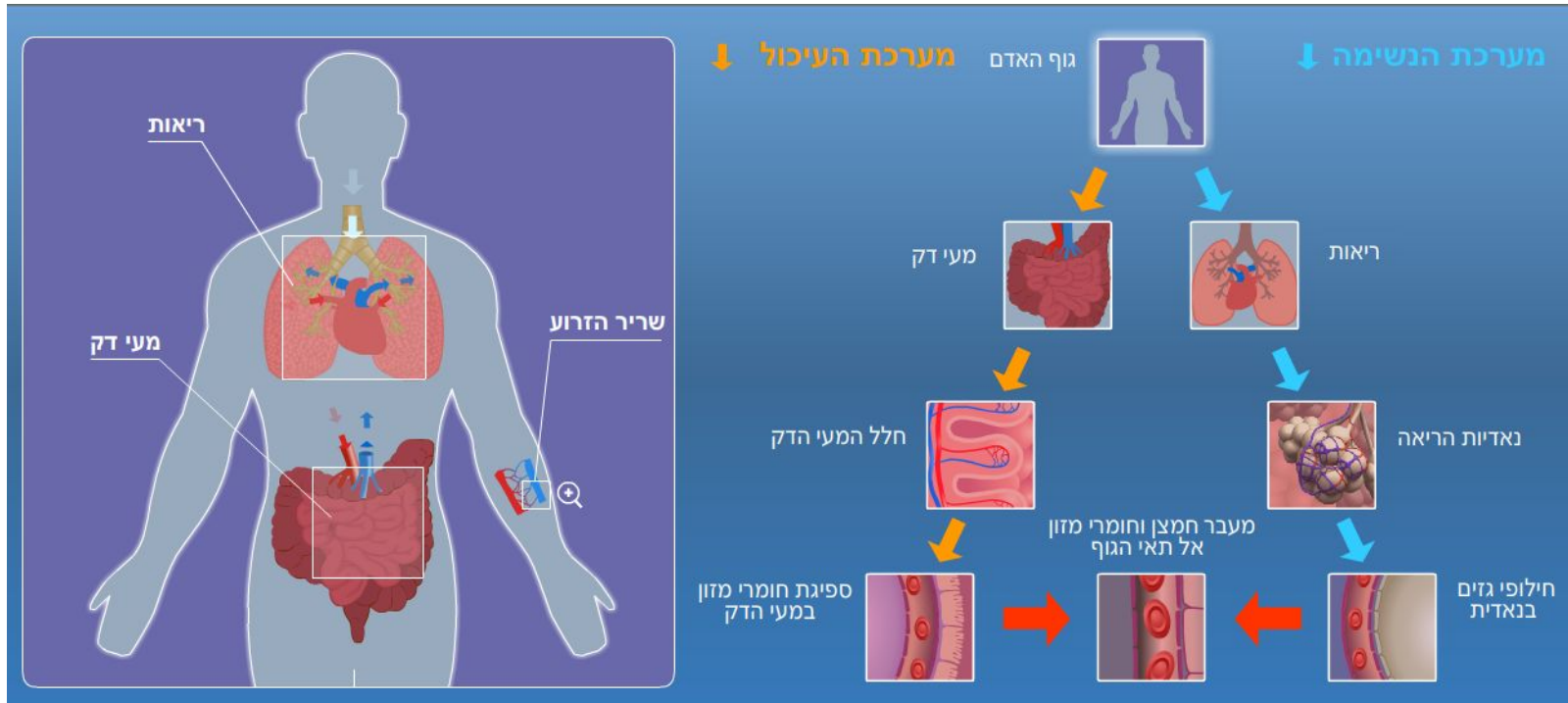


## תהליך הנשימה התאית

החמצן מועבר דרך הדם לכל תאי הגוף ומשתתף בתהליך הנשימה התאית. בתהליך הנשימה התאית חומרי המזון מפורקים והאנרגיה האצורה בהם נפלטת\*. האנרגיה מנוצלת לתהליכי החיים של התאים, ובלעדיה לא יתקיימו החיים. בתהליך הנשימה התאית נוצר פחמן דו-חמצני, שהוא חומר פסולת, המועבר מן התאים לדם, ודרכו אל הריאות והחוצה.

\* האנרגיה הנפלטת מפירוק הגלוקוז מנוצלת ליצירת ATP. ה-ATP מספק אנרגיה לתהליכים צורכי אנרגיה המתרחשים בתאים. נעסוק בפירוט בנשימה התאית וב-ATP בפרק: "התא – מבנה ופעילות".

# סימולציה העוסקת בקשר בין תהליך הנשימה בריאות לתהליך הנשימה התאית



## סימולציה: מעבר חמצן וחומרי מזון אל התאים

עוסקת בקשר שבין הנשימה בריאות וספיגת המזון במעי לתהליך הנשימה בתאים.

## שאלה 1:


עצירת תהליך הנשימה בריאות גורמת למוות בתוך דקות מספר. מהי סיבת המוות?

## שאלה 1:

עצירת תהליך הנשימה בריאות גורמת למוות בתוך דקות מספר. מהי סיבת המוות?

## תשובה:

המוות נגרם בשל מחסור באנרגיה בתאים.  
הסבר: עקב עצירת תהליך הנשימה בריאות, לא נכנס חמצן לגוף ולא מגיע חמצן לתאים.  
 בהעדר חמצן, תהליך הנשימה התאית נפסק, ובעקבותיו נפסק גם שחרור האנרגיה הדרושה לתהליכי החיים של התאים.

שימו  לטעות נפוצה אצל תלמידים!  
 התלמידים אינם מקשרים בין תהליך הנשימה בריאות ובין תהליך הנשימה  
 המתרחש בתאי הגוף.  
 בתשובה לשאלה הנ"ל הם עונים: "המוות נגרם בגלל שאין לאדם חמצן".  
 אמנם זה נכון, אבל זה אינו עיקר התשובה. כפי שצוין בתשובה, המוות נגרם  
 בגלל מחסור באנרגיה בתאים עקב הירידה בקצב תהליך הנשימה התאית.

### שאלה 2:

- מהי חשיבותו של תהליך הנשימה ליצורים חיים?
- א. הוא מספק אנרגיה לתהליכים
  - ב, הוא מטהר את האטמוספירה מעודפי פחמן דו-חמצני
  - ג. הוא גורם לחילוף גזים בין הגוף לבין האטמוספירה
  - ד. הוא מוציא אדי מים מן הגוף

**שאלה 2:**

- מהי חשיבותו של תהליך הנשימה ליצורים חיים?  
א. הוא מספק אנרגיה לתהליכים  
ב, הוא מטהר את האטמוספירה מעודפי פחמן דו-חמצני  
ג. הוא גורם לחילוף גזים בין הגוף לבין האטמוספירה  
ד. הוא מוציא אדי מים מן הגוף

**תשובה:**  
משפט א'.

## שאלה 3: טבלת השוואה בין תהליך הנשימה בריאות לתהליך הנשימה התאית

### שאלה 3:

שאלה זו עוסקת בתהליך הנשימה בריאות ובנשימה התאית. בטבלה הבאה יש רשימת היגדים.

בכל אחד מן ההיגדים, קבעו אם הוא נכון בנוגע לתהליך הנשימה בריאות או בנוגע לנשימה המתרחשת בתאים (סמנו + בעמודה המתאימה)

היגדים	נשימה בריאות	נשימה התאית
יש חילופי גזים בין הסביבה ובין הגוף		
מתרחש רק בתוך התאים		
מתרחשת דיפוזיה של חמצן מן הנאדיות לדם, ודיפוזיה של פחמן דו-חמצני בכיוון ההפוך		
מתרחש פירוק של גלוקוז בנוכחות חמצן לשם יצירת אנרגיה (הנאגרת ב-ATP)		
מתרחש ניצול של החמצן שמקורו בנשימה בריאות		
מתרחש תהליך כימי (החומרים משתנים והופכים לחומרים אחרים)		
מתרחש בכל יצור חי		



## שאלה 3:

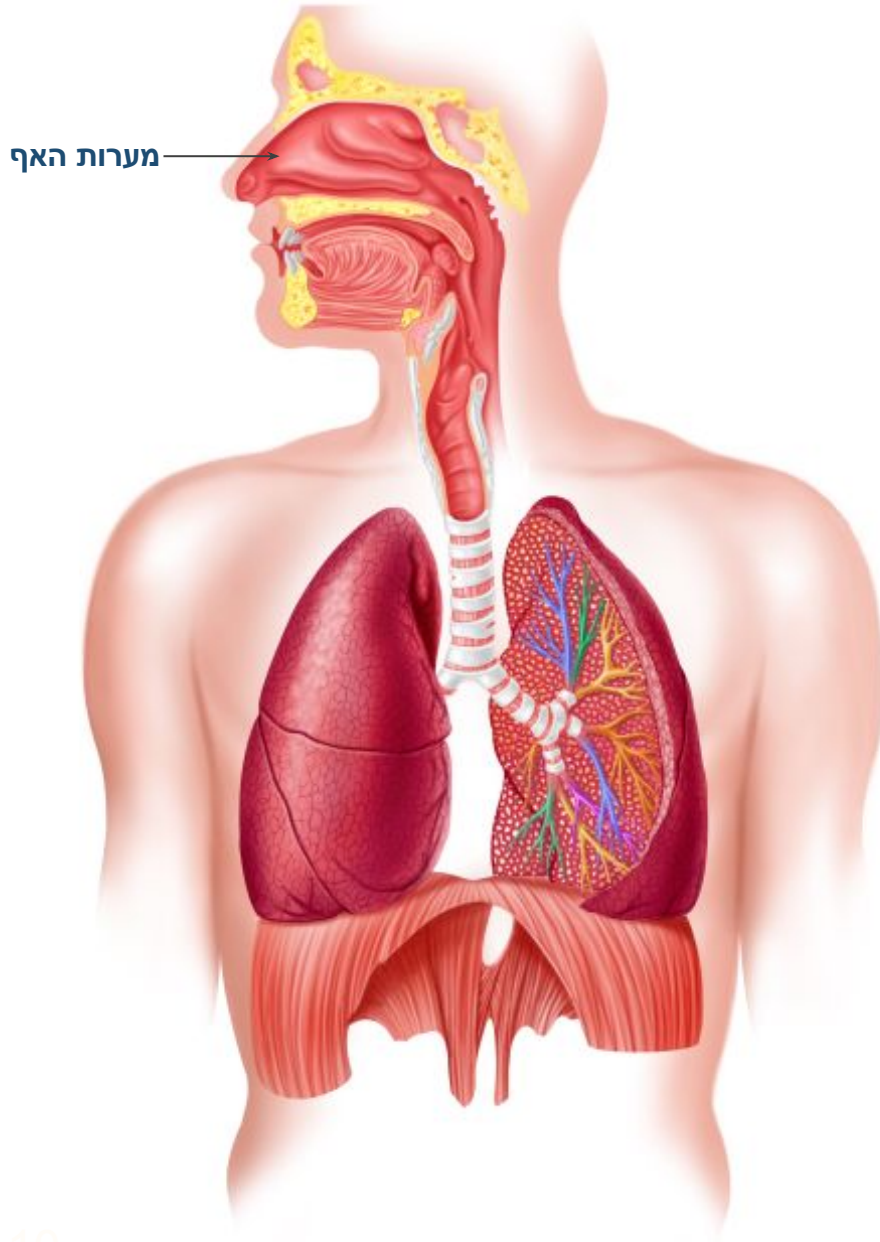
היגדים	נשימה בריאות	נשימה תאית
יש חילופי גזים בין הסביבה ובין הגוף	+	
מתרחש רק בתוך התאים		+
מתרחשת דיפוזיה של חמצן מן הנאדיות לדם, ודיפוזיה של פחמן דו-חמצני בכיוון ההפוך	+	
מתרחש פירוק של גלוקוז בנוכחות חמצן לשם יצירת אנרגיה (הנאגרת ב-ATP)		+
מתרחש ניצול של החמצן שמקורו בנשימה בריאות		+
מתרחש תהליך כימי (החומרים משתנים והופכים לחומרים אחרים)		+
מתרחש בכל יצור חי		+

\* לא כל האורגניזמים נושמים בריאות. לדוגמה, דגים נושמים בזימים; יצורים חד-תאיים כגון סנדלית או יצורים פשוטים כגון מדוזה קולטים את החמצן ישירות מן המים שבסביבה. אך כל אורגניזם חי מבצע נשימה תאית. ללא נשימה תאית אין אנרגיה בתאים, והחיים אינם יכולים להתקיים.

### שאלה 4:

כתבו את שמות האיברים המסומנים.  
היעזרו ברשימת האיברים.

