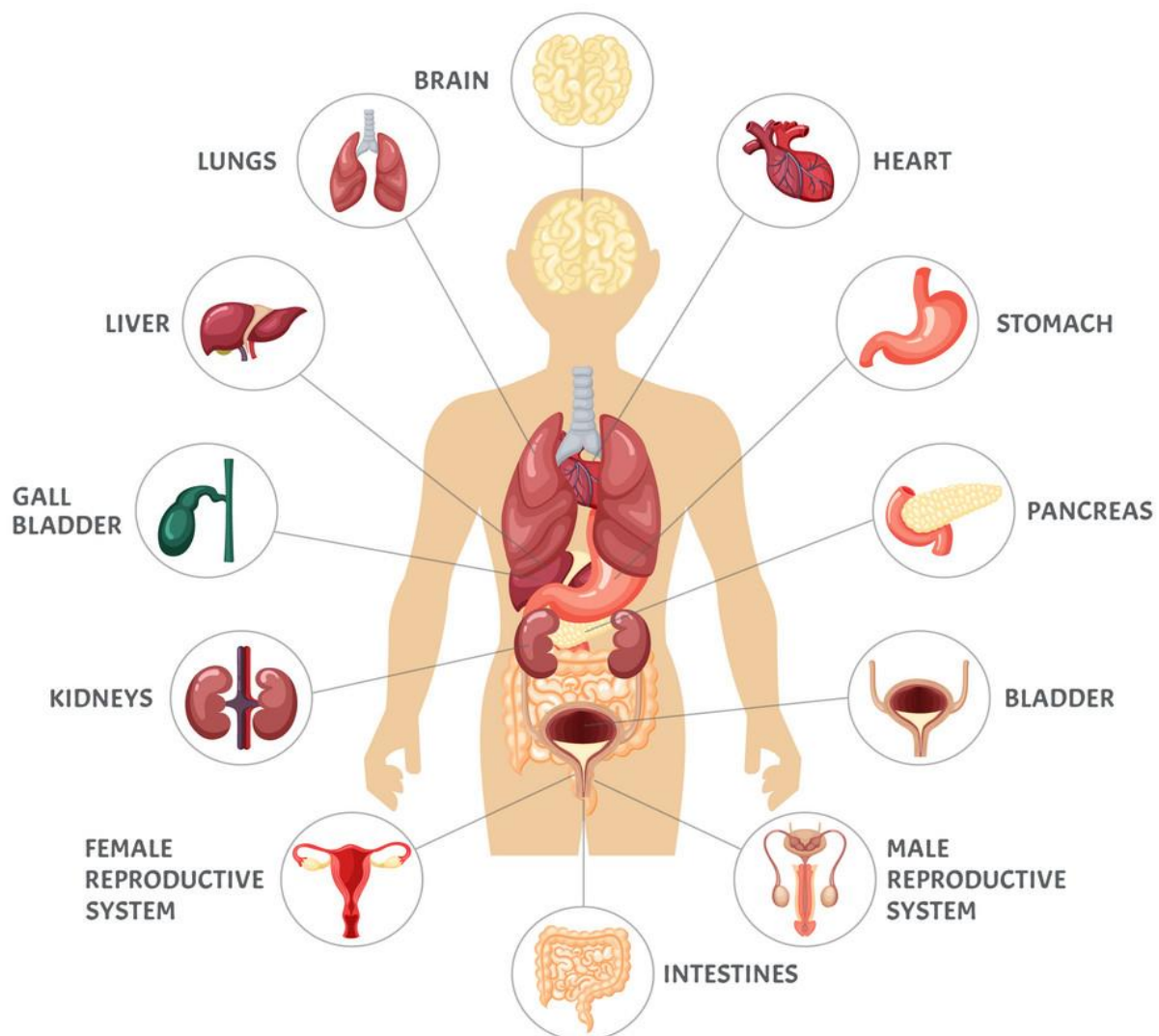


# גוף האדם בדגש הומיאוסטזיס

חברת סיכומים

מתוך הקורס הווירטואלי- מטח



## רשימת הנושאים בחוברת:

1. מבואות
2. מערכת העיכול
3. מערכת הנשימה
4. מערכת ההובלה
5. מערכת ההפרשה
6. מערכת ההגנה
7. מערכת העצבים
8. המערכת ההורמונלית
9. מערכת הרבייה



## סיכום פרק: מבוא - גוף האדם בדגש הומיאוסטזיס

### תכנית הלימודים

| רעיון/תופעה                                                                                                                                                                                                                                                                    | מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | הערות, הסברים                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>גוף האדם – מבט על (2-3 שעות)</b></p> <p>גוף האדם בנוי מתאים, רקמות, איברים ומערכות.</p> <p>התפקוד הכולל של הגוף מותנה בתיאום ובוויסות כל הפעילויות המתרחשות בו.</p> <p>האדם הוא יצור רב-תאי, הוא מופרד מן הסביבה, מקיים עמה יחסי גומלין ושומר על סביבה פנימית יציבה.</p> | <p><b>מערכות הגוף והתיאום בניהן</b></p> <p>-גוף האדם בנוי ממערכות הפועלות תוך וויסות ותיאום. -התיאום והוויסות של פעולת המערכות בגוף האדם מתבצעים באמצעות תקשורת בין המערכות, שבה משתתפות מערכת ההובלה, מערכת העצבים והמערכת ההורמונלית.</p> <p><b>הומיאוסטזיס וחשיבותו</b></p> <p>-הסביבה הפנימית של גוף האדם נשמרת יציבה בתחומים מסוימים (הומיאוסטזיס). -העור ורקמות החיפוי הם הגבולות בין הסביבה הפנימית של הגוף לסביבה החיצונית.</p> <p>-יחסי הגומלין בין גוף האדם ובין סביבתו כוללים: קליטת חומרים ואנרגיה, קליטת מידע, הפרשת חומרים ופליטת חום.</p> | <p>בנושא זה חשוב להדגיש את המבנה והתפקוד של גוף האדם כמייצג יצורים (אורגניזמים) רב-תאיים.</p> <p>בכל אחת מהמערכות יש להדגיש את ההיבטים/הרעיונות הבאים: -הומיאוסטזיס -חשיבות יחס שטח הפנים לנפח -קשר בין מבנה לתפקוד</p> <p>מערכות הגוף מאפשרות תהליכי חילוף חומרים והפקת אנרגיה בתאי הגוף.</p> |

### סיכומים על פרק מבוא – גוף האדם בדגש הומיאוסטזיס:

- מערכות הגוף ופעולתן המשולבת
- הומיאוסטזיס וחשיבותו לקיום הגוף
- רמות ארגון בגוף

## א. מערכות הגוף ופעולתן המשולבת

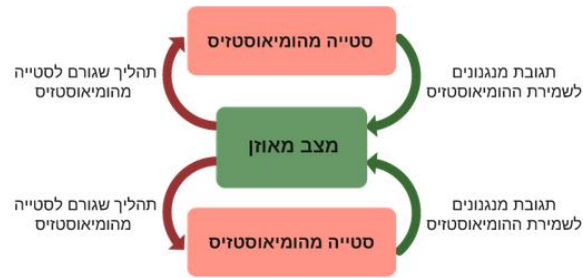
### תפקיד מערכות הגוף והתיאום ביניהן

- ✓ הגוף מורכב ממערכות שונות הפועלות תוך כדי ויסות ותיאום.
- ✓ לכל אחת מהמערכות יש תפקיד ייחודי התורם לכך שהגוף יתפקד כיחידה אחת.
- ✓ אפשר לחלק את מערכות הגוף העיקריות לקבוצות על פי מעורבותן בתפקודי החיים הבסיסיים הבאים:

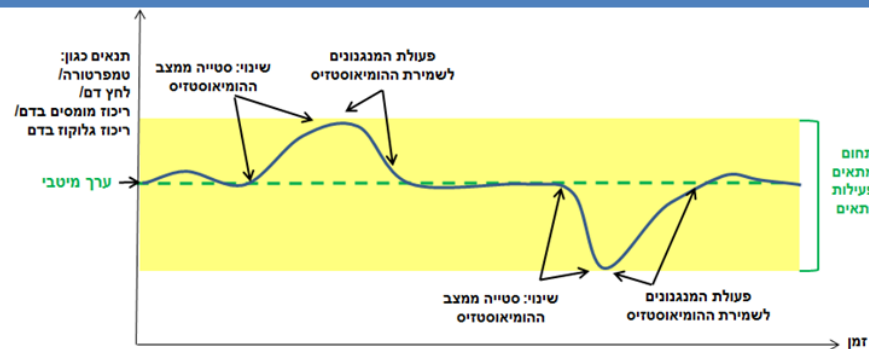
| תפקוד                                                                                                                                                    | המערכות העיקריות שמעורבות בתפקוד      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>העברת חומרים ועיבודם</b><br>קליטת חומרים מהסביבה, עיבודם והובלתם בגוף, וסילוק חומרי פסולת מן הגוף.                                                    | עיכול, נשימה, הובלה, הפרשה            |
| <b>מידע ובקרה</b><br>קליטת מידע חיצוני מהסביבה ומידע פנימי מהגוף, עיבוד המידע ותגובה אליו, קישור בין מערכות הגוף, ויסות פעולות הגוף ותקשורת בין המערכות. | עצבים, הפרשה פנימית (הורמונלית) הובלה |
| <b>תנועה</b><br>הנעת הגוף באמצעות הנעת העצמות, הנעת האיברים הפנימיים כגון הלב, הריאות ומערכת העיכול.                                                     | שלד, שרירים                           |
| <b>הגנה</b><br>התגוננות מפני פציעה ומפני פלישת חיידקים, נגיפים וגורמי מחלה אחרים, וכן מפני תאים סרטניים הנוצרים בגוף.                                    | הגנה                                  |
| <b>רבייה</b><br>רבייה, הזנת הצאצאים והגנה עליהם בשלבי התפתחותם המוקדמים.                                                                                 | רבייה                                 |