מערות האף



### איברים

סרעפת

סימפונות

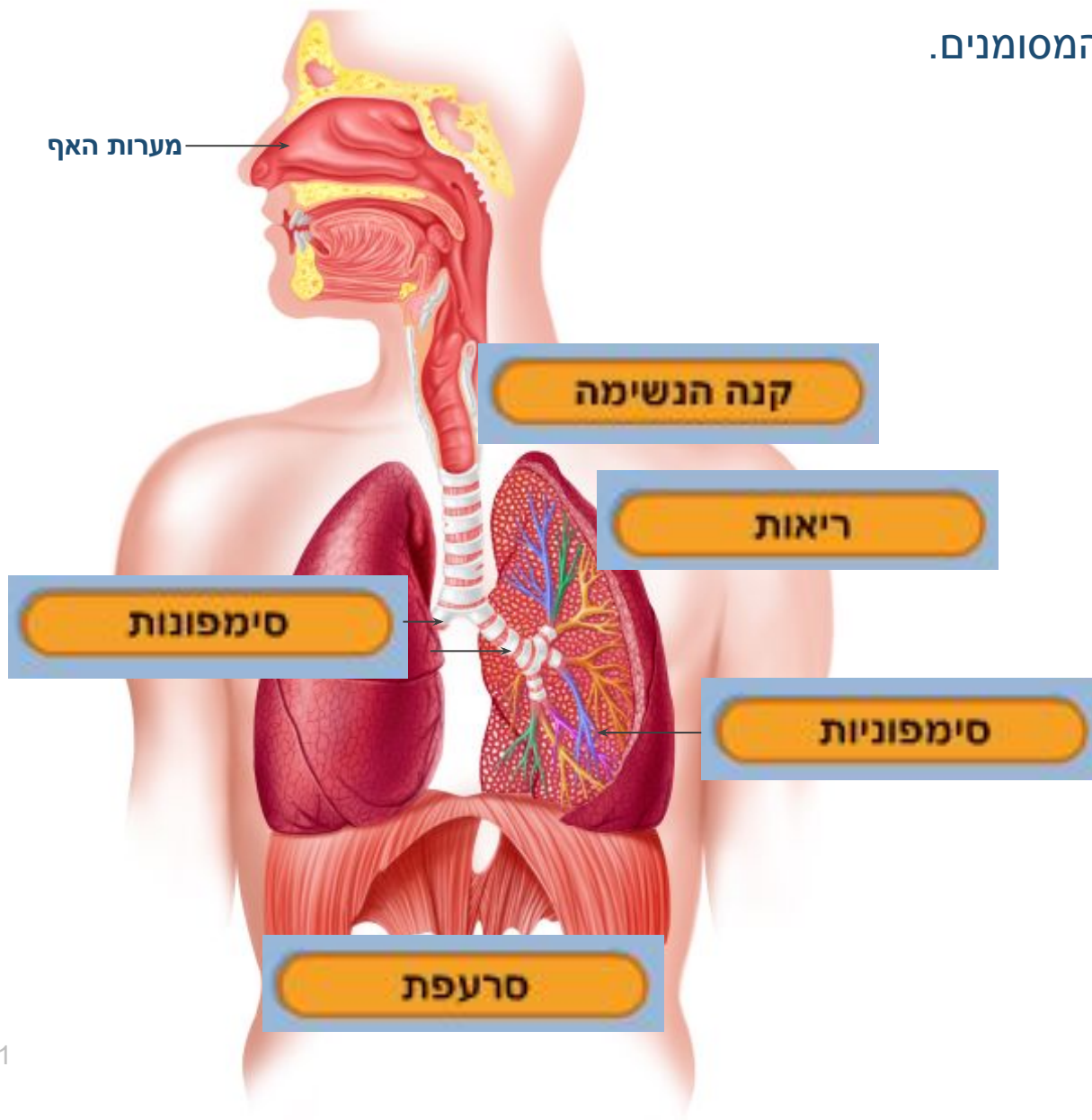
ריאות

סימפוניות

קנה הנשימה

שאלה 4:

כתבו את שמות האיברים המסומנים.  
היעזרו ברשימת האיברים.



## שאלה 5:

מלאו את הטבלה הבאה, העוסקת ברמות ארגון במערכת הנשימה. היעזרו במילים הבאות:

תא סחוס

חמצן

רקמת סחוס בקנה

מערכת הנשימה

קנה

מיטוכונדריה

רמת ארגון	דוגמה ממערכת הנשימה
מולקולה	
אברונים	
תאים	
רקמות	
איברים	
מערכת	

## שאלה 5:

דוגמה ממערכת הנשימה	רמת ארגון
חמצן	מולקולה
מיטוכונדריה	אברונים
תא סחוס	תאים
רקמת סחוס בקנה	רקמות
קנה	איברים
מערכת הנשימה	מערכת

## יש צורך בסינון האוויר, חימומו, והרווייתו באדי מים לפני הגיעו לריאות

ביממה אחת, נכנסים את הריאות ויוצאים מהן כ-8,500 ליטר אוויר (נפח של כ- 850 דליים!).

בדרך כלל, טמפרטורת האוויר נמוכה מטמפרטורת הגוף, ולחות האוויר נמוכה יותר. אילו היה האוויר החם והיבש מגיע לריאות ובא במגע עם שטח הפנים הגדול של הריאות, היו נגרמים הפסד של חום מן הגוף אל האוויר והפסד של מים, שהיו מתאדים משטח הפנים הלח של הריאות אל האוויר – דבר זה היה גורם לפגיעה חמורה בהומאוסטזיס בגוף ולמצב מסכן חיים.

ועוד בעיה:

באוויר יש חלקיקי אבק וחלקיקי פסולת אחרים, שאם הם יגיעו לריאות, הם יישארו בהן ויגרמו נזק ומחלות.

בהמשך השיעור נדון במבנה האף, קנה הנשימה והסימפונות, המאפשר את חימום האוויר, הרווייתו באדי מים וסינונו מחלקיקים לפני הגיעו לריאות.

## מבנה האף מותאם לסינון האוויר, לחימומו ולהרווייתו באדי מים

התאמה לסינון האוויר מחלקיקים:

חלל האף מרופד בשערות אשר עוצרות את חלקיקי האבק והלכלוך שנמצאים באוויר ומונעות את כניסתם לריאות.

התאמה להרוויית האוויר באדי מים

מתחת לשערות יש קרומים לחים שמהם מים מתאדים אל האוויר.

חימום האוויר

בדרך כלל טמפרטורת האוויר נמוכה מטמפרטורת הקרומים באף (הטמפרטורה שלהם היא כ-  $37^{\circ}$ ), ולכן כאשר האוויר בא במגע עם הקרומים הוא מתחמם.

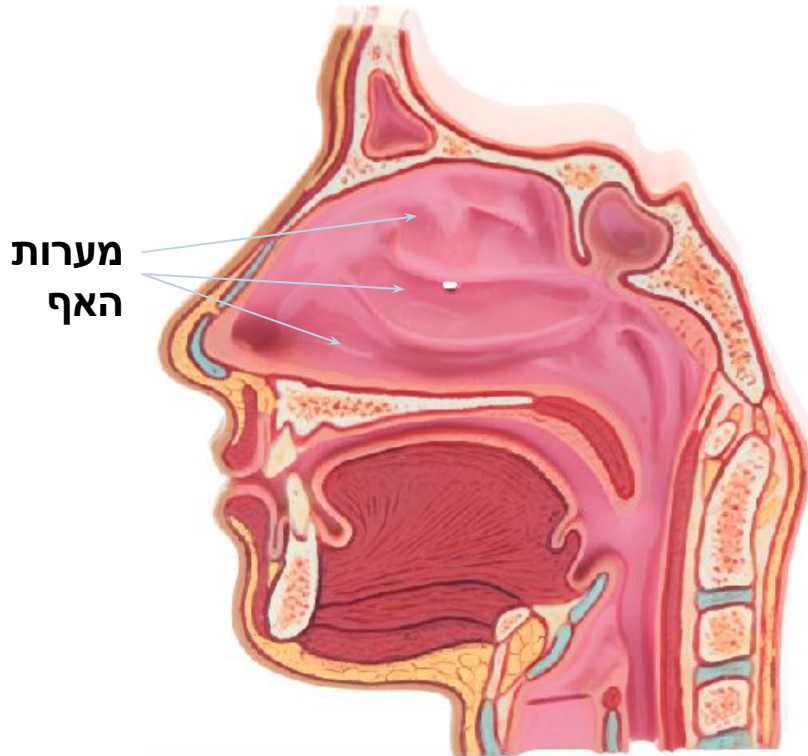
סינון האוויר, הרווייתו באדי מים וחימומו

מתבצעים ביעילות עקב הגדלת היחס בין

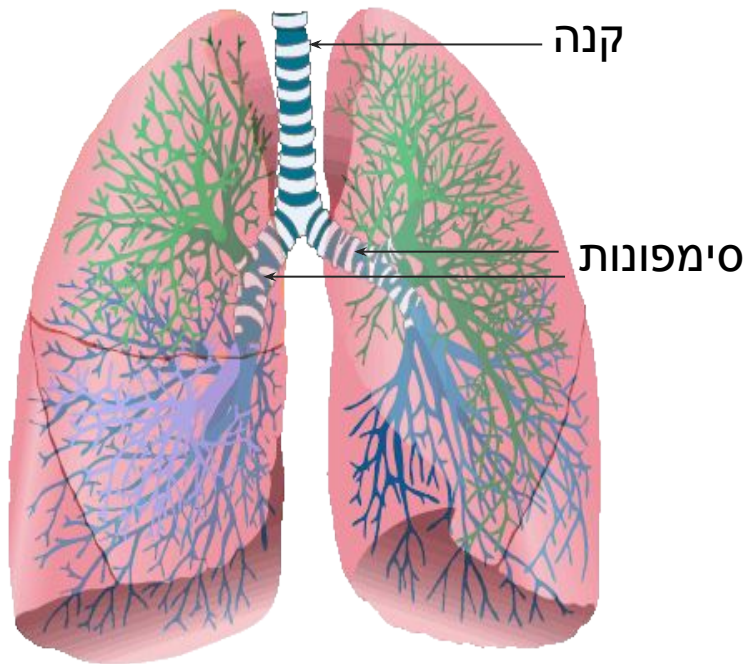
שטח הפנים של האף לנפח של פנים האף:

פנים האף בנוי בצורת מערכות של חללים בעלי דפנות מפותלות. החללים נקראים **מערות האף**.

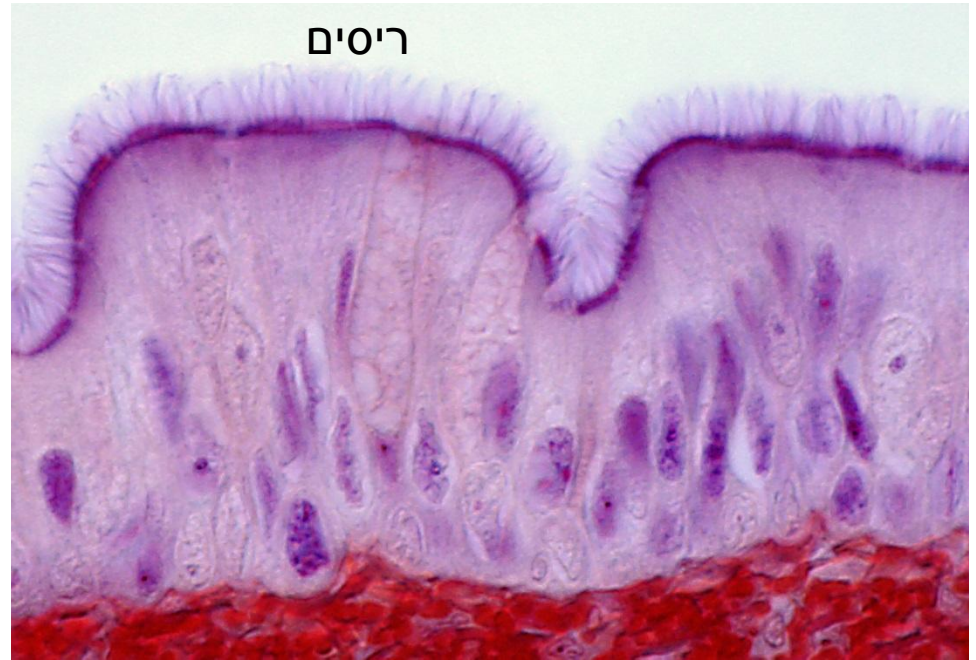
הפיתולים בדפנות של מערות האף גורמים להגדלת היחס בין שטח הפנים לבין הנפח של פנים האף, ולמגע רב יותר עם האוויר.



הדופן הפנימית של הקנה והסימפונות היא רירית ומכוסה ריסים זעירים. חלקיקי אבק, חיידקים וכו' המצויים באוויר, נדבקים לרירית ומוסעים בעזרת תנועת הריסים כלפי מעלה והחוצה.



ריסים



צילום מיקרוסקופי של הריסים  
בדופן הפנימית של הסימפונות

©Mikael Häggström (Wikimedia commons)

Jose Luis Calvo/ shutterstock.com



### שאלה 6:

הקנה והסימפונות בנויים מטבעות סחוס. טבעות הסחוס אינן שלמות בצד האחורי הפונה לוושט.

קשרו בעזרת מתיחת קווים בין תכונות המבנה של הקנה לבין היתרונות שהן מקנות.

### תכונות מבנה:

צינור הבנוי מסחוס

הצינור בנוי מטבעות סחוס

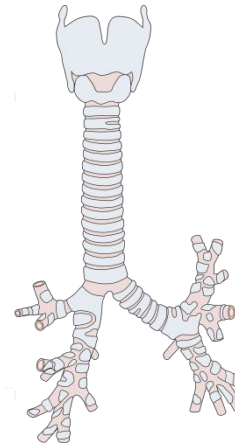
טבעות הסחוס אינן שלמות בצדן האחורי הפונה לוושט

### יתרונות:

מאפשר התרחבות הוושט בעת בליעת גוש מזון גדול על חשבון נפח הקנה.

צינור קשיח שאינו מתקפל ונסגר.

מאפשר גמישות ותנועות הטיה של הגוף (כגון הורדת הצוואר)



שאלה 6:

הקנה והסימפונות בנויים מטבעות סחוס. טבעות הסחוס אינן שלמות בצד האחורי הפונה לוושט.

קשרו בעזרת מתיחת קווים בין תכונות המבנה של הקנה לבין היתרונות שהן מקנות.