## ב. הומיאוסטזיס וחשיבותו לקיום הגוף

- ✓ קיומו ותפקודו התקין של הגוף תלוי בקיום ההומיאוסטזיס, כלומר במצב שבו התנאים הכימיים והפיזיקליים (לדוגמה: טמפרטורת הגוף, לחץ הדם, דרגת החומציות וריכוז המומסים בתאים ובנוזלי הגוף) של הסביבה הפנימית\* נשמרים יציבים ואינם חורגים מגבולות מסוימים המתאימים לפעילות התאים.
- \*הסביבה הפנימית היא כל הגוף למעט חלקים בגוף המהווים המשך ישיר של הסביבה החיצונית, כמו חלל צינור העיכול, חלל הריאות ושלפוחית השתן.
- ✓ במהלך החיים הרגיל נגרמים שינויים במדדים שונים בגוף (כגון טמפרטורת הגוף ולחץ הדם) בהשפעת פעולות שונות (כגון מאמץ גופני, אכילה ושתייה), ובהשפעת שינויים בסביבה החיצונית וגם בתוך הגוף עצמו. בתגובה לשינויים, מופעלים בגוף מנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס שפעולתם מחזירה את המצב לקדמותו.
- ✓ רבים מהמנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס פועלים בדרך של **משוב שלילי**. משוב שלילי פירושו שפעילות שמשנה את התנאים בסביבה הפנימית (כלומר גורמת לסטייה ממצב ההומיאוסטזיס), מחוללת תגובה היוצרת תוצאה הפוכה (כלומר מפעילה את המנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס) וזו מחזירה את התנאים לקדמותם.

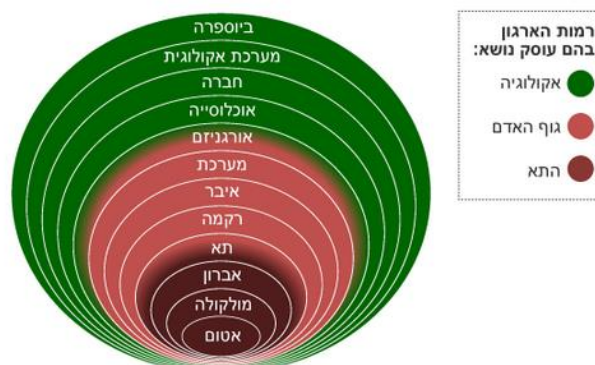


**שימו לב! הומיאוסטזיס – אין פירושו קבוע ללא שינוי!**  
 ההומיאוסטזיס אינו מצב שבו התנאים בגוף נשמרים קבועים בלא שינוי, אלא חלים בהם שינויים קלים סביב ערך מיטבי בתוך תחום צר המתאים לפעילות התאים כפי שמתואר בגרף:



## ג. רמות ארגון בגוף

- ✓ מערכות ביולוגיות הן מערכות שקיים בהן ארגון. הארגון מתקיים ברמות שונות, כאשר בכל רמה קיימת קבוצת מרכיבים הפועלים בשיתוף פעולה ובתיאום ביניהם. כל רמת ארגון נכללת ברמה שלפניה ומכילה את הבאות אחריה.
- ✓ גוף של יצור רב-תאי כמו האדם מהווה רמת ארגון. רמה זאת כוללת את מערכות הגוף, המערכות בנויות מאיברים ומרקמות, ואלה בנויים מתאים. התא הוא יחידת החיים הבסיסית והוא מורכב מאברונים. האברונים מורכבים ממולקולות, והמולקולות – מאטומים.
- ✓ הרכיבים השונים בכל רמות הארגון בגוף פועלים באופן מתואם ומווסת – דבר המאפשר את קיומו ותפקודו של הגוף כולו כיחידת אחת.



## סיכום פרק מבוא - התא

### תכנית הלימודים

| רעיונות מרכזיים                                                                                                                                                                                                                                                                     | מפרט תכנים (+הערות)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>מבוא - התא (3 שעות)</u></b></p> <p>חילוף חומרים (מטבוליזם) מאפיין יצורים חיים.</p> <p>בכל תא מתקיימים תהליכים להפקת אנרגיה זמינה.</p> <p>התאים, מהם בנוי גוף האדם, מופרדים מן הסביבה על ידי קרום בררני.</p> <p>בתוך התא קיימת סביבה פנימית שונה מסביבת הנוזל הבין-תאי.</p> | <p>האדם, ככל יצור חי, זקוק לחומרים לבניית הגוף ולהפקת אנרגיה.</p> <p>תהליכים של חילוף חומרים (מטבוליזם) נעשים בתאי הגוף בסיוע של אנזימים המשמשים כזרזים ביולוגיים.</p> <p>(מערכות הגוף מאפשרות תהליכי חילוף חומרים והפקת אנרגיה בתאי הגוף).</p> <p>קרום התא מאפשר/מונע מעבר של חומרים דרכו. הודות לתכונה זו נשמרת בתוך התא סביבה פנימית שונה מהסביבה (לימוד מעמיק של נושא קרום התא יעשה במסגרת לימוד הנושא: התא – מבנה ופעילות).</p> | <p>ATP, אנרגיית חום, אנרגיה כימית זמינה, נשימה תאית (ללא פירוט התהליכים).</p> <p>קרום בררני, אוסמוזה, דיפוזיה, העברה פעילה.</p> <p>במעבר חומרים דרך קרום התא יש להדגיש יציאה וכניסה של חומרים.</p> |

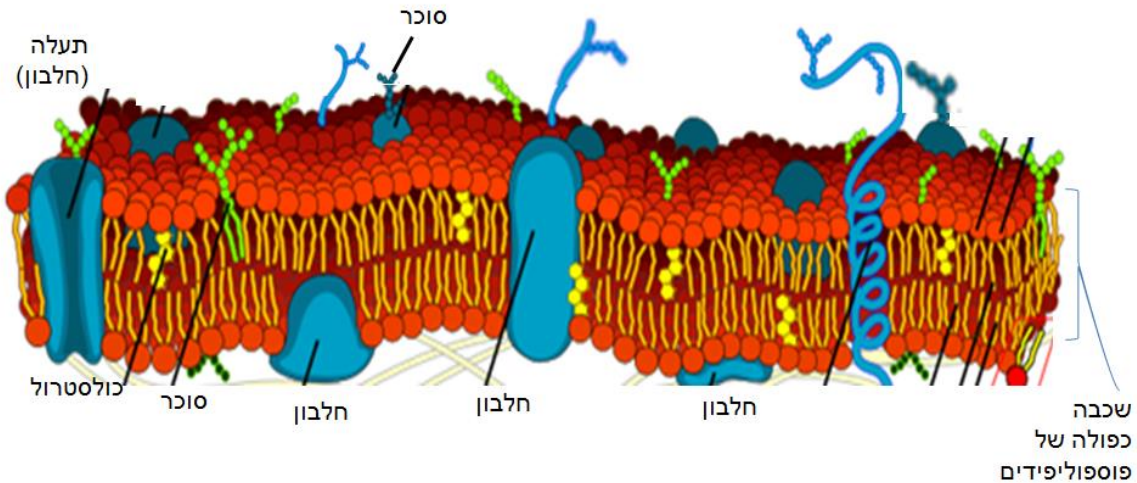
### סיכומים על פרק מבוא - התא:

- א. הקרום ומעבר חומרים דרכו
- ב. תהליכי מעבר חומרים דרך הקרום: דיפוזיה, העברה פעילה ואוסמוזה
- ג. חילוף חומרים בדגש על אנזימים
- ד. נשימה תאית

### א. הקרום ומעבר חומרים דרכו

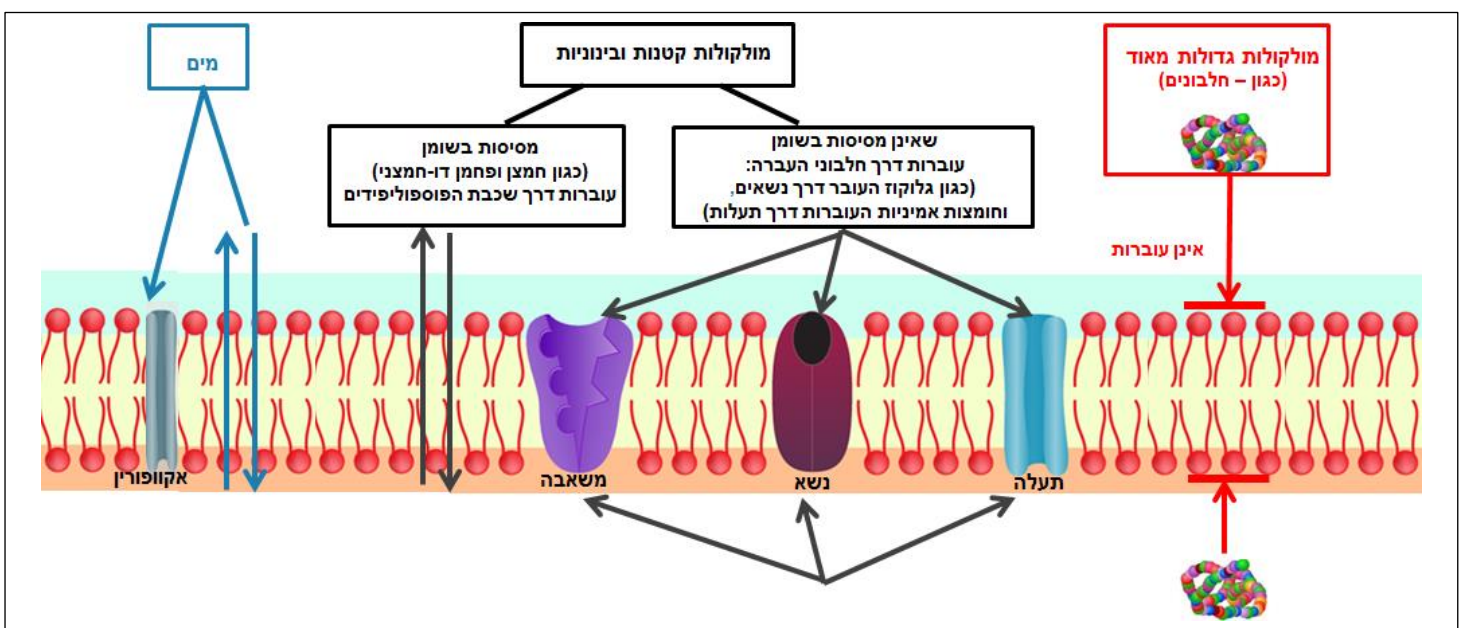
#### מבנה הקרום

- ✓ המבנה הבסיסי של קרום התא הוא שכבה כפולה של פוספוליפידים (הפוספוליפידים הם סוג של ליפידים. הליפידים נקראים בשפת היום-יום שומנים). בין הפוספוליפידים משולבים חלבונים. בנוסף, קרום התא כולל מרכיבים נוספים כמו סוכרים וכולסטרול.
- ✓ לחלק מחלבוני הקרום יש תפקיד חשוב במעבר חומרים דרך הקרום (תעלות, נשאים ומשאבות), ויש חלבונים שלהם תפקידים אחרים: קולטנים להורמונים, אנזימים ועוד.
- ✓ סוכרים הקשורים לחלבונים או לפוספוליפידים הם "טביעות האצבע" של התא (לפיהם תאי הדם הלבנים מזהים את התא כתא עצמי ולא תוקפים אותו).



### קרום התא בררני

- ✓ קרום התא הוא בררני, כלומר לא כל החומרים עוברים דרכו.
- ✓ מולקולות גדולות מאוד כגון חלבונים ו-DNA אינן עוברות.
- ✓ מולקולות קטנות ובינוניות עוברות דרך הפוספוליפידים או דרך חלבוני המעבר לפי מידת מסיסותן בשומן או במים:
  - מולקולות מסיסות במים עוברות דרך חלבוני העברה (כגון גלוקוז העובר דרך נשאים וחומצות אמיניות, ומלחים העוברים דרך תעלות).
  - מולקולות מסיסות בשומן (כגון חמצן וחמצן דו-חמצני) עוברות דרך שכבת הפוספוליפידים.
- ✓ בשל שכבת הפוספוליפידים, הקרום אינו מסיס במים. תכונה זאת חשובה ליציבותו מכיוון שהוא גובל בסביבה מימית משני צדדיו – הצד הפנימי (הציטופלסמה) והצד החיצוני (הנוזל הבין-תאי). אילו הוא היה מסיס במים, הוא היה מתמוסס ונעלם. בנוסף, בשל תכונה זאת הוא מחסום יעיל בפני חומרים מסיסים במים, שהם רוב החומרים הנמצאים משני צדי הקרום עוברים רק חומרים שיש להם חלבוני העברה ייחודיים להם).



### תפקיד הקרום בשמירה על ההומיאוסטזיס

- ✓ בשל בררנות הקרום יש לו תפקיד מרכזי בשמירה על סביבה פנימית ייחודית בתוך התא, השונה מן הסביבה החיצונית. מצב זה הוא אחד ממאפייני ההומיאוסטזיס, והוא חיוני לקיום התא ולקיום היצור כולו.
- ✓ משמעות הדבר היא שסוגי החומרים המומסים וריכוזיהם בתוך התא ומחוצה לו שונים, ובתוך התא מתקיימת סביבה המתאימה לפעילותו התקינה, זאת הודות לחדירות הבררנית של הקרום (והודות לתהליכי העברה פעילה המתבצעים דרך משאבות הנמצאות בקרום – ראו בהמשך הסבר על העברה פעילה).

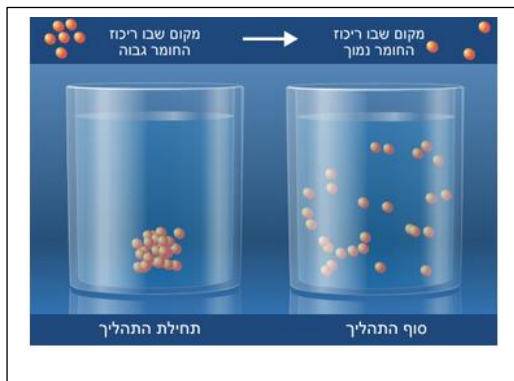
### היתרון בכך שהתאים קטנים

- ✓ גודלם של רוב התאים של היצורים החיים קטן מאוד. היתרון בכך הוא שכל שהתא קטן יותר, כך היחס בין שטח הפנים שלו לנפחו גדול יותר. משמעות הדבר היא שתא קטן יכול לקלוט יותר חומרים וגם לפלוט יותר חומרי הפרשה (ליחידת נפח) בהשוואה לתא גדול.

### ב. תהליכי מעבר חומרים דרך הקרום

מעבר חומרים דרך קרום התא מתרחש בשני תהליכים עיקריים: דיפוזיה והעברה פעילה. מים עוברים בתהליך אוסמוזה.

#### דיפוזיה



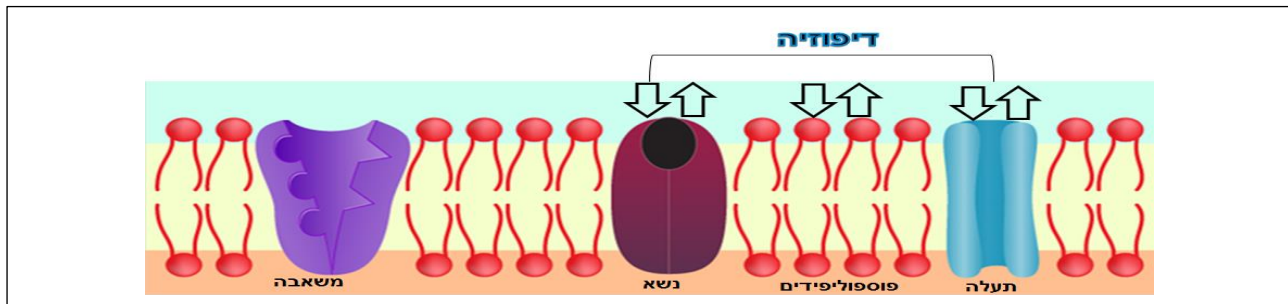
- ✓ הדיפוזיה היא מעבר של חומר בכיוון מפל הריכוזים שלו, כלומר ממקום שבו ריכוז החומר גבוה למקום שבו ריכוז החומר נמוך. התהליך גורם לפיזור שווה של מולקולות החומר, כלומר למצב של שוויון ריכוזים.
- ✓ חשוב לציין! מולקולות החומר נעות באקראי לכל הכיוונים, ולא רק מריכוז גבוה לריכוז נמוך של החומר. אולם מכיוון שיש הסתברות גבוהה יותר למעבר החומר מן המקום שריכוז החומר בו גבוה למקום שריכוז החומר בו נמוך, הרי שבסיכום יתקבל שתנועתן "נטו" היא ממקום שריכוז החומר בו גבוה למקום שריכוז החומר בו נמוך.

- ✓ הדיפוזיה היא תהליך פסיבי, כלומר היא מתרחשת באופן ספונטני ("מעצמה"), בלי צורך בהשקעת אנרגיה.

#### הדמיה: דיפוזיה דרך קרום התא

- ✓ מעבר חומרים בתהליך דיפוזיה מתרחש דרך שלושה מרכיבים של הקרום:
  - דרך שכבת הפוספוליפידים עוברים חומרים מסיסים בשומן כגון חמצן ופחמן דו-חמצני,

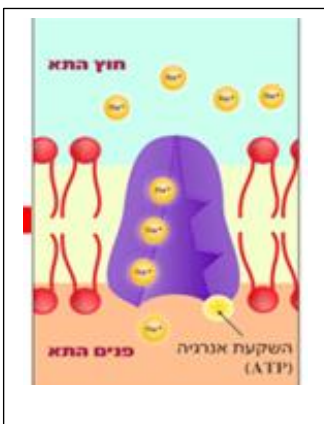
- דרך התעלות והנשאים עוברים חומרים מסיסים במים שאינם מסיסים בשומן (כגון גלוקוז העובר דרך נשאים ויוני נתרן וחומצות אמיניות העוברים דרך תעלות).