תכונות מבנה:

יתרונות:

צינור הבנוי מסחוס

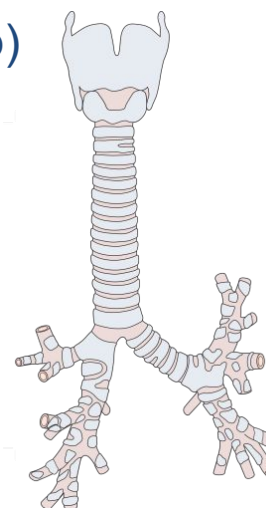
מאפשר התרחבות הוושט בעת בליעת גוש מזון גדול על חשבון נפח הקנה.

הצינור בנוי מטבעות סחוס

צינור קשיח שאינו מתקפל ונסגר\* (\*אם הקנה היה בנוי מצינור גמיש הוא היה נסתם בעת השאיפה בעת שנוצר לחץ נמוך במערכת הנשימה).

טבעות הסחוס אינן שלמות בצדן האחורי הפונה לוושט

מאפשר גמישות ותנועות הטיה של הגוף (כגון הורדת הצוואר)



## שאלה 7:

- א. כיצד מותאם מבנה מערות האף, הקנה והסימפונות לסינון האוויר מחלקיקים, להרווייתו באדי מים ולחימומו?
- ב. מדוע עדיף לנשום דרך האף ולא דרך הפה?
- ג. עישון פוגע בתנועת הריסים בקנה ובסימפונות, וכן גורם להפרשת ריר מוגברת. קשרו בין מידע זה לבין תופעת שיעול ופליטת ליחה, ושכיחות גבוהה של דלקות בדרכי הנשימה אצל מעשנים.



## שאלה 7:

- א. כיצד מותאם מבנה מערות האף, הקנה והסימפונות לסינון האוויר מחלקיקים, להרוויית באדי מים ולחימומו?
- ב. מדוע עדיף לנשום דרך האף ולא דרך הפה?
- ג. עישון פוגע בתנועת הריסים בקנה ובסימפונות, וכן גורם להפרשת ריר מוגברת. קשרו בין מידע זה לבין תופעת שיעול ופליטת ליחה, ושכיחות גבוהה של דלקות בדרכי הנשימה אצל מעשנים.

## תשובה:

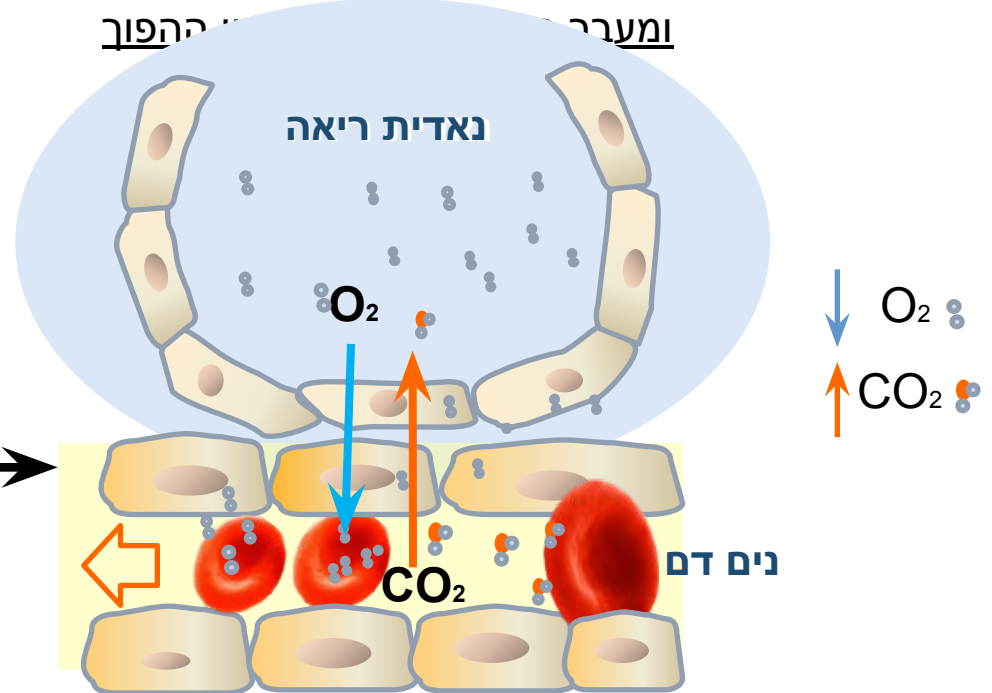
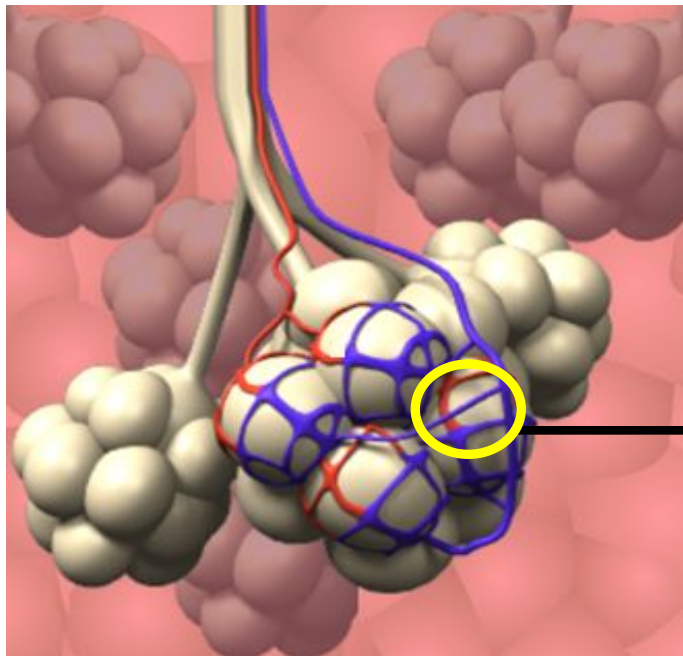
- א. במערות האף, הפיתולים גורמים להגדלת היחס בין שטח הפנים לנפח, ושכבת התאים החיצונית (האפיתל) היא רירית. כך יותר אוויר בא במגע עם האפיתל, והחלקיקים שבו נדבקים אליו. גם השערות עוזרות בסינון האוויר מחלקיקים.
- גם בקנה ובסימפונות יש אפיתל רירי, שהחלקיקים נדבקים אליו, וריסים שתנועתם גורמת להוצאת הריר החוצה. האוויר הבא במגע עם אפיתל מערות האף, הקנה והסימפונות, מתחמם ומתרווה באדי מים.
- ב. עדיף לנשום דרך האף ולא דרך הפה, כי האוויר הנכנס דרך הפה עובר פחות סינון, חימום והרוויה באדי מים בהשוואה לאוויר הנכנס דרך האף, ולכן יש יותר סיכוי להצטברות חלקיקים בריאות, ולאיבוד חום ומים מהן.
- ג. הריר מצטבר בדרכי הנשימה והריאות ואינו מוצא החוצה עקב הפגיעה בתנועת הריסים, ולכן הדרך היחידה להוציאו היא בעזרת שיעול. נוסף על כך, הפגיעה בתנועת הריסים מפחיתה את יכולת סינון החלקיקים וגורמת להצטברות גורמי מחלות שונים היוצרים דלקות חוזרות ונשנות.

## מעבר חמצן ופחמן דו-חמצני בתהליך דיפוזיה

בריאות מתרחש מעבר גזים: חמצן ( $O_2$ ) עובר בתהליך דיפוזיה מן האוויר בנאדיות, שבו ריכוזו גבוה, אל דם בנימים, שבו ריכוזו נמוך יותר. פחמן דו-חמצני ( $CO_2$ ) שמקורו בנשימה התאית בתאי הגוף, עובר בדיפוזיה בכיוון ההפוך.

מעבר חמצן מהנאדית לדם,

ומעבר  $CO_2$  מהתאים לנאדית



מולקולות נעות באקראי לכל הכיוונים. יש יותר סיכוי לתנועה מן המקום שבו ריכוז החומר גבוה למקום שבו ריכוז החומר נמוך. מעבר החומר בכיוון מפל הריכוזים שלו, כלומר ממקום שבו ריכוז החומר גבוה למקום שבו ריכוזו נמוך, נקרא דיפוזיה.

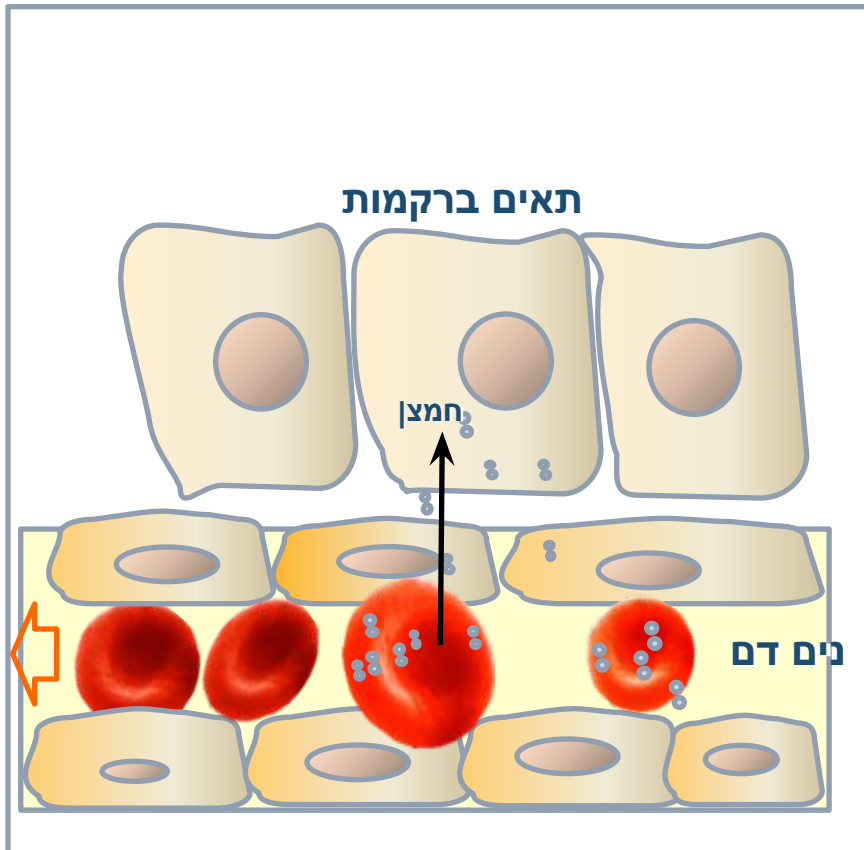
ריכוז נמוך של החומר

דיפוזיה

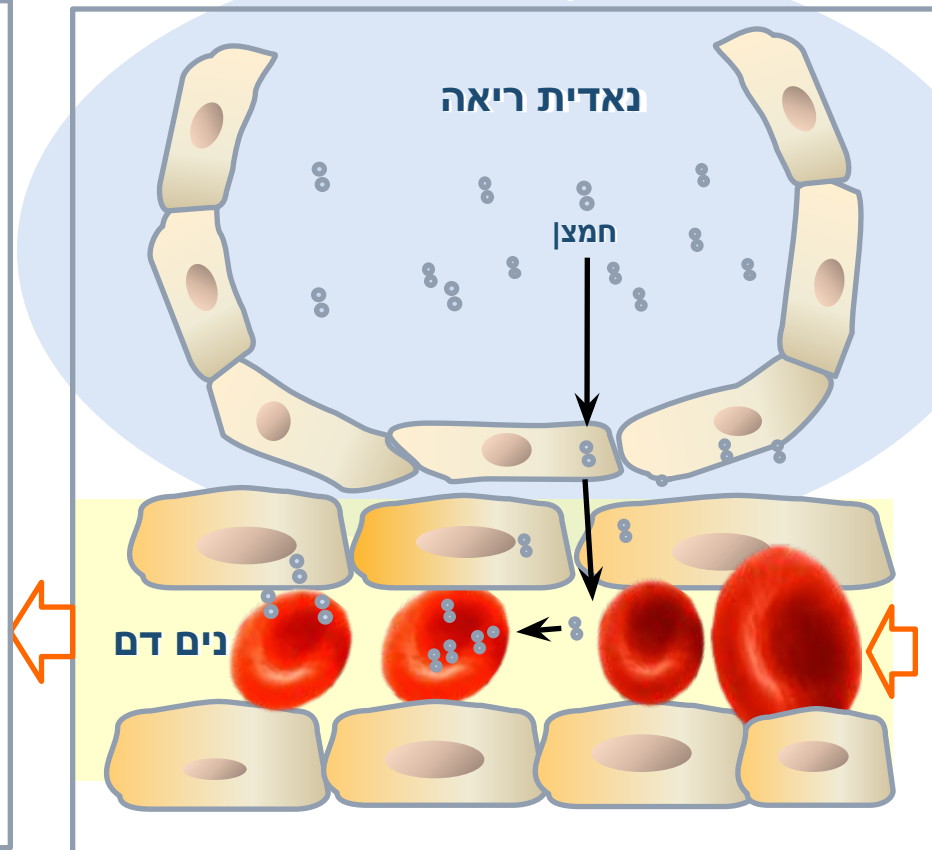
ריכוז גבוה של החומר

החמצן עובר מנאדיות הריאה אל נימי הדם בתהליך דיפוזיה. בדם הוא עובר מן הפלסמה אל תוך תאי הדם האדומים ונקשר למולקולות ההמוגלובין המצויות בתוך תאי הדם האדומים. בהגיע הדם לתאים, החמצן משתחרר מההמוגלובין וחודר אל התאים.

ברקמות:  
מעבר חמצן מנים הדם אל התאים



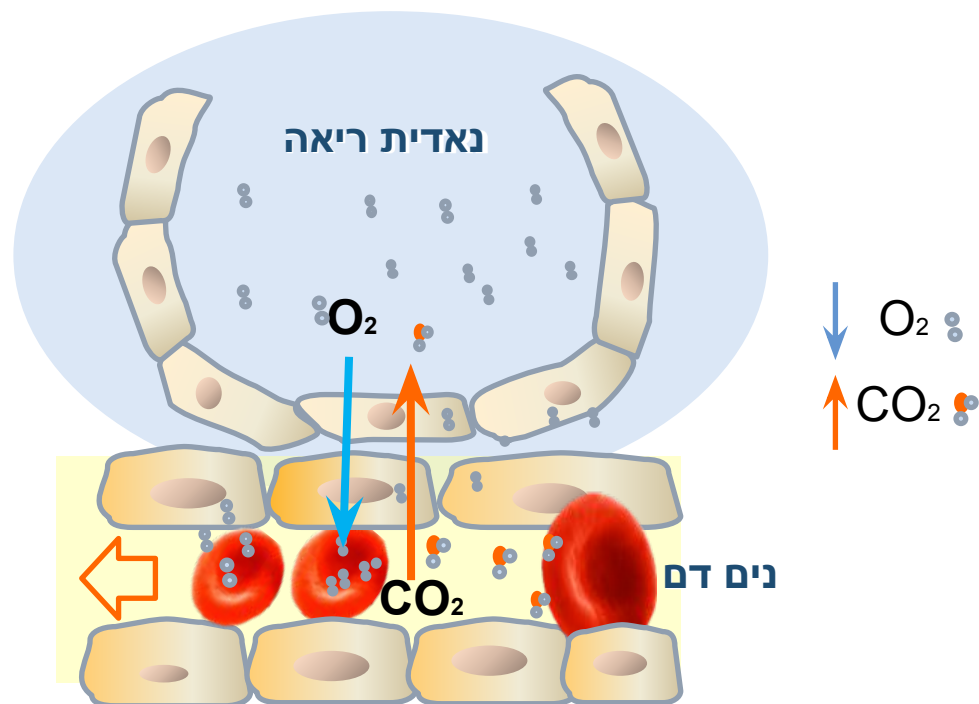
בריאות:  
מעבר חמצן מנאדית הריאה לנים הדם



צבע של ההמוגלובין משתנה בהיקשר החמצן אליו, מאדום כהה לאדום בהיר, ולכן משתנה צבע תאי הדם האדומים.

## שאלה 8:

ריכוז החמצן באוויר בנאדיות הריאה גדול מריכוזו בדם, וההפך בנוגע לפחמן הדו-חמצני. הסבירו את הגורם להפרשי ריכוזים אלו.



מעבר חמצן מהנאדית לדם, ומעבר פחמן דו-חמצני בכיוון ההפוך

## שאלה 8:

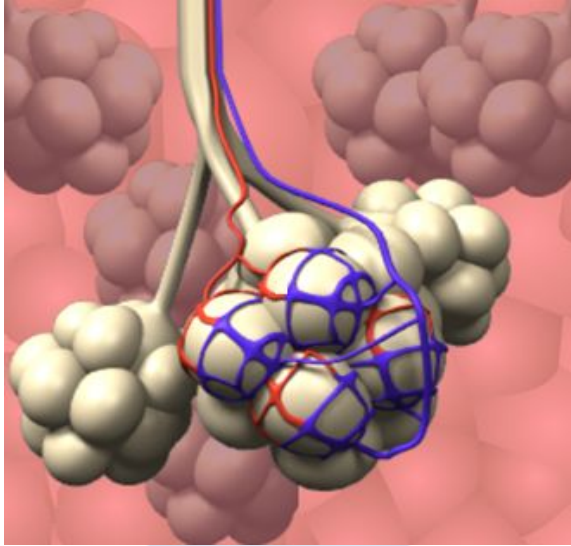
ריכוז החמצן באוויר בנאדיות הריאה גדול מריכוזו בדם, וההפך בנוגע לפחמן הדו-חמצני. הסבירו את הגורם להפרשי ריכוזים אלו.

## תשובה:

בעת שהדם זורם בקרבת תאי הגוף, החמצן עובר מן הדם אל התאים, ופחמן דו-חמצני עובר מן התאים לדם. עקב כך, הדם עשיר יחסית בפחמן דו-חמצני ועני יחסית בחמצן. הדם זורם אל הלב וממנו אל הריאות. ריכוז החמצן באוויר הנכנס אל נאדיות הריאה הוא גבוה יחסית, וריכוז הפחמן הדו-חמצני נמוך. עקב כך מתקיים מפל ריכוזים של הגזים: ריכוז החמצן גבוה בנאדיות יותר מריכוזו בדם, וריכוז הפחמן הדו-חמצני גבוה בדם יותר מריכוזו בנאדיות.



## נאדיות הריאה: התאמות בין מבנה לתפקוד



תהליך הדיפוזיה מתבצע ביעילות הודות ל:

### שטח פנים גדול לעומת הנפח

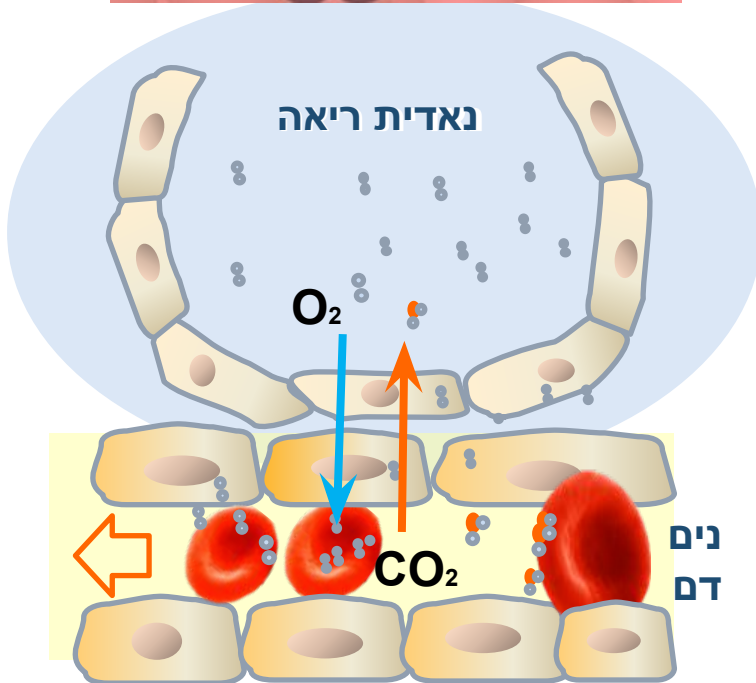
בריאותיו של אדם יש כ-300 מיליון נאדיות, ששטח פניהן הכולל מגיע לכ-80 מ"ר. הפיצול למספר עצום של נאדיות קטנות גורם להגדלת היחס בין שטח הפנים לנפח שלהן ומאפשר קצב דיפוזיה מהיר יותר. לנאדיות צמודים נימי דם, שגם שטח הפנים שלהם גדול.

### מרחק דיפוזיה קטן

דופן הנאדיות ודופן נימי הדם מורכבות משכבת תאים אחת. נימי הדם צמוד לנאדית, לכן מרחק הדיפוזיה של החמצן מן הנאדית אל הדם ושל הפחמן הדו-חמצני מן הדם אל הנאדית קצר.

### סביבה לחה

דופנות הנאדיות הפנימיות מכוסות בשכבת נוזל דקה. הנוזל מאפשר דיפוזיה של גזים אל הנאדיות הודות למסיסות הגזים בנוזל.



### שאלה 9:

בריאות מתרחשת דיפוזיה של חמצן מנאדיות הריאה לנימי הדם בריאה. הסבירו כיצד כל אחד מן הגורמים הבאים משפיע על קצב הדיפוזיה של החמצן: ריכוז חמצן נמוך באוויר במקומות גבוהים

הצטברות מזהמים מעשן סיגריות בנאדיות הריאה

אף סתום עקב הצטננות

התכווצות הסימפונות עקב התקף של מחלת הקצרת (אסטמה)

## שאלה 9:

בריאות מתרחשת דיפוזיה של חמצן מנאדיות הריאה לנימי הדם בריאה. הסבירו כיצד כל אחד מן הגורמים הבאים משפיע על קצב הדיפוזיה של החמצן:

ריכוז חמצן נמוך באוויר במקומות גבוהים – ריכוז החמצן באוויר במקומות גבוהים הוא נמוך, ולכן ריכוז החמצן באוויר הנכנס לנאדיות יהיה נמוך מן הרגיל, ומפל הריכוזים של החמצן בין הנאדיות לדם יהיה קטן יותר, ולכן קצב הדיפוזיה שלו לדם יהיה אֶטִי יותר.

הצטברות מזהמים מעשן סיגריות בנאדיות הריאה – המזהמים שוקעים בריאות וגורמים להקטנת שטח הפנים הזמין לחילופי הגזים. קצב הדיפוזיה של החמצן יואֶט. (ונוסף על כך נגרמים נזקים ומחלות קשות שבהם נדון בהמשך השיעור).

אף סתום עקב הצטננות – דרכי הנשימה חסומות חלקית ולכן פחות אוויר חודר לריאות. קצב הדיפוזיה של החמצן יואֶט.

התכווצות הסימפונות עקב התקף של מחלת הקצרת (אסטמה) – דרכי הנשימה חסומות חלקית ולכן פחות אוויר חודר לריאות. קצב הדיפוזיה של החמצן יואֶט.

### שאלה 10:

**סיסטיק פיברוזיס** היא מחלה תורשתית קשה המשפיעה על הריאות ועל איברים אחרים בגוף. אצל אנשים בריאים מופרש מתאי האפיתל של הקנה והסימפונות ריר מימי, שאליו נדבקים חלקיקים המצויים באוויר כגון חיידקים וגרגירי אבק. הריר עם החלקיקים שנדבקו אליו מוצא החוצה בעזרת תנועת הריסים, הבולטים מאפיתל הקנה והסימפונות. אצל חולי סיסטיק פיברוזיס, הריר המופרש סמיך מאוד ומקשה מאוד על תנועת הריסים. החולים סובלים מקשיי נשימה ומדלקות חוזרות ונשנות בדרכי הנשימה ובריאות. הסבירו תסמינים אלו.

## שאלה 10:

**סיסטיק פיברוזיס** היא מחלה תורשתית קשה המשפיעה על הריאות ועל איברים אחרים בגוף. אצל אנשים בריאים מופרש מתאי האפיתל של הקנה והסימפונות ריר מימי, שאליו נדבקים חלקיקים המצויים באוויר כגון חיידקים וגרגירי אבק. הריר עם החלקיקים שנדבקו אליו מוצא החוצה בעזרת תנועת הריסים, הבולטים מאפיתל הקנה והסימפונות. אצל חולי סיסטיק פיברוזיס, הריר המופרש סמיך מאוד ומקשה מאוד על תנועת הריסים. החולים סובלים מקשיי נשימה ומדלקות חוזרות ונשנות בדרכי הנשימה ובריאות. הסבירו תסמינים אלו.

## תשובה:

הריר שאינו מוצא החוצה מצטבר בריאות וגורם להקטנת שטח הפנים הזמין לנשימה. החיידקים מתרבים וגורמים לדלקות.

### שאלה 11:

לשני מיני כבשים (א' ו-ב') ריאות בעלות ממדים שווים. נאדיות הריאות של כבש א' גדולות יותר מנאדיות הריאות של כבש ב', אך מספרן הכולל קטן יותר מאשר מספרן בכבש ב'. מכאן שאצל כבש א':

- א. נפח הריאות ושטח הפנים של הריאות קטנים יותר משל כבש ב'
- ב. נפח ריאות זהה לנפח הריאות של כבש ב', אך שטח הפנים של הריאות קטן יותר.
- ג. נפח האוויר המגיע לריאות קטן יותר
- ד. קצב הנשימה אטי יותר

## שאלה 11:

לשני מיני כבשים (א' ו-ב') ריאות בעלות ממדים שווים. נאדיות הריאות של כבש א' גדולות יותר מנאדיות הריאות של כבש ב', אך מספרן הכולל קטן יותר מאשר מספרן בכבש ב'. מכאן שאצל כבש א':

- א. נפח הריאות ושטח הפנים של הריאות קטנים יותר משל כבש ב'
- ב. נפח ריאות זהה לנפח הריאות של כבש ב', אך שטח הפנים של הריאות קטן יותר.
- ג. נפח האוויר המגיע לריאות קטן יותר
- ד. קצב הנשימה אטי יותר

## תשובה:

תשובה ב'.

### שאלה 12:

כאשר משווים את האוויר השאוף לאוויר הנשוף, האוויר הנשוף מכיל:

- א. יותר פחמן דו-חמצני וחנקן ופחות חמצן
- ב. יותר פחמן דו-חמצני ופחות חמצן ואדי מים
- ג. פחות פחמן דו-חמצני וחמצן ויותר אדי מים
- ד. יותר פחמן דו-חמצני ואדי מים ופחות חמצן



## שאלה 12:

כאשר משווים את האוויר השאוף לאוויר הנשוף, האוויר הנשוף מכיל:  
א. יותר פחמן דו-חמצני וחנקן ופחות חמצן  
ב. יותר פחמן דו-חמצני ופחות חמצן ואדי מים  
ג. פחות פחמן דו-חמצני וחמצן ויותר אדי מים  
ד. יותר פחמן דו-חמצני ואדי מים ופחות חמצן

**תשובה:**

תשובה ד'.