הדמיה: חלבוני העברה בקרום

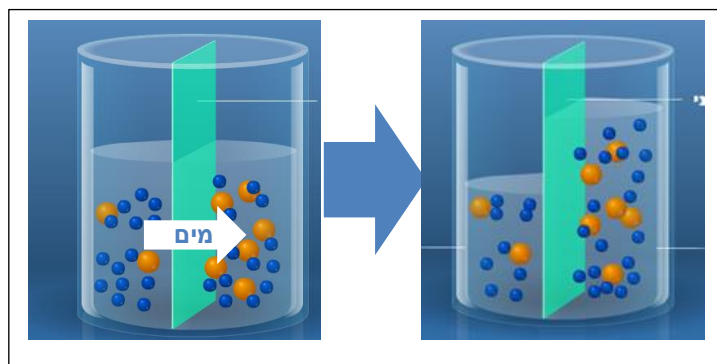
### העברה פעילה (אקטיבית)

- ✓ העברה פעילה היא העברה של חומר כנגד מפל הריכוזים שלו, כלומר מריכוז נמוך לריכוז גבוה. ההעברה הזאת מבוצעת על ידי משאבות שהן סוג של חלבוני מעבר המצויים בקרומי התאים. לצורך פעילות המשאבות נדרשת השקעת אנרגיה שמקורה בתהליך הנשימה התאית (אנרגיה מפירוק ATP).
- ✓ התאים משקיעים חלק משמעותי ביותר מהאנרגיה הזמינה שלהם בתהליכי העברה פעילה של חומרים שונים. תהליך ההעברה הפעילה, ואופיו הבררני של קרום התא, מאפשרים שמירה על סביבה פנימית בתוך התא, השונה מהסביבה החיצונית מבחינת הרכב החומרים המומסים וריכוזיהם – כלומר שמירה על ההומיאוסטזיס.



### אוסמוזה

- ✓ תהליך האוסמוזה הוא תנועה של מולקולות מים (ממס) דרך קרום בררני, ממקום שריכוז המומסים נמוך (ו ריכוז המים גבוה) למקום שריכוז המומסים גבוה (ורכוז המים נמוך). כלומר, בתהליך האוסמוזה המים נעים בכיוון מפל הריכוזים שלהם, ולכן היא למעשה דיפוזיה של מים דרך קרום בררני.

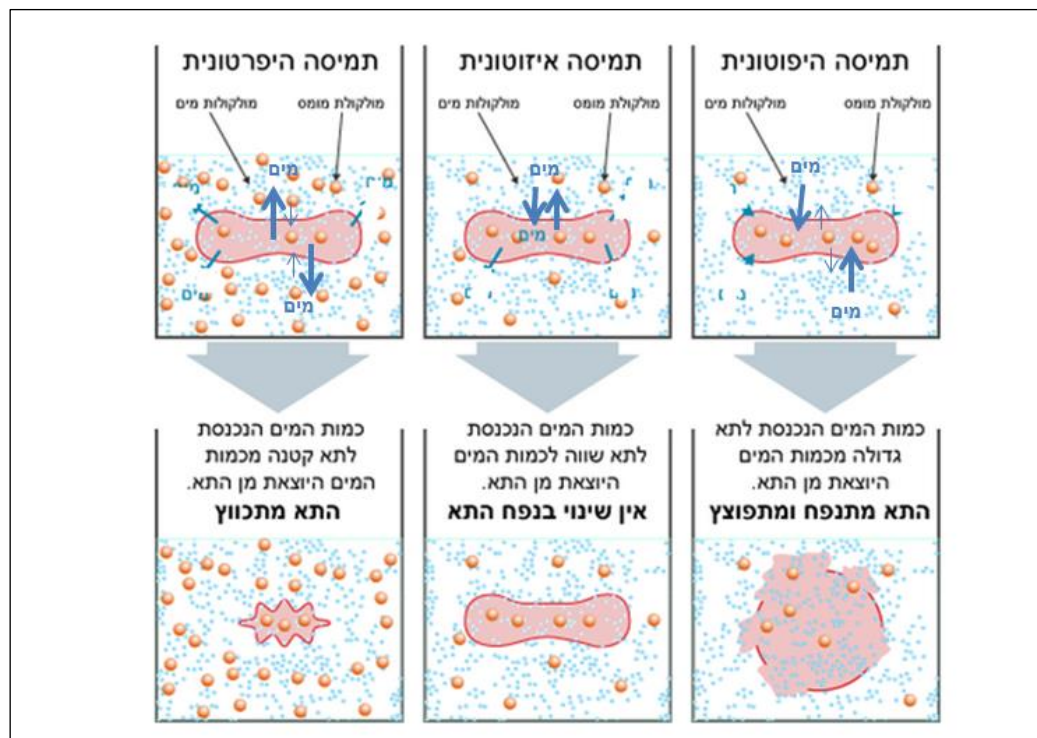


- ✓ חשוב לציין! תנועת מולקולות המים היא אקראית (כלומר אינה מכוונת לכיוון מסוים), אולם ההסתברות למעבר מולקולות מים ממקום שריכוז המומסים נמוך למקום שריכוז המומסים גבוה, גדולה יותר מאשר ההסתברות למעבר בכיוון ההפוך, ולכן בסך הכול תנועת המים "נטו" בתהליך האוסמוזה היא ממקום שריכוז המומסים נמוך למקום שריכוז המומסים גבוה.

- ✓ תהליך האוסמוזה הוא תהליך סביל (פסיבי), כלומר מתרחש באופן ספונטני ("מעצמו") בלא צורך בהשקעת אנרגיה.

### אוסמוזה בין התאים וסביבתם

- ✓ תהליך האוסמוזה נפוץ בעולם החי: זוהי הדרך העיקרית של מעבר מים אל תוך התאים או מהם החוצה דרך קרום התא הבררני (וגם בתוך התא בין הציטופלסמה ואברוני התא המוקפים גם הם בקרום בררני).
- ✓ תנועת מים בתהליך אוסמוזה יכולה לגרום לשינויים גדולים בנפח התאים כפי שמתואר בתרשים:



בתאי צמחים, יש מסביב לקרום דופן עבה המאפשרת כניסת מים עד גבול מסוים בסביבה היפוטונית אולם מונעת את התפוצצות התא.

הדמיה: אוסמוזה בתאי צמח ותאי בעל-חיים בסביבה היפוטונית, איזוטונית והיפרטונית

### חשיבות שמירת ריכוז מומסים קבוע בנוזל הדם

במהלך החיים הרגיל נגרמים שינויים זמניים בריכוז המומסים בנוזל הדם (בשל אכילה פעילות גופנית, הזעה וכדומה), אולם תגובת המנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס גורמת להחזרת ריכוז המומסים לערך הרצוי. לדוגמה:



- שתיית מים וספיגתם ממערכת העיכול אל הדם גורמת לירידה זמנית בריכוז המומסים בנוזל הדם. תגובת המנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס (הוצאת עודפי המים דרך השתן) גורמת לעלייה בריכוז המומסים בדם לערך תקין, וכך נמנעת סכנה של התנפחות והתפוצצות תאי הדם.
- אכילת מלחים וספיגתם לדם גורמת לעליית ריכוז המומסים בדם. תגובת המנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס (הוצאת עודפי המלחים דרך השתן) גורמת לירידה בריכוז המומסים בדם לערך תקין, וכך נמנעת סכנה של התכווצות תאי הדם.



## **ג. תהליכי חילוף חומרים בדגש על אנזימים**

### **חילוף חומרים (מטבוליזם)**

- ✓ חומרי המזון המגיעים אל התאים מנוצלים לשתי מטרות עיקריות:  
בנייה: החומרים משמשים חומר גלם ליצירת חומרים הנחוצים לבניית התאים ולתפקודם.  
לדוגמה: חומצות אמיניות מנוצלות לבניית חלבונים המתפקדים בין היתר כאנזימים, תעלות, נשאים וקולטנים. עודפי חומרים הופכים בתאים מסוימים לחומרי התשמורת גליקוגן ושומן, הנשמרים ומנוצלים בעת הצורך.
- הפקת אנרגיה הנחוצה לתהליכי החיים: בחומרים האורגניים אצורה אנרגיה כימית, חלק מהחומרים האורגניים (בעיקר גלוקוז) מתפרקים בתאים בתהליך נשימה תאית. בתהליך הזה משתחררת אנרגיה זמינה לתהליכי חיים צורכי אנרגיה המתרחשים בתאים. בתאים מתרחשים אלפי תהליכים כימיים שונים של בנייה, של פירוק או שינוי של חומרים. תהליכים אלה מזורזים על ידי אנזימים ונקראים בשם הכולל: תהליכי חילוף חומרים (מטבוליזם).

### **אנזימים**

- ✓ תהליכי חילוף החומרים מזורזים על ידי אנזימים. בתאים פועלים אלפי סוגי אנזימים שונים. רוב האנזימים הם חלבונים.
- ✓ המפגשים בין מולקולות האנזים למולקולות הסובסטרט (החומר שהאנזים פועל עליו) הם אקראיים ונובעים מהתנועה המתמדת של המולקולות. לעתים המפגשים גורמים להיקשרות הסובסטרט לאתר מסוים באנזים הנקרא 'האתר הפעיל'. האתר הפעיל של כל אנזים מותאם במבנהו המרחבי רק לסובסטרט שעליו הוא פועל, ולכן כל אנזים פועל על סובסטרט ייחודי לו ומזרז תגובה כימית ייחודית. הקישור יוצר שינויים באתר הפעיל, וכך נוצרת התאמה מושלמת בין האנזים לסובסטרט.
- ✓ בזמן ההתקשרות ויצירת תצמיד אנזים-סובסטרט מתרחש השינוי הכימי – הסובסטרט עובר תהליך של פירוק, של הרכבה או שינוי אחר כלשהו. לאחר מכן חלה הפרדה בין האנזים לבין התוצרים. האנזים עצמו משתחרר בסיום התגובה בלי שחל בו שינוי, לכן הוא מסוגל להיקשר שוב למולקולות סובסטרט מאותו הסוג ולפעול עליהן.

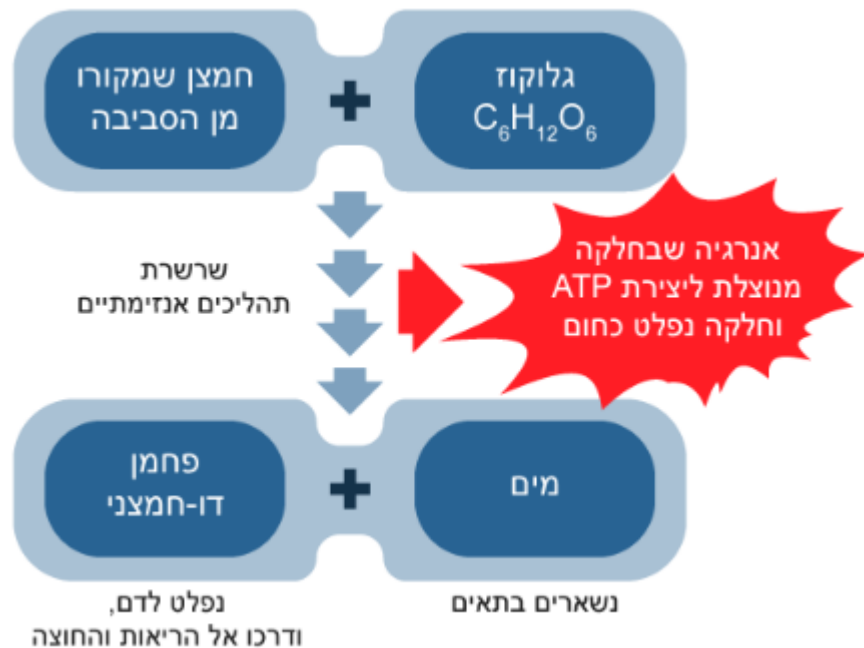


### ד. נשימה תאית

- ✓ מקור האנרגיה לתהליכי החיים הוא בפירוק חומרים אורגניים עתירי אנרגיה בתהליך הנשימה התאית.
- ✓ בתהליך הנשימה התאית האווירנית מתפרק גלוקוז (וחומרים אורגניים אחרים) לפחמן דו-חמצני ומים. בתהליך משתתף חמצן שמקורו בחמצן האטמוספרי הנקלט בריאות ומועבר בדם אל התאים. הפחמן הדו-חמצני הנוצר בתהליך נפלט לדם ומסולק דרך הריאות החוצה.



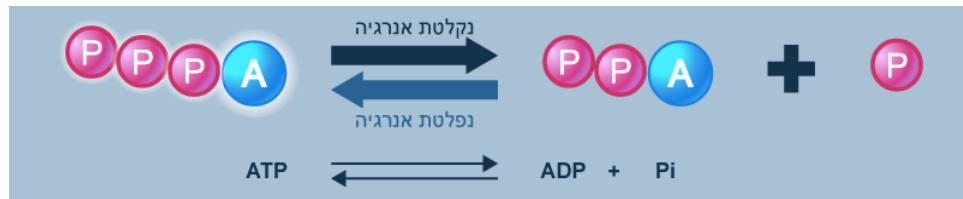
- ✓ הנשימה התאית כוללת סדרה של תהליכים אנזימטיים. היא מתרחשת בחלקה הראשון בציטופלסמה, וחלקה העיקרי במיטוכונדריה.
- ✓ בתהליך הפירוק משתחררת אנרגיה המנוצלת לבניית מולקולות של ATP.



### ATP - מתווך במעברי אנרגיה בתא

- ✓ מעבר האנרגיה בתא בין תהליך הנשימה התאית לבין תהליכים צורכי אנרגיה, נעשה באמצעות מולקולה מתווכת שנקראת ATP. ה-ATP נוצר מהתלכדות מולקולת ADP ומולקולת  $\text{P}_i$ . בתהליך נצרכת האנרגיה שנפלטת בנשימה התאית.

✓ ה-ATP מתפזר בתא ומתפרק למרכיביו: ADP ו-Pi. בתהליך משתחררת אנרגיה המנוצלת לתהליכים צורכי אנרגיה כגון העברה פעילה, בניית חומרים שונים ותנועה. ה-ATP נוצר ומתפרק חליפות, כלומר הוא ממוחזר בתא.



#### הדמיה: ATP – מתווך במעברי אנרגיה בתאים

ניצולת האנרגיה בתהליך הנשימה התאית: בתהליך הנשימה התאית נפלטת אנרגיה. רק כשליש מהאנרגיה הנפלטת מנוצל ליצירת ATP מ-ADP ו-Pi. כשני שלישים מהאנרגיה המשתחררת נפליטים כאנרגיית חום.

## סיכום פרק מערכת העיכול

### תכנית הלימודים

**רעיון מרכזי:** במערכת העיכול מתקיים תהליך פרוק/ספיגה של מזון המהווה מקור לחומרים לבניה ולהפקת אנרגיה.

| מפרט תכנים                                                                                                   | מונחים ומושגים נוספים              | הערות, הסברים                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>מערכת העיכול (2-3 שעות)</b><br>- מיקום, התאמה בין מבנה לתפקוד<br>- עיכול מזון וספיגת מזון אל מערכת ההובלה | פרוק מכני,<br>פרוק כימי,<br>ספיגה. | <b>נושא זה נלמד בכיתה ט', ולכן נדרשת התייחסות קצרה.</b><br>זו דוגמה למערכת המקשרת בין סביבה פנימית לסביבה חיצונית. מצופה שהתלמידים ידעו היכן מתפרקים פחמימות, חלבונים ושומנים. |

### מערכת העיכול

#### הקדמה:

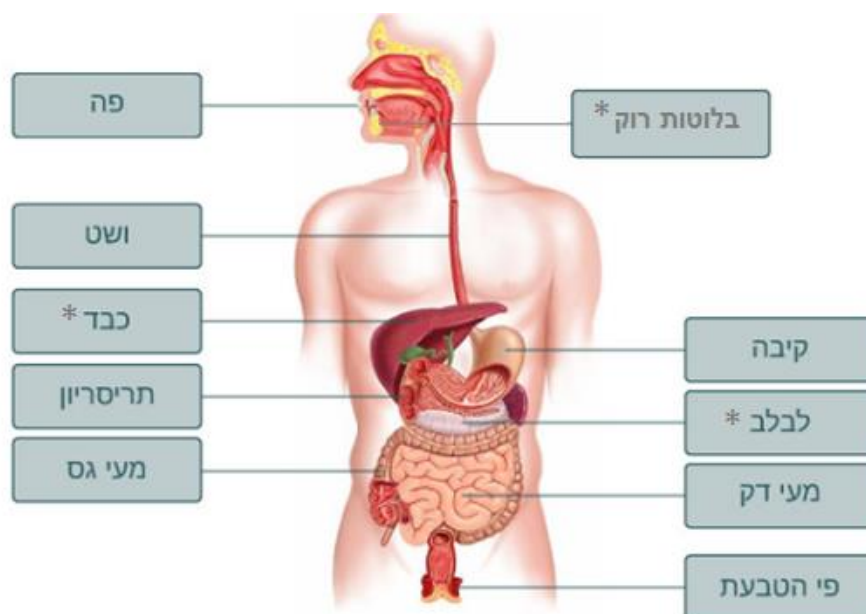
מערכת העיכול קולטת אל גופנו חומרי מזון ומים. כדי שהמזון ינוצל לבניית הגוף ולהפקת האנרגיה יש לעכל אותו. בתוך צינור העיכול המולקולות האורגניות הגדולות שבמזון (כגון רב-סוכרים, חלבונים ושומנים) מפורקות ליחידות המבנה שלהן אשר ניתנות לספיגה מהמעץ אל הדם. כמו כן נספגים כמו שהם ללא צורך בפירוק מים, מלחים, מולקולות אורגניות קטנות (כמו חד-סוכרים) וויטמינים.

#### סיכומים:

- א. מבנה מערכת העיכול
- ב. התהליכים המתרחשים במערכת העיכול

## א. מבנה מערכת העיכול

מערכת העיכול, שהיא צינור באורך כ-9 מטרים - יותר מפי 5 מגובהו של אדם ממוצע! הצינור מתחיל בפה, לשם המזון נכנס, ומסתיים בפי הטבעת, משם החומרים, שלא עוכלו, יוצאים אל מחוץ לגוף. החלקים במערכת העיכול הם: הפה, הושט, הקיבה, המעי הדק, המעי הגס והמעי הישר, ובלוטות, המפרישות מיצים ואנזימי עיכול - בלוטות הרוק, הכבד והלבלב.



\* בלוטות המפרישות אל מערכת העיכול מיצים ואנזימי עיכול

## ב. התהליכים המתרחשים במערכת העיכול

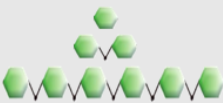
### פירוק מכני של המזון

פירוק מכני שבו חתיכות גדולות של מזון נחתכות לחתיכות קטנות יותר (בלי שחל שינוי במולקולות). הפירוק המכני מתרחש בפה (בעזרת תנועות הלעיסה, השיניים והלשון) ובקיבה (בעזרת התכווצויות ותנועות לישה של הקיבה). פעולה זו מגדילה את שטח הפנים של המזון ומייעלת את הפעולה של האנזימים.

### פירוק כימי של המזון ליחידות המבנה שלו באמצעות אנזימי העיכול

פירוק המזון ליחידות מבנה שיכולות לעבור דרך קרומי התאים המרכיבים את דופן המעי ולהגיע לדם, ולאחר מכן לעבור דרך קרומי תאי הגוף. הפירוק הכימי מתרחש בפה (מעט), בקיבה ובמעי הדק. תהליכי הפירוק הכימי מזורזים על ידי אנזימים המופרשים מבלוטות הרוק, מדופן הקיבה והמעי, ומן הלבלב. מלחי המרה המופרשים מהכבד אל התריסרון מסייעים בעיכול השומנים [הופכים אותם לטיפות קטנות (תחליב), ובכך מגדילים את שטח הפנים שלהם החשוף לאנזימי העיכול].