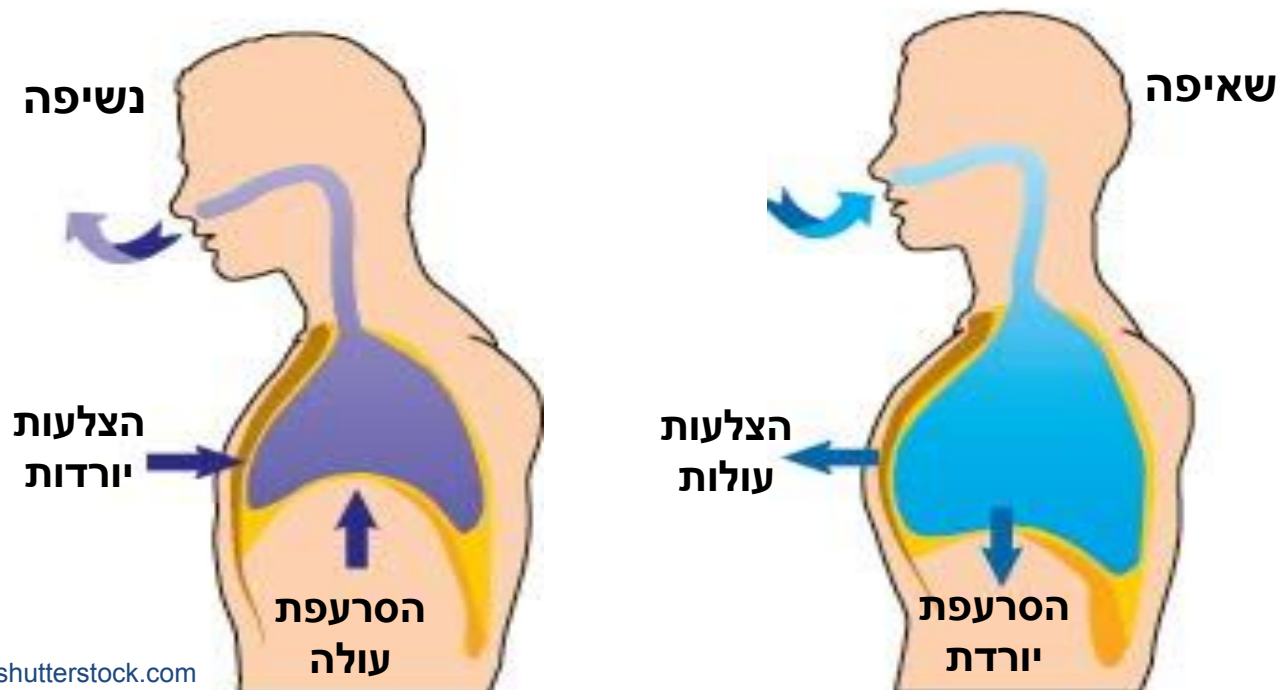
## תהליך השאיפה והנשיפה

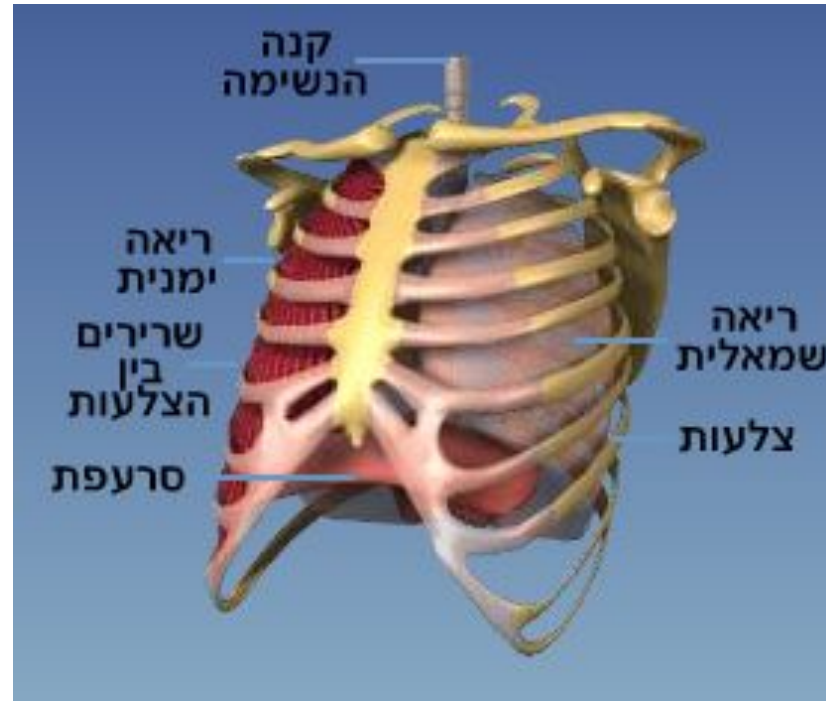
### שאיפה: תהליך אקטיבי

השרירים הבין-צלעתיים מתכווצים וגורמים להעלאת כל סל הצלעות ולהגדלת נפח בית החזה. הצלעות מושכות את הריאות. הסרעפת מתכווצת ויורדת. עקב כך, נפח בית החזה עולה, נפח הריאות עולה, הלחץ בריאות קטן ואוויר חודר מבחוץ אל הריאות. (אוויר עובר מלחץ גבוה לנמוך).

### נשיפה: תהליך פסיבי

השרירים הבין-צלעתיים מתרפים, הצלעות יורדות וגורמות להתכווצות הריאות. התרפות הסרעפת גורמת לעלייתה, וללחץ על הריאות. נפח הריאות קטן, הלחץ בהן עולה, ולכן האוויר יוצא החוצה. (גם במצב זה, האוויר עובר מלחץ גבוה לנמוך).





תהליך הנשימה

### שאלה 13:

לפניכם ארבעה משפטים, שרק אחד מהם נכון. המשפט הנכון הוא:

א. בשאיפה – הסרעפת יורדת, נפח בית החזה עולה, ולכן אוויר נכנס לריאות

ב. בשאיפה – אוויר נכנס לריאות, ולכן הסרעפת יורדת ונפח בית החזה עולה

ג. בנשיפה – הסרעפת יורדת, נפח בית החזה עולה, ולכן אוויר יוצא מן הריאות

ד. בנשיפה – אוויר יוצא מן הריאות, ולכן נפח בית החזה יורד והסרעפת מתרוממת

### שאלה 13:

לפניכם ארבעה משפטים, שרק אחד מהם נכון. המשפט הנכון הוא:

א. בשאיפה – הסרעפת יורדת, נפח בית החזה עולה, ולכן אוויר נכנס לריאות

ב. בשאיפה – אוויר נכנס לריאות, ולכן הסרעפת יורדת ונפח בית החזה עולה

ג. בנשיפה – הסרעפת יורדת, נפח בית החזה עולה, ולכן אוויר יוצא מן הריאות

ד. בנשיפה – אוויר יוצא מן הריאות, ולכן נפח בית החזה יורד והסרעפת מתרוממת

**תשובה:**

תשובה א'.

### שאלה 14:

פגיעה בתהליך הנשימה התאית בתאי השריר של השרירים הבין-צלעיים, תפגע בתהליכי השאיפה והנשיפה. מי מבין התהליכים יפגע ישירות – תהליך השאיפה או הנשיפה? הסבירו.

## שאלה 14:

האם פגיעה בתהליך הנשימה התאית בשרירים הבין-צלעיים תפגע ישירות בתהליך השאיפה או הנשיפה? הסבירו.

## תשובה:

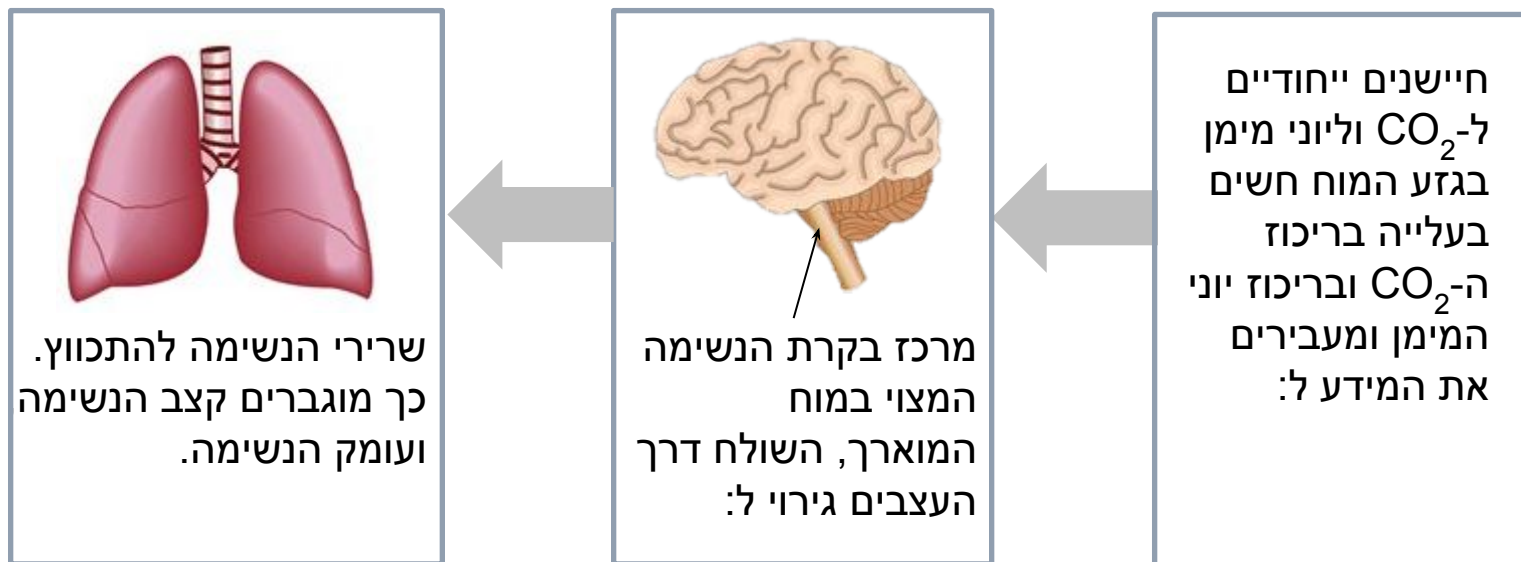
פגיעה בתהליך הנשימה בתאי השריר תגרום לירידה בכמות האנרגיה הזמינה הנחוצה לתהליך התכווצות התאים.

תהליך השאיפה כרוך בהתכווצות השרירים הבין-צלעיים, הגורמת להתרחבות בית החזה ולכניסת אוויר לריאות. תהליך זה צורך אנרגיה, ולכן ייפגע תהליך השאיפה. הנשיפה היא תהליך פסיבי, הנגרם עקב התרפות השרירים. התרפות השרירים אינה כרוכה בהשקעת אנרגיה, ולכן לא תיפגע הנשיפה.

- בתהליך הנשימה נכנס לגוף חמצן, המועבר לתאים ומנוצל לתהליך הנשימה התאית, ויוצא מן הגוף פחמן דו-חמצני שנוצר בתאים בתהליך הנשימה התאית.
- האוויר מן הסביבה החיצונית נכנס דרך האף או הפה ועובר אל הריאות דרך האף, הקנה והסמפונות. בדרכו האוויר עובר סינון, לחלוח וחימום.
- חילופי הגזים בין נאדיות הריאה לנימי הדם נעשה בדיפוזיה על פי מפל הריכוזים של כל גז: חמצן עובר מן הנאדיות אל הדם, ופחמן דו-חמצני עובר מן הדם לנאדיות.
- שטח הפנים הגדול והלח של הנאדיות והקרום הדק שלהן ושל נימי הדם מאפשר דיפוזיה מהירה ויעילה.
- השאיפה היא תהליך אקטיבי – היא כרוכה בהתכווצות השרירים הבין-צלעיים ובהתכווצות הסרעפת. פעולות אלו גורמות, להרחבת בית החזה והריאות ולכניסת אוויר אל הריאות.
- הנשיפה היא תהליך פסיבי – התרפות השרירים גורמת לירידת הצלעות, להתכווצות הריאות וליציאת האוויר מתוכן.



פעולת הנשימה היא פעולה קצבית ובלתי רצונית. על פעולת הנשימה מפקח מרכז הנשימה המצוי בגזע המוח. קצב הנשימה נקבע בעיקר על פי ריכוז הפחמן הדו-חמצני ועל פי ריכוז יוני המימן\* בדם (ובמידה פחותה על פי ריכוז החמצן בדם) באופן הבא:



כך קורה:

- בין נשימה לנשימה.
- בעת פעילות גופנית, קצב הנשימה ועומק הנשימה מוגברים באותה הדרך. בדרך זו נשמר בדם ההומאוסטזיס של ריכוז הפחמן הדו-חמצני והחמצן, כלומר: ריכוז החמצן אינו יורד מן הערך התקין, וריכוז הפחמן הדו-חמצני אינו עולה מעל לערך התקין.

\*מקור יוני המימן הוא בחומצה פחמתית שנוצרת מהתגובה בין פחמן דו-חמצני ומים. החומצה הפחמתית מתפרקת ליוני מימן. נעסוק בכך במצגת מערכת ההובלה – רקמת הדם בהקשר של דרכי הובלת פחמן דו-חמצני בדם.

### שאלה 15:

בזמן פעילות גופנית, ריכוז הפחמן הדו-חמצני בדם עולה, וריכוז החמצן יורד. הסבירו מדוע.

## שאלה 15:

בזמן פעילות גופנית, ריכוז הפחמן הדו-חמצני בדם עולה, וריכוז החמצן יורד. הסבירו מדוע.

### תשובה:

בזמן פעילות גופנית, קצב הנשימה בתאי השרירים עולה כדי לספק אנרגיה לתהליך ההתכווצות. קצב קליטת החמצן מן הדם לתאי השרירים עולה\*, ולכן ריכוז החמצן בדם יורד. פחמן דו-חמצני שנוצר בתהליך הנשימה התאית, יוצא מתאי השרירים לדם, ולכן ריכוזו בדם עולה. \* עקב הניצול המוגבר של חמצן בתהליך הנשימה בתאי השרירים, ריכוזו בתאים יורד והפרש ריכוזי החמצן בין התאים לדם גדל. לכן קצב הדיפוזיה של החמצן לתאים גדל וריכוזו בדם יורד

### שאלה 16:

הגורם העיקרי המצוי בדם אשר מווסת את קצב הנשימה הוא:

א. ריכוז החמצן

ב. ריכוז הפחמן הדו-חמצני

ג. ריכוז השתן

ד. ריכוז הגלוקוז

**שאלה 16:**

הגורם העיקרי המצוי בדם אשר מווסת את קצב הנשימה הוא:

א. ריכוז החמצן

ב. ריכוז הפחמן הדו-חמצני

ג. ריכוז השתן

ד. ריכוז הגלוקוז

**תשובה:**

משפט ב'.

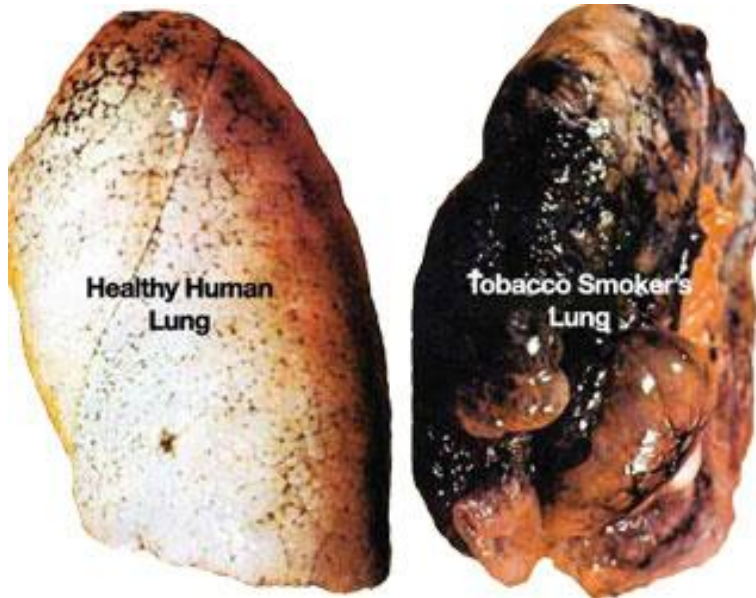
גם ריכוז החמצן משפיע על ויסות קצב הנשימה, אך במידה פחותה מריכוז הפחמן הדו-חמצני.

- הנשימה היא פעולה בלתי רצונית והיא מבוקרת על ידי מרכז הנשימה במוח.
- קצב הנשימה ועומק הנשימה משתנים על פי פעילות הגוף.
- בעת פעילות גופנית קצב הנשימה ועומק הנשימה מתגברים, ובכך מובטחת אספקת החמצן לרקמות, ונשמר ההומאוסטזיס בנוגע לריכוז קבוע של חמצן ופחמן דו-חמצני בדם.
- הגורם העיקרי המשפיע על קצב הנשימה התאית הוא ריכוז הפחמן הדו-חמצני וריכוז יוני המימן בדם. חיישנים ייחודיים במוח חשים בשינויים בריכוזם. המידע מועבר למרכז הנשימה, והוא שולח גירויים לשרירי הנשימה להגביר או להאט את קצב הנשימה.

### מונחים (מהסילבוס):

בית החזה, המוגלובין, חילוף גזים, לחץ אוויר, נאדיות הריאה, נשיפה, סרעפת, קנה נשימה, קצב נשימה, ריאות, שאיפה, חומצה פחמתית, מרכז הנשימה במוח.

- עשן סיגריות מכיל כ-400! חומרים רעילים, מקצתם מוצקים ומקצתם גזים.



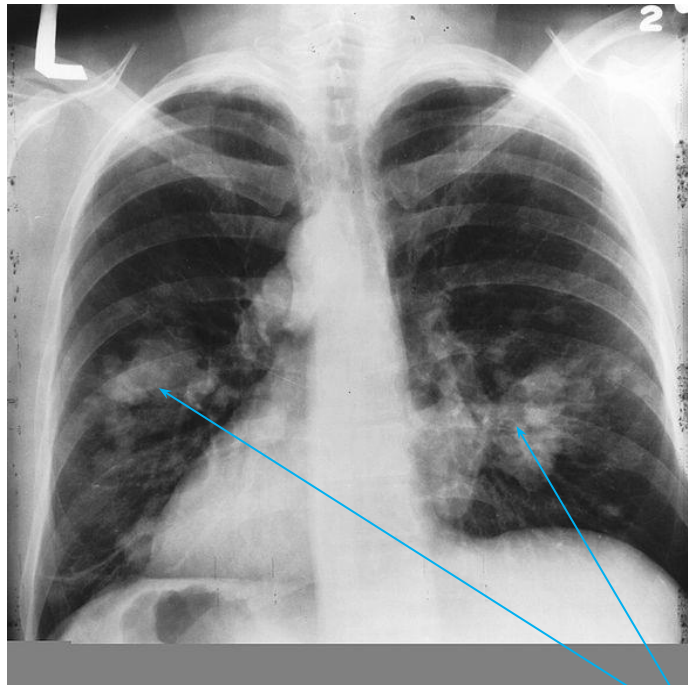
United States: NIH, National Institute on Drug Abuse

- החומרים המוצקים (כגון ניקוטין), הדומים בהרכבם לנפט ולזפת, שוקעים ומצטברים בריאות וגורמים לפגיעה בתהליך הנשימה ולעלייה ניכרת ביותר במחלת הסרטן ובמחלות שונות של מערכת הנשימה.

- החומרים הגזיים חודרים לדם ולתאי הגוף, פוגעים במערכות הגוף וגורמים למחלות רבים מחומרים אלו הוכחו בתור גורמי סרטן. בין הגזים מצויים הרעלים **פחמן חד-חמצני**, המתקשר להמוגלובין בדם ומונע את קישור החמצן, **וציאניד**, הפוגע בתהליך הנשימה בתאים.
- בכל שנה, ברחבי העולם, כחמישה מיליון איש מתים מעישון.
- שיעור המקרים של אין-אונות (אימפוטנציה, בעיה בתפקוד המיני) בקרב גברים מעשנים גבוה בכ-85% יותר מאשר בקרב גברים שאינם מעשנים. העישון הוא הגורם המרכזי לאין-אונות.

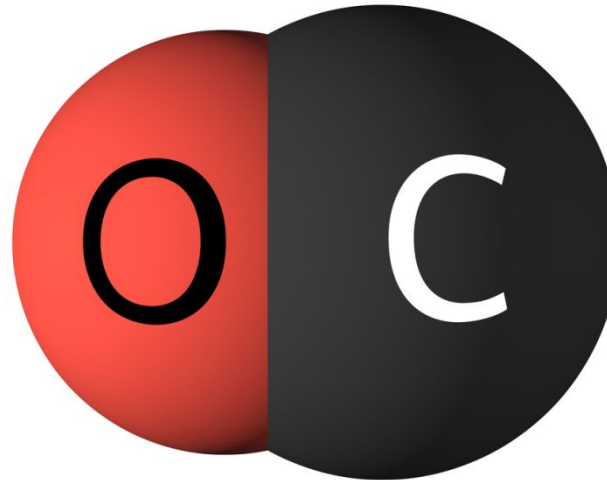
- רבים מהחומרים המצויים בעשן הוכחו כגורמי סרטן.
- מעל ל-85% ממקרי סרטן הריאה נגרמו בגלל עישון.
- העישון מגביר את הסיכוי לחלות גם בסוגי סרטן אחרים.
- 30% מכלל התמותה מסרטן נגרמת עקב עישון.
- גם המעשנים הפסיביים, אלה המצויים בחברת המעשנים ניזוקים.

ריאות נגועות בגידולים סרטניים (הכתמים הלבנים)





עשן הסיגריות מכיל את הגז פחמו חד-חמצני (CO).



Guzhanin/ shutterstock.com

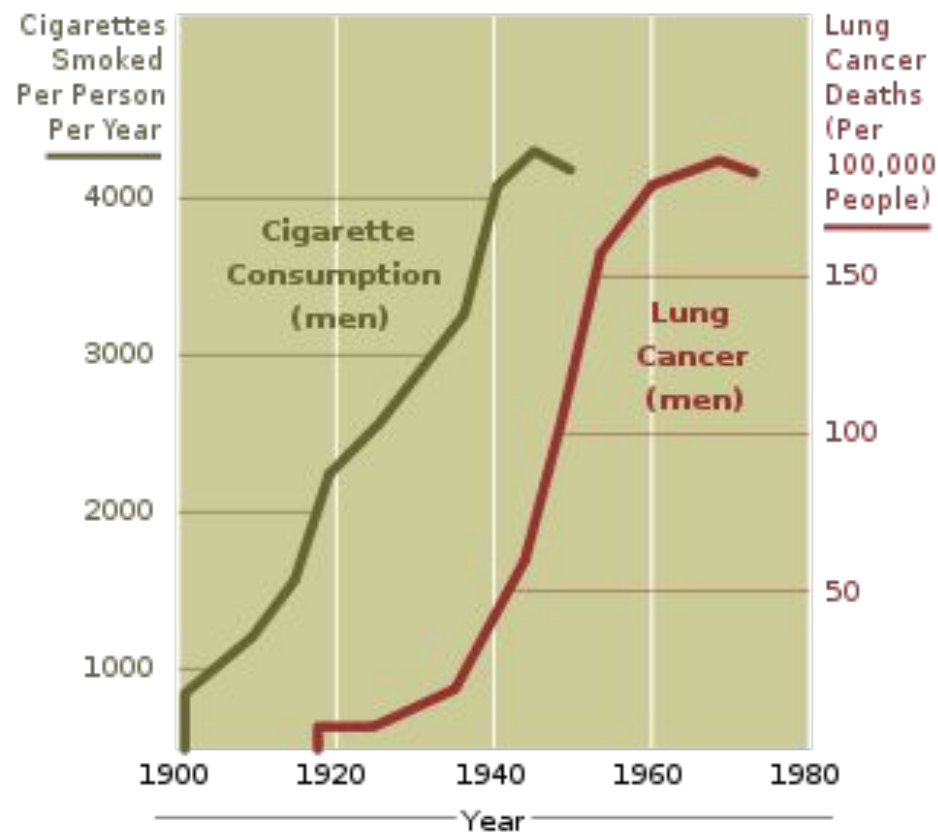
פחמן חד-חמצני הוא גז רעיל בשל נטייתו החזקה להתקשר להמוגלובין הגבוהה פי 250 מזו של החמצן. הפחמן החד-חמצני מתחרה עם החמצן על אותם אתרי הקישור במולקולות ההמוגלובין, ולכן התקשרותו להמוגלובין גורמת להקטנת כמות החמצן המועברת בדם. עקב כך, הלב צריך להגביר את פעילותו ולהזרים יותר דם לרקמות כדי לספק את כמות החמצן הדרושה. לאורך זמן, העומס המוגבר על הלב פוגע בתפקוד הלב ומעלה את הסיכוי למחלות לב.

חשיפה לפחמן חד חמצני גורמת גם לעלייה ברמת השומנים בדם ומעלה את הסיכוי לטרשת עורקים.

## שאלה 17:

לאחר מלחמת העולם הראשונה חלה עלייה תלולה בצריכת סיגריות בעולם. לדעתכם, האם יש לכך קשר לעלייה בשכיחות סרטן הריאות?

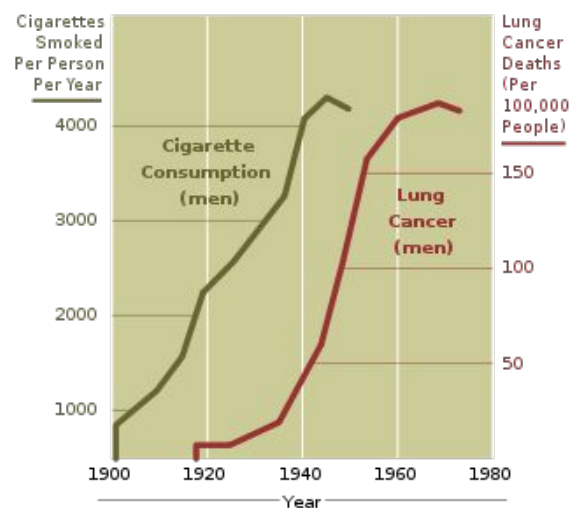
**20-Year Lag Time Between Smoking and Lung Cancer**



## שאלה 17:

לאחר מלחמת העולם הראשונה חלה עלייה תלולה בצריכת סיגריות בעולם. לדעתכם, האם יש לכך קשר לעלייה בשכיחות סרטן הריאות?

20-Year Lag Time Between Smoking and Lung Cancer



## תשובה:

יש מתאם ברור בין שכיחות העישון לבין שכיחות החולים בסרטן הריאות. הפרש הזמנים נובע מכך שבדרך כלל, הסרטן מופיע אחרי שנים של עישון.