## סיכום – פירוק מכני, פירוק כימי

| חלקים         | פירוק מכני | פירוק כימי                                                                        | ליפידים                                                                           |
|---------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|               |            | פחמימות                                                                           | חלבונים                                                                           |
|               |            |  |  |
| פה            | +          | +                                                                                 |                                                                                   |
| קיבה          | +          |                                                                                   | +                                                                                 |
| תריסריון      |            | +                                                                                 | +                                                                                 |
| מעיי דק       |            | +                                                                                 | +                                                                                 |
| מעיי גס       |            |                                                                                   |                                                                                   |
| תוצרים סופיים |            | חד-סוכרים                                                                         | גליצרול וחומצות שומן                                                              |
|               |            |  |  |

\* על פי תכנית הלימודים מצופה שהתלמידים ידעו היכן מתפרקים פחמימות, חלבונים ושומנים

## ספיגה של חומרי המזון אל הדם

ספיגת יחידות המבנה מן המעי אל הדם מתרחשת במעי הדק. חלק מיחידות המבנה נספגות בדיפוזיה וחלקן בתהליכי העברה פעילה (דבר המאפשר ספיגה מלאה של המזון המעוכל). מים וויטמינים נספגים במעי הגס. שטח הפנים הפנימי של דופן המעי גדול מאד הודות לאורך הצינור, לפיתולים בדופן הפנימי (סיסים) ולבליטות קטנות בקרום תאי האפיתל (סיסונים) המרכיבים את הדופן. שטח הפנים הגדול מייצל את תהליך הספיגה.

## סיכום – ספיגה

| חלקים    | תוצרי העיכול                                                                         | מים                                                                                 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|          | חד-סוכרים                                                                            | גליצרול וח. שומן                                                                    |
|          |  |  |
| פה       |                                                                                      |                                                                                     |
| קיבה     |                                                                                      |                                                                                     |
| תריסריון |                                                                                      |                                                                                     |
| מעיי דק  | +                                                                                    | +                                                                                   |
| מעיי גס  |                                                                                      | +                                                                                   |

\* ספיגת מים מתרחשת גם לפני המעי הגס

\*\* חומצות השומן נספגות קודם אל הלימפה ודרכה הן מגיעות אל הדם

## הפרשה

הפרשה (צואה) של חומרים שלא עוכלו, כגון תאית (התאית היא רב-סוכר שאין במערכת העיכול אנזימים המפרק אותה ולכן היא אינה נספגת) ועוד חומרי פסולת.

## מערכת העיכול – טבלה מסכמת

| האיבר   | מבנים מיוחדים                                                                                                                                                                                                                                                   | PH דרגת חומציות | מיץ עיכול                                                                                                          | אנזימים פרוק כימי                                                                                                          | פרוק מכני                                                                                            | הערות                                                                                                                      |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| פה      | <b>לשון</b> – עליה נמצאים אברוני חוש הטעם מערבלת את המזון ועוזרת לבליעה ולדיבור.<br><b>שיניים</b> – חותכות ניבים וטוחנות.<br><b>בלוטות רוק</b> – ישנם שלושה זוגות של בלוטות רוק. לבלוטות אלה צינורות מוצא, המעבירים את הרוק אל תוך חלל הפה.                     | נאטר לי 6.8 - 7 | <b>רוק</b> מכיל 99% מים מלחים ואנזימים. הפרשתו נגרמת מגירוי מקומי בפה (נוכחות מזון) או מגירויים של אברי חוש אחרים. | 1. <b>עמילאז</b> המפרק עמילן לגלוקוז<br>2. <b>ליזוזים</b> מפרק דפנות חיידקים – שמירה הגי ינת הפה                           | בלעיסה המזון מתפרק לחלקיקים קטנים שטח הפנים שלהם גדול יותר. דבר המגדיל את שטח המגע עם אנזימי העיכול. | בשן אין תאים חיים עיקר חומר השן הוא חומר שנהבי הנקרא דנטין.                                                                |
| ושט     | צינור מצופה רירית. שרירי הושט בשלישו העליון הם משורטטים ובשאר – חלקים.                                                                                                                                                                                          | —<br>—          | —<br>—                                                                                                             | —<br>—                                                                                                                     | —<br>—                                                                                               | תנועות פריסטלטיות הדוחפות את המזון לקיבה.                                                                                  |
| קיבה    | שק העשוי שריר חלק. מבחינים בה בשלושה סוגי תאים: תאים מפרישי ריר המגן על דפנות הקיבה, תאים המפרישים את האנזים פפסינוגן (ההופך בהשפעת החומצה לפפסין). ותאים מפרישי חומצה מלחית.<br>שוער הקיבה – נמצא בחיבור שבין הקיבה לתריסרון ומוסת את כמות המזון היוצא מהקיבה. | חומצי 1 - 2     | <b>מיץ הקיבה</b> – מכיל חומצה מלחית. מופרש אחרי מגע ישיר של מזון בדפנות הקיבה או גירויים מוחיים ללא מגע מזון.      | 1. <b>פפסינוגן</b> (אנזים בלתי פעיל) הופך בהשפעת החומצה המלחית ל <b>פפסין</b> (אנזים פעיל) המפרק חלבונים<br>2. <b>רנין</b> | תנועות בחישה והתכווצות מועכות את המזון ומוהלות אותו במיץ הקיבה. המזון הופך לעיסה דלילה               | המזון הנאכל מכיל חיידקים שונים, הנהרסים בסביבה החומצית בקיבה.<br>הקאה – רפלקס המתבצע בפיקוח מרכז ההקאה במוח.               |
| תריסרון | ארכו כ- 25 ס"מ (כרוחב 12 אצבעות). אליו נכנסים צינור המרה וצינור הלבלב.                                                                                                                                                                                          | נאטר לי 7       | <b>מיץ הלבלב</b> – מכיל נתרן ביקרבונט שתפקידו לסתור (לנטרל) את החומצה המלחית.                                      | אנזימים מפרקי :<br>1. חלבונים (טריפסין).<br>2. שומנים (ליפאזות).<br>3. פחמימות (כגון: עמילאז)                              |                                                                                                      | מיץ מרה נוצר בכבד ונאגר בכיס המרה. מלחי המרה יוצרים תחליב לשומנים. (מאפשר פירוק יעיל יותר של השומן ע"י אנזימים מפרקי שומן) |

|        |                                                                                                                                                                                                                 |           |  |         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|---------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| מעי דק | ברירית המעי קפלים רבים הנקראים <b>סיסים</b> (מוריגים) ולהם קפלי משנה הנקראים סיסונים המגדילים את שטח הפנים של המעי, ומיעלים את ספיגת תוצרי הפירוק לדם. בין תאי רירית המעי מצויים תאי בלוטה המפרישים מיצי עיכול. | נאטר לי 7 |  | כמו בלב | תנועת המעי יוצרת מגע הדוק בין תוכן המעי לדופן המעי דבר המאפשר ספיגה יעילה מתוכו. | תנועות פריסטלטיות (התכווצות גלית של קטע מעי הנגרמת בעקבות הרפית קטע המעי שלפניו) דוחפות את תוכן המעיים בכיוון אחד בלבד – כיוון החלחולת. בו נעשית עיקר ספיגת תוצרי העיכול. (ספיגה פסיבית ואקטיבית) |
| מעי גס | קטרו גדול מזה של המעי הדק והוא קצר ממנו. חסר סיסים מסתיים בפי הטבעת.                                                                                                                                            | 7         |  | —       |                                                                                  | הפרשת הצואה היא רפלקס שהאדם למד להשתלט עליו באורח רצוני. בו נספגים בעיקר מים ומינרלים לדם. יש בו חיידקים יוצרי ויטמינים B, K                                                                      |

## סיכום פרק מערכת הנשימה

### תכנית הלימודים: מערכת הנשימה

**רעיון מרכזי:** במערכת הנשימה מתקיים חילוף גזים בין הסביבה החיצונית לסביבה הפנימית של הגוף.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                              | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                                                         | הערות, הסברים                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <p><b>מערכת הנשימה (5-7 שעות)</b></p> <p>-מיקום, התאמה בין מבנה לתפקוד</p> <p>-חילוף גזים (חמצן ו-<math>CO_2</math>) עם הסביבה ויסות קצב הנשימה.</p> <p>-השפעת העישון וזיהום האוויר על מערכת הנשימה</p> | <p>בית החזה, נאדיות הריאה, סמפונות, סרעפת, קנה נשימה, ריאות, שרירים בין-צלעיים.</p> <p>חילוף גזים, לחץ אוויר, נשיפה, קצב נשימה, שאיפה.</p> <p><math>CO_2</math>, חומצה פחמתית, מרכז הנשימה במוח.</p> <p>ניקוטין, עטרן, CO</p> | <p>יש להתייחס גם למנגנון (מכניזם) של פעולת הנשימה.</p> |

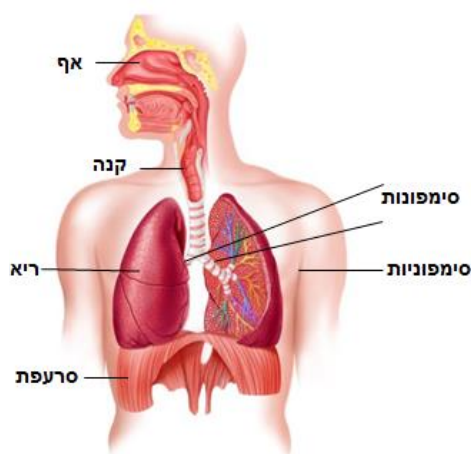
### סיכומים על פרק מערכת הנשימה:

- מערכת הנשימה – מבנה ותפקוד
- מנגנון הנשימה ויסותו
- השפעת עישון וזיהום אוויר על מערכת הנשימה

### א. מערכת הנשימה – מבנה ותפקוד

- תפקודיה העיקריים של מערכת הנשימה הם: חילוף גזים בין הגוף לאוויר - חמצן (הנחוץ לתהליך הנשימה התאית) נכנס מהאוויר אל הגוף, ופחמן דו-חמצני (שנוצר בתהליך הנשימה התאית) נפלט מן הגוף אל האוויר.

- מערכת הנשימה כוללת: אף, קנה נשימה המתפצל לסמפונות ולסימפוניות וריאות. כמו כן משתתפים בפעילות המערכת השרירים הבין-צלעיים והסרעפת.



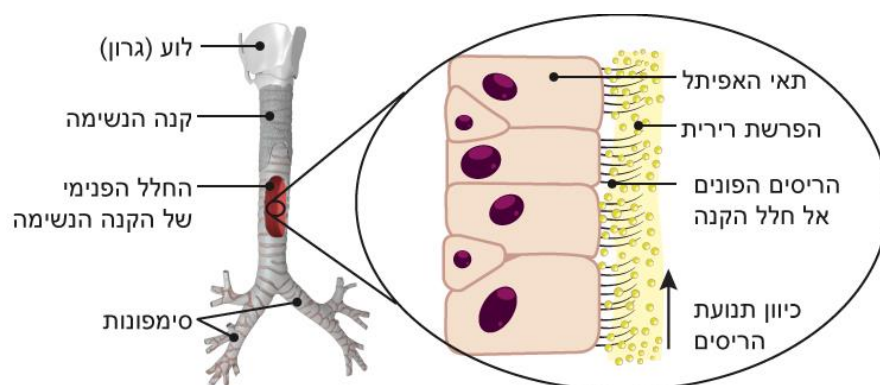
## האף

- באף ובמערות האף מתרחש סינון האוויר, חימומו והרווייתו באדי מים.
- סינון האוויר מחלקיקי אבק ולכלוך מונע את הצטברותם בריאות, דבר שעלול לסתום אותן ולגרום לנזקים קשים. החלל הפנימי של האף מצופה שכבת אפיתל רירי שאליו נדבקים גופים זרים (כמו חלקיקי אבק ופיח) והם מסולקים בעזרת ריסים זעירים שנעים בתנועה גלית כלפי חוץ. השערות הממלאות את חלל האף עוצרות חלקיקים גדולים יחסית.
- חדירת חלקיקים לאף או לקנה הנשימה מעוררת תגובת עיטוש שמסייעת לסילוקם החוצה.
- המגע של האוויר עם הקרומים החמים והלחים של האף ומערות האף גורם לחימומו ולהרווייתו באדי מים. שטח הפנים הגדול שיוצרים פיתולי מערות האף מייצל את התהליכים האלה. הודות לתהליכים אלה האוויר מגיע לריאות שהוא חם ולח יותר, וכך קטנים איבוד החום והמים מהגוף בעת שהאוויר בא במגע עם שטח הפנים העצום של הריאות.



## הקנה והסימפונות

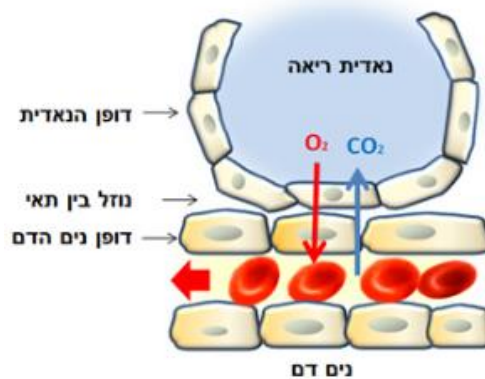
- הקנה והסימפונות בנויים מטבעות סחוס המקנות להם קשיחות המאפשרת מעבר פתוח לאוויר הנכנס אל הריאות והיוצא מהן.
- בדפנות הקנה והסימפונות יש שכבת אפיתל רירי שאליו נדבקים גופים זרים שהצליחו להיכנס לעומק מערכת הנשימה, והם מסולקים בעזרת ריסים זעירים שנעים בתנועה גלית לכיוון הלוע.



## הריאות

- הריאות הן איברים דמויי חרוט המשמשים לחילופי גזים. הן ממוקמות בבית החזה ומחוברות באמצעות קרומים אל הצלעות. הסימפון החודר לכל אחת מהריאות, מתפצל בה שוב ושוב למספר עצום של סימפונות במבנה הנקרא "עץ הסימפונות".
- בקצה כל סימפונה יש אשכול של נאדיות. לכל נאדיה מגיע עורק המתפצל לנימי דם שדרכם מתרחש חילוף הגזים עם הנאדיה. נימי הדם מתלכדים לורידון. הוורידונים היוצאים מכל הנאדיות מתלכדים לוורידים ראשיים המזרימים דם עשיר בחמצן אל הריאות.

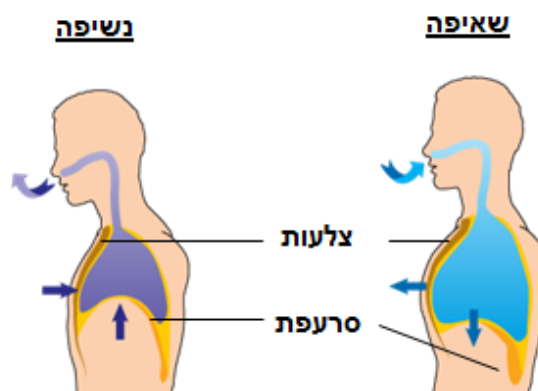
- בריאות של האדם נמצאות כ-300 מיליון נאדיות, ששטח הפנים הכולל שלהן הוא כ-80 מ"ר (כשטח הרצפה של דירה בת 3-4 חדרים).
- חילוף הגזים מתבצע בנאדיות הריאה: חמצן עובר מהנאדיות אל הדם, והפחמן הדו-חמצני עובר מהדם אל הנאדיות. הגזים עוברים בתהליך דיפוזיה בכיוון מפל הריכוזים שלהם: בנאדיות ריכוז החמצן גבוה וריכוז הפחמן הדו-חמצני נמוך, ואילו בדם ריכוז החמצן נמוך וריכוז הפחמן הדו-חמצני גבוה (מכיוון שהדם שהגיע לריאות מהלב זרם קודם לכן בקרבת תאי הגוף, וחמצן עבר ממנו אל תאי הגוף, ופחמן דו-חמצני עבר מהתאים אל הדם).
- הגורמים לייעול תהליך חילוף הגזים בריאות הם:
  - הגדלת שטח הפנים שדרכו הדיפוזיה מתרחשת הודות לפיצול הריאות למספר עצום של נאדיות, ופיצול כלי הדם למספר עצום של נימים.
  - המרחק הזעיר שהגזים עוברים בתהליך דיפוזיה הודות לעובדה שדופן הנאדיות מורכבת משכבת תאים אחת, וכך גם דופן נימי הדם.
  - הנוזל המצפה את הדפנות הפנימיות של הנאדיות היוצר את הסביבה הלחה הנחוצה להתמוססות הגזים.



## ב. מנגנון הנשימה וויסותו

### תהליך השאיפה ותהליך הנשיפה

- הכנסת אוויר לריאות (בתהליך שאיפה) והוצאתו מהריאות החוצה (בתהליך נשיפה) נעשות על ידי הגדלה והקטנה לסירוגין של נפח בית החזה. שינוי הנפח מתבצע באמצעות השרירים הבין-צלעיים והסרעפת.
  - השאיפה היא תהליך אקטיבי – היא כרוכה בהתכווצות השרירים הבין-צלעיים הגורמת להעלאת הצלעות ובהתכווצות הסרעפת. פעולות אלו גורמות להרחבת בית החזה והריאות. כתוצאה מכך יורד הלחץ בריאות ואוויר נכנס אליהן.
  - הנשיפה היא תהליך פסיבי\* – התרפות השרירים גורמת לירידת הצלעות, להתכווצות הריאות, ועקב כך לעליית הלחץ בהן, וליציאת האוויר מתוכן.
- \*בזמן מאמץ, הנשיפה היא תהליך אקטיבי הכרוך בהפעלת השרירים הבין-צלעיים ושרירי הבטן.



הקורס הווירטואלי  
מטח

## ויסות קצב הנשימה

- הנשימה היא פעולה בלתי רצונית והיא מבוקרת על ידי מרכז הנשימה במוח (אפשר לשלוט באופן רצוני על הנשימה למשך פרק זמן קצר ביותר).
- קצב הנשימה ונפח הנשימה משתנים על פי צרכי הגוף באמצעות תהליכי משוב שלילי. לדוגמה: בעת פעילות גופנית, מוגבר קצב הנשימה בתאי השרירים. וכתוצאה מכך יורד ריכוז החמצן בדם, וריכוז הפחמן הדו-חמצני עולה. בתגובה מופעלים מנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס ובניהם – הגברת קצב הנשימה, ובכך מובטחת אספקת החמצן לרקמות ונשמר ההומיאוסטזיס בנוגע לריכוז קבוע של חמצן ופחמן דו-חמצני בדם.
- הגורמים העיקריים המשפיעים על קצב הנשימה הם ריכוז הפחמן הדו-חמצני בדם ודרגת ה-pH (החומציות) של הדם (מתגובה בין פחמן דו-חמצני ומים נוצרת חומצה פחמתית שמתפרקת ליוני מימן. יוני המימן גורמים לירידת ה-pH). חיישנים ייחודיים במוח חשים בשינויים בריכוז ה- $\text{CO}_2$  ובשינוי דרגת ה-pH. המידע מועבר למרכז הנשימה, והוא שולח גירויים לשרירי הנשימה המגביר או מפחית את קצב הנשימה.