- עשן הסיגריות מכיל כ-400 חומרים שונים, חלקם מוצקים וחלקם גזים.
- החומרים המוצקים (כגון ניקוטין ועטרן), הדומים בהרכבם לנפט ולזפת, שוקעים ומצטברים בריאות וגורמים לפגיעה בתהליך הנשימה ולעלייה ניכרת ביותר במחלת הסרטן ובמחלות שונות של מערכת הנשימה.
- החומרים הגזיים חודרים לדם ולתאי הגוף, פוגעים במערכות הגוף וגורמים למחלות. רבים מחומרים אלו הוכחו בתור גורמי סרטן. בין הגזים מצויים הרעלים פחמן חד-חמצני, המתקשר להמוגלובין בדם ומונע את קישור החמצן, וציאניד, הפוגע בתהליך הנשימה בתאים.

**מונחים (מהסילבוס):**  
ניקוטין, עטרן, פחמן חד חמצני (CO).

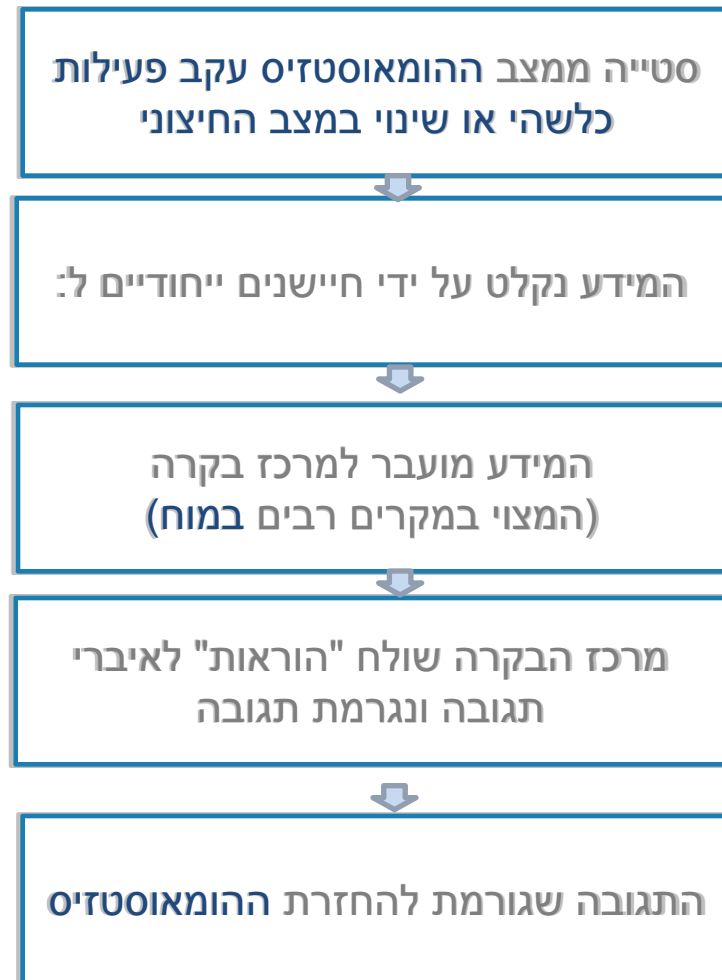
## שאלה 18:

השלימו את התרשים העוסק בשמירת ההומאוסטזיס בגוף בנוגע לריכוז החמצן והפחמן הדו-חמצני בדם.

### שמירה על ריכוז קבוע של חמצן ופחמן דו-חמצני בדם



### פירוט השלבים



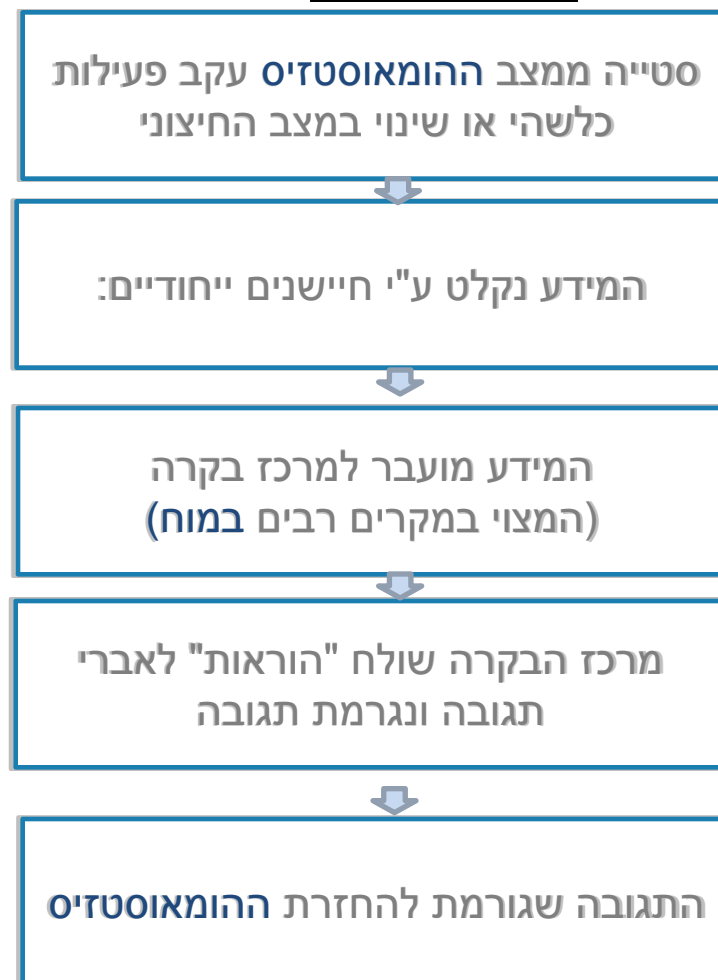
## שאלה 18:

השלימו את התרשים העוסק בשמירת ההומאוסטזיס בגוף בנוגע לריכוז החמצן והפחמן הדו-חמצני בדם.

שמירה על ריכוז קבוע של חמצן ופחמן דו-חמצני בדם

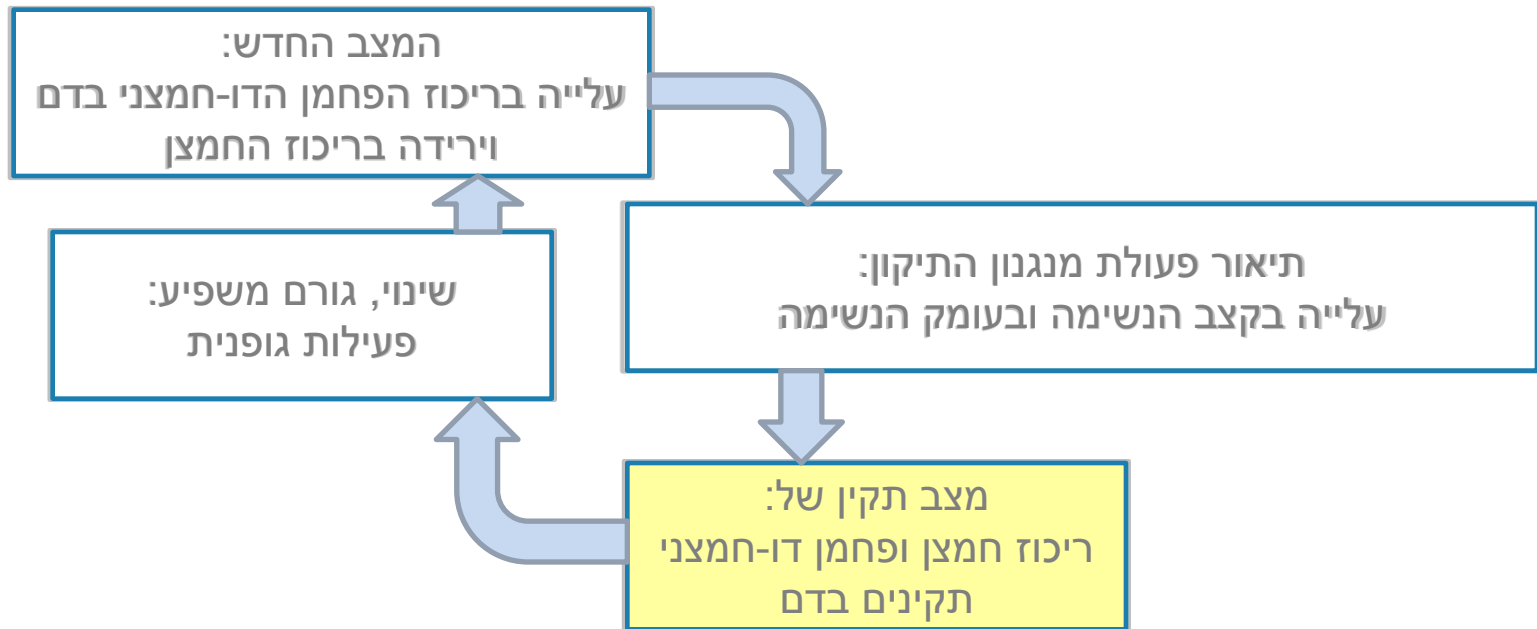


פירוט השלבים



### שאלה 19:

המנגנונים לשמירת ההומאוסטזיס פועלים בדרך של משוב שלילי. במנגנון משוב שלילי, שינוי התנאים בסביבה הפנימית מעורר "תגובה הפוכה" המחזירה את התנאים לקדמותם. הסבירו את המשוב השלילי המתואר בתרשים.



### שאלה 19:

המנגנונים לשמירת ההומאוסטזיס פועלים בדרך של משוב שלילי. במנגנון משוב שלילי, שינוי התנאים בסביבה הפנימית מעורר "תגובה הפוכה" המחזירה את התנאים לקדמותם. הסבירו את המשוב השלילי המתואר בתרשים.

### תשובה:

עלייה ברמת הפחמן הדו-חמצני בדם מעוררת את פעולת המנגנון לשמירת ההומאוסטזיס (הגברת קצב הנשימה ועומק הנשימה), הגורמת לירידת ריכוז הפחמן הדו-חמצני בדם (ולעלייה בריכוז החמצן) ולחזרה למצב ההומאוסטזיס.



## שאלה 20: טבלת השוואה בין מערכת הנשימה ומערכת העיכול

### שאלה 20:

שאלה זו עוסקת בהשוואה בין מערכת הנשימה לבין מערכת העיכול. מלאו את הטבלה בעזרת הוספת + או – או מחיקת המיותר.

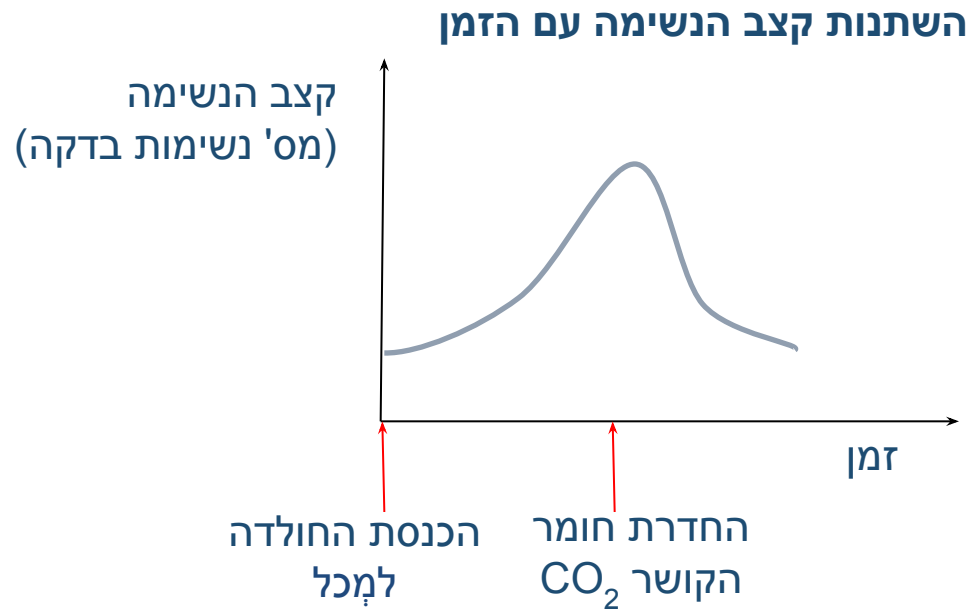
תכונה	מערכת העיכול	מערכת הנשימה
קולטת חומרים מן הסביבה החיצונית		
החומרים הנקלטים מן הסביבה החיצונית הם רק חומרים אנאורגניים		
פולטת חומרים לסביבה החיצונית		
החומרים הנקלטים עוברים שינוי כימי אנזימתי במערכת		
החומרים מועברים מן המערכת למערכות גוף אחרות		
יש במערכת תופעות של הגדלת היחס שטח פנים/נפח.		
פעילות המערכת מוגברת/מוקטנת בעת פעילות גופנית		
מערכת ההובלה מעבירה את החומרים ממנה למערכות גוף אחרות		
קצב פעולת המערכת אינו קבוע לאורך היממה		

## שאלה 20:

שאלה זו עוסקת בהשוואה בין מערכת הנשימה לבין מערכת העיכול. מלאו את הטבלה בעזרת הוספת + או – או מחיקת המיותר.

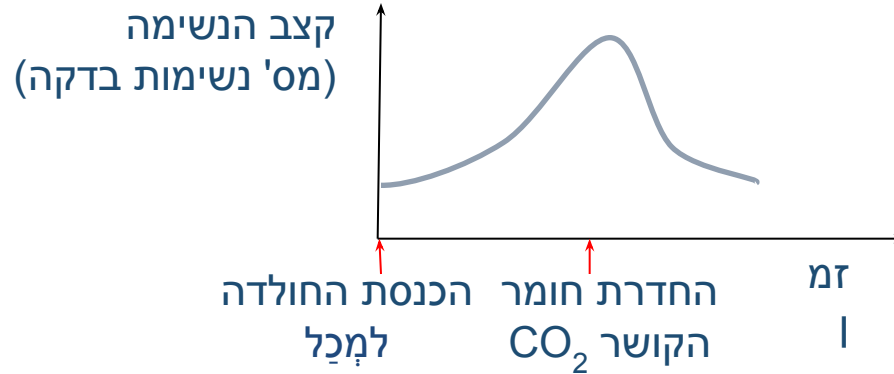
תכונה	מערכת העיכול	מערכת הנשימה
קולטת חומרים מן הסביבה החיצונית	+	+
החומרים הנקלטים מן הסביבה החיצונית הם רק חומרים אנאורגניים	-	+
פולטת חומרים לסביבה החיצונית	+	+
החומרים הנקלטים עוברים שינוי כימי אנזימתי במערכת	+	-
החומרים מועברים מן המערכת למערכות גוף אחרות	+	+
יש במערכת תופעות של הגדלת היחס שטח פנים/נפח.	+	+
פעילות המערכת מוגברת/מוקטנת בעת פעילות גופנית	מוקטנת	מוגברת
מערכת ההובלה מעבירה את החומרים ממנה למערכות גוף אחרות	+	+
קצב פעולת המערכת אינו קבוע לאורך היממה	+	+

**שאלה 21:** בגרות 2011 (השאלה וסעיף א' לקוחים מפרק בחירה) הכניסו חולדה למכל ואטמו את המכל. 10 דקות לאחר מכן החדירו למכל חומר הקושר  $\text{CO}_2$ . מדדו את קצב הנשימה של החולדה במשך 20 דקות מרגע הכנסתה למכל. בגרף שלפניכם מוצגות תוצאות המדידה.



א. הסבירו את השינוי בקצב הנשימה של החולדה עד להחדרת החומר הקושר  $\text{CO}_2$ , ואת השינוי בקצב הנשימה לאחר החדרת החומר.

שאלה 21: בגרות 2011:

**תשובה:**

א. ריכוז הפחמן הדו-חמצני בדם קובע את קצב הנשימה התאית, כשהוא עולה קצב הנשימה עולה ולהפך.

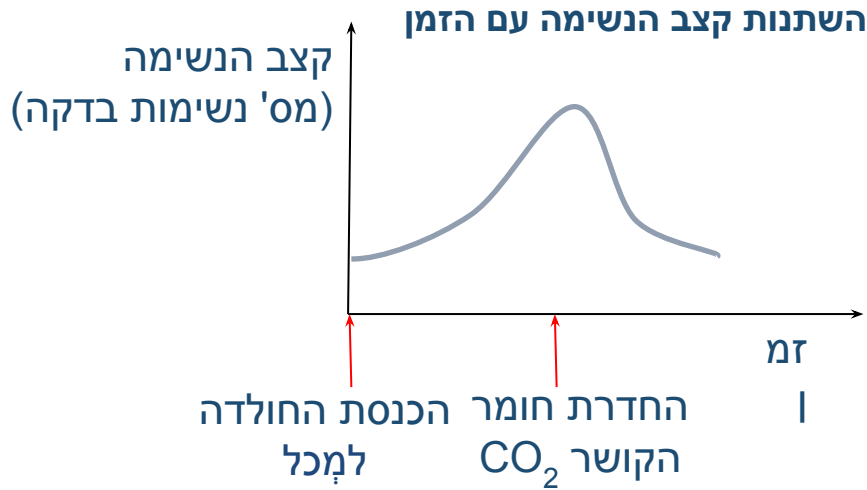
החולדה הוכנסה לכלי אטום, ומכיוון שהיא פולטת בנשימה פחמן דו-חמצני, עלה ריכוזו באוויר בכלי. עלייה זו גרמה גם לעליית ריכוז הפחמן הדו-חמצני בדם החולדה, \* עקב כך עלה קצב הנשימה.

כאשר החדירו את החומר הסופח  $\text{CO}_2$  ירד לחץ ה- $\text{CO}_2$ , ועקב כך ירד ריכוזו בדם בדם, \*\* וקצב הנשימה ירד.

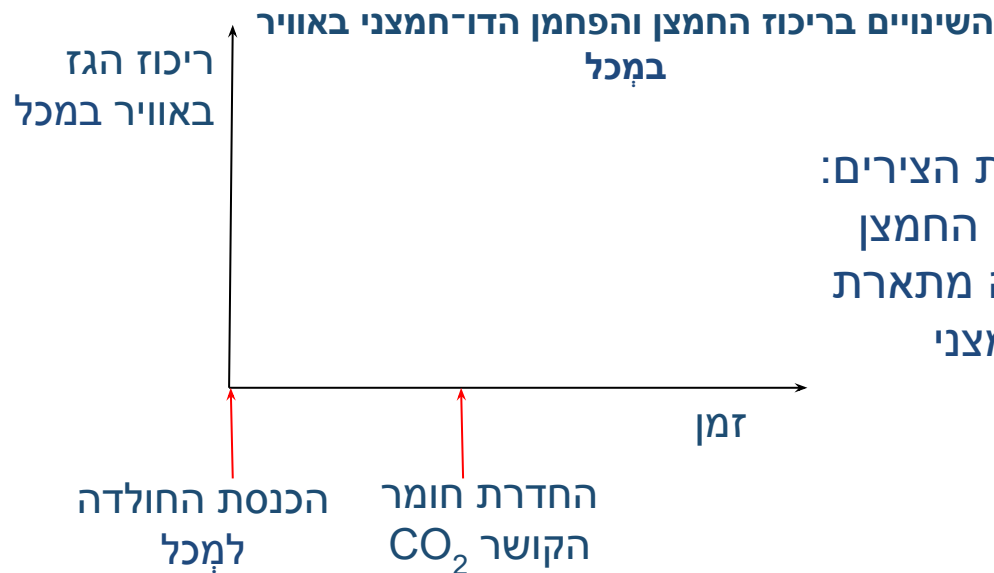
\* מכיוון שהפרש הריכוזים של הפחמן הדו-חמצני בין הדם לאוויר קטן, ולכן יצא פחות פחמן דו-חמצני מן הדם אל האוויר.

\*\* הפרש הריכוזים גדל, ולכן יותר  $\text{CO}_2$  עובר מן הדם לאוויר, ולכן ריכוז הפחמן הדו חמצני בדם ירד.

## שאלה 21:

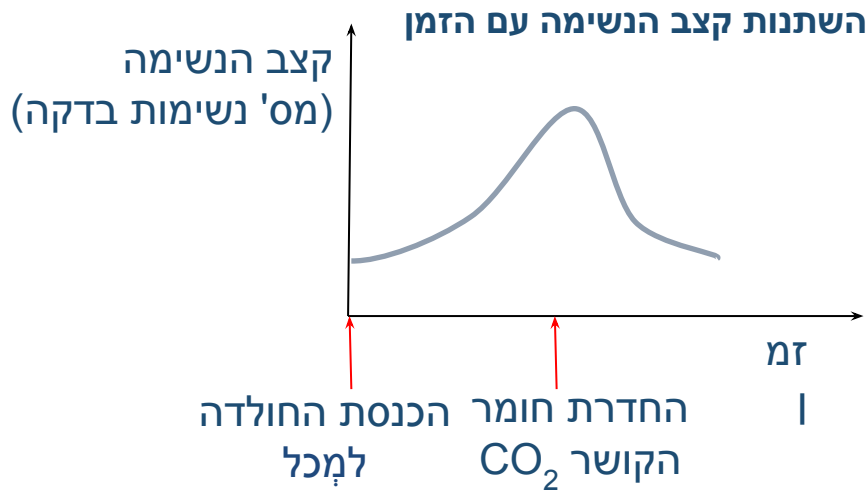


ב. לדעתכם, מהו השינוי בריכוז החמצן באוויר במכל במהלך הניסוי? נמקו.



ג. שרטטו שתי עקומות על מערכת הצירים: האחת מתארת את השינוי בריכוז החמצן באוויר במכל בזמן הניסוי והשנייה מתארת את השינוי בריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר במכל.

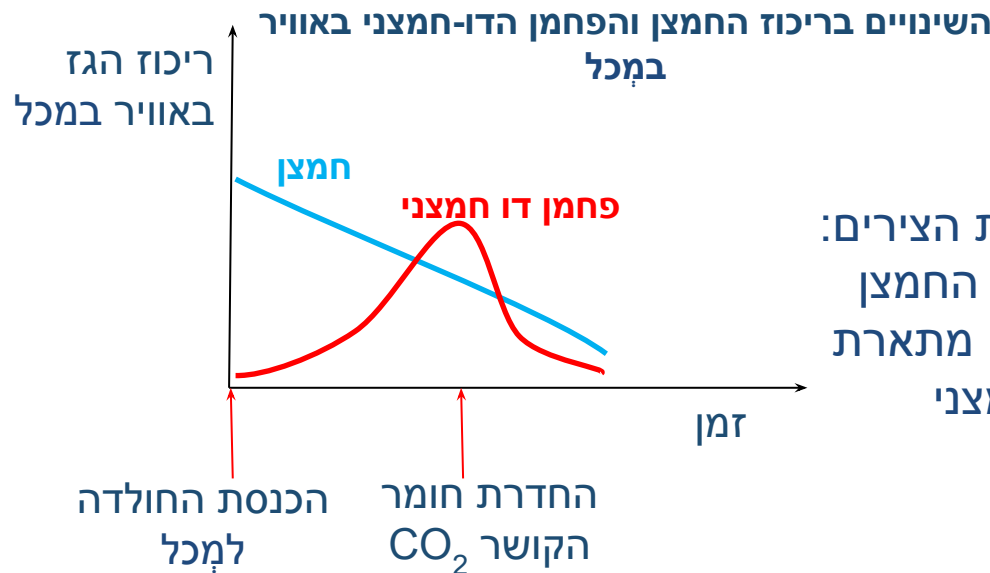
שאלה 21: בגרות 2011 (השאלה לקוחה מפרק בחירה) מלבד סעיף ב'



ב. לדעתכם, מהו השינוי בריכוז החמצן באוויר במכל במהלך הניסוי? נמקו.

**תשובה:**

ב. ריכוז החמצן באוויר במכל הולך ויורד כי החולדה קולטת חמצן מהאוויר בתהליך נשימתה.



ג. שרטטו שתי עקומות על מערכת הצירים: האחת מתארת את השינוי בריכוז החמצן באוויר במכל בזמן הניסוי והשנייה מתארת את השינוי בריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר במכל.

**שאלה 22:** בגרות 2003:

אדם אינו יכול לעצור את נשימתו באופן רצוני לזמן בלתי מוגבל. הסבר מדוע.

שאלה 22: בגרות 2003:

אדם אינו יכול לעצור את נשימתו באופן רצוני לזמן בלתי מוגבל. הסבר מדוע.

**תשובה:**

פעולת מרכז הנשימה היא בלתי רצונית. עצירת הנשימה תגרום לעלייה בריכוז הפחמן הדו חמצני בדם ולגירוי מרכז הנשימה. עקב כך יתחיל האדם לנשום לאחר פרק זמן קצר.



שאלה 23:

דרור הוא מציל בברכה. עקרונית הוא אוהב מאוד את עבודתו, אך דבר אחד מפריע לו. דרור חושש מאוד מן האפשרות שיצטרך לבצע הנשמה מלאכותית לאחד המתרחצים. מי יודע מה הם אכלו קודם לכן, או אם הם בכלל צחצחו שיניים כשקמו בבוקר. דרור החליט לנסות ולשכנע את מנהל הברכה לקנות מכונת הנשמה יקרה. הוא ידע שהמנהל לא יקבל טיעון על בסיס היגיינה אישית ולכן ניסה נימוק מדעי. טענתו העיקרית הייתה שבזמן שהוא יבצע הנשמה מלאכותית (דרך הפה), הוא ינשוף אוויר רווי בפחמן דו-חמצני לריאות של הטובע, ואילו הטובע זקוק לחמצן כדי לבצע נשימה תאית.

לדעתכם, האם טענתו של דרור המציל נכונה?



## שאלה 23:

דרור הוא מציל בברכה. עקרונית הוא אוהב מאוד את עבודתו, אך דבר אחד מפריע לו. דרור חושש מאוד מן האפשרות שיצטרך לבצע הנשמה מלאכותית לאחד המתרחצים. מי יודע מה הם אכלו קודם לכן, או אם הם בכלל צחצחו שיניים כשקמו בבוקר. דרור החליט לנסות ולשכנע את מנהל הברכה לקנות מכונת הנשמה יקרה. הוא ידע שהמנהל לא יקבל טיעון על בסיס היגינה אישית ולכן ניסה נימוק מדעי. טענתו העיקרית הייתה שבזמן שהוא יבצע הנשמה מלאכותית (דרך הפה), הוא ינשוף אוויר רווי בפחמן דו-חמצני לריאות של הטובע, ואילו הטובע זקוק לחמצן כדי לבצע נשימה תאית. לדעתכם, האם טענתו של דרור המציל נכונה?

## תשובה:

המציל אינו מדייק.

אמנם האוויר שהמנשים נושף אל המטופל מכיל יותר פחמן דו-חמצני מאשר באוויר הרגיל, אך הרמה הגבוהה של הפחמן הדו-חמצני בדמו של המטופל מגרה את מרכז הנשימה במוח שלו, דבר שגורם להתחלת נשימה עצמאית. נוסף על כך, האוויר הנשוף עדיין מכיל חמצן במידה מספקת (כ-16%), כך שתהיה כניסה של חמצן לדם המטופל.