**מונחים (מהסילבוס):** חילוף גזים, לחץ אוויר, נשיפה, קצב נשימה, שאיפה,  $\text{CO}_2$ , חומצה פחמתית, מרכז הנשימה במוח.

## ג. השפעת עישון וזיהום אוויר על מערכת הנשימה

למרות אמצעי ההגנה והסינון של מערכת הנשימה, גורמים מזהמים מצליחים לפעמים לחדור אליה ולגרום לדלקות במערכת הנשימה, לפגוע בתנועת הריסים שתפקידם להרחיק חומרי פסולת מהאף ומהסמפונות, להגביר את הפרשת הריר ולפגוע באזור הריאות, להרוס את רקמות הריאות או לגרום להצטברות נוזל בנאדיות הריאה.

יש מזהמים ממקורות טבעיים (כמו חיידקים, נגיפים או גרגרי אבקת פרחים), אך רוב המזהמים מגיעים ממקורות מעשה ידי אדם (גזים רעילים וחלקיקים זעירים של פיח או של חומרים אחרים).

העישון מסוכן לבריאות. עשן הסיגריות מכיל כ-400 חומרים שונים שחלקם מוצקים וחלקם גזים, הפוגעים בהובלת החמצן מן הריאות אל תאי הגוף ובפינוי הפחמן הדו-חמצני מתאי הגוף אל הריאות באמצעות זרם הדם. חלק מהחומרים גורמים למחלת סרטן, וחומרים אחרים פוגעים בעקיפין גם בלב ובמערכות גוף אחרות בגוף. החומרים המוצקים שהעיקריים בהם הם עטרן וזפת שוקעים הריאות וגורמים לנזקים כבדים. המעשנים מנסים להוציא את המשקעים האלה בעזרת שיעול. זהו המקור לשיעול הבוקר האופייני שלהם. העטרן הוא החומר המסרטן העיקרי המצוי בעשן הסיגריות. הניקוטין המצוי בעשן הסיגריות משפעי על המוח וגורם להתמכרות קשה.

הגז פחמן חד-חמצני הוא תרכובת של פחמן וחמצן. זהו גז חסר צבע וריח הנוצר משריפה של דלקים ומצוי גם בעשן הסיגריות. הגז חודר לריאות ודרכן אל הדם. הזיקה של ה- $\text{CO}$  להמוגלובין גדולה פי 250 בערך מזו של החמצן, ולכן הוא נקשר בקלות רבה להמוגלובין. כך  $\text{CO}$  מפחית גם את כמות החמצן היכולה להיקשר להמוגלובין בנימי הריאה. חשיפה לריכוזים גבוהים של חשיפה לריכוזים נמוכים של פחמן חד-חמצני גורמת לסחרחורות, כאבי ראש, בחילות וחוסר ריכוז. חשיפה לריכוזים גבוהים, העשויה להתרחש באזורים סגורים, עלולה לגרום להרעלה חריפה שתוצאותיה הן אובדן הכרה ואף מוות כתוצאה מחנק. פחמן חד-חמצני הנפלט ממכשירים ביתיים כגון תנורים לחימום או לבישול, עלול לגרום להרעלה. מכיוון שהגז חסר צבע, חסר ריח וחוסר טעם, אי אפשר לחוש בו. בעבר אירעו מקרים טרגיים של מות משפחות שלמות שישנו בחדרים סגורים שחוממו בתנורי נפט ישנים.

**מונחים (מהסילבוס):** ניקוטין, עטרן, פחמן חד-חמצני  $\text{CO}$ .

## **סיכום פרק מערכת ההובלה – מחזור הדם**

### **תכנית הלימודים**

(של שלושה פרקי מערכת ההובלה: מחזור הדם, הלב וכלי הדם)

**רעיון מרכזי:** מערכת הובלה מתווכת בין הסביבה החיצונית לסביבה הפנימית של הגוף, מקשרת בין חלקי הגוף ומאפשרת מעבר חומרים ביניהם.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                                                                                                                                | הערות                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>מערכת ההובלה (14 שעות)</u></b><br/> <b><u>הלב ומחזור הדם</u></b><br/> מערכת זרימה ותיווך המקשרת בין מערכות שונות.</p> <p>לב – מיקום, התאמה בין מבנה לתפקוד</p> <p>ויסות זרימת הדם לאברי גוף שונים.<br/> ויסות קצב הלב.<br/> תפוקת הלב</p> <p><b><u>כלי הדם</u></b><br/> כלי הדם – סוגים, התאמה בין מבנה לתפקוד</p> <p><b><u>הגנה: תאי דם לבנים</u></b></p> | <p>אבי העורקים, ורידי הריאה, חדר, טסיות דם (לוחיות דם), כלי דם כליליים, נוזל הדם (פלסמה), עליה, תאי דם אדומים, תאי דם לבנים.</p> <p>דופק, לחץ דם (דיאסטולי וסיסטולי), מחזור דם גדול, מחזור דם קטן, פעימת לב.</p> <p>אדרנלין, נפח פעימה, קוצב לב, קצב לב, תפוקת לב.</p> <p>ורידים, עורקים, נימים.</p> | <p>חשוב להדגיש כי מעבר חומרים מתרחש בין הנימים לנוזל הבין-תאי ולתאי הגוף.</p> <p>פרוט והרחבה על תפקוד הדם בהגנה על הגוף מופיע בנושא מערכת ההגנה.</p> |

### **סיכומים על פרק מערכת ההובלה – מחזור הדם:**

- התפקודים העיקריים של מערכת ההובלה
- מבנה מערכת ההובלה – המחזור הגדול והמחזור הקטן
- ויסות זרימת הדם לאיברים במצבי פעילות שונים

## **א. התפקודים העיקריים של מערכת ההובלה**

### **העברת חומרים ממקום למקום בגוף**

- ✓ הובלת חומרים מהמערכות הקולטות חומרים מהסביבה החיצונית (מערכת העיכול ומערכת הנשימה) אל תאי הגוף, ומתאי הגוף אל המערכות ומתאי הגוף אל המערכות הפולטות חומרים אל הסביבה (מערכת ההפרשה ומערכת הנשימה).
- ✓ הובלת חומרים (כגון הורמונים ונוגדנים) הנוצרים במקום אחד בגוף אל המקומות בהם הם פועלים.

### **שמירה על ההומיאוסטזיס (סביבה פנימית יציבה)**

- ✓ שמירה על טמפרטורת גוף קבועה בעזרת פיזור עודפי חום הנוצרים ברקמות, ויסות איבוד החום לסביבה באמצעות הרחבת כלי הדם ההיקפיים או כיווץ, על פי מצב הגוף.
- ✓ כמו האדם, גם שאר היונקים והעופות הם הומיאותרמיים, כלומר בעלי מנגנונים המאפשרים להם לשמור על טמפרטורת גוף קבועה פחות או יותר, גם כשטמפרטורת הסביבה משתנה וגם בתנאי פעילות שונים.
- ✓ (הרחבה) למערכת ההובלה יש תפקיד מרכזי בשמירה על ההומיאוסטזיס בגוף גם בהיבטים הבאים: ויסות חלוקת הנוזלים בגוף, ויסות ריכוזי המומסים בנוזלי הגוף, ויסות רמת ה-pH בגוף.

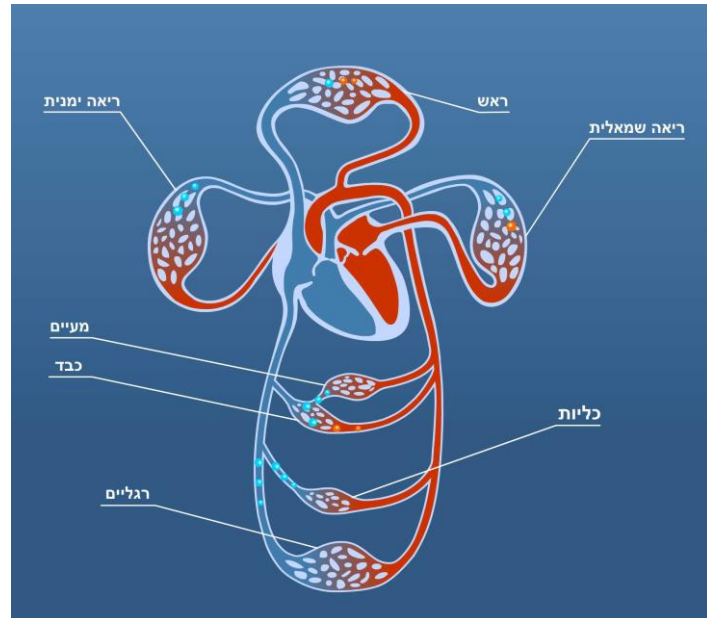
### **הגנה מפני גורמים זרים**

- ✓ הגנה על הגוף מפני גורמים זרים כגון חיידקים ווירוסים (ביחד עם מערכת הלימפה) באמצעות תאי הדם הלבנים, והעברת נוגדנים הנוצרים כנגד הגורמים הזרים. (הרחבה על נושא זה – בפרק "מערכת ההגנה והחיסון").

## **ב. מבנה מערכת ההובלה – המחזור הגדול והמחזור הקטן**

- ✓ מערכת הדם מורכבת מהלב וממערכת של צינורות משלושה סוגים: עורקים (עורקים ראשיים, עורקים, עורקיקים), נימים, וורידים (ורידים, ורידונים, ורידים ראשיים).
- ✓ זו מערכת סגורה, כלומר, הדם זורם תמיד בתוך הצינורות (למעט מקרי פציעה).
- ✓ מעבר חומרים בין התאים לכלי הדם מתרחש דרך דופן הנימים.
- ✓ עורק או וריד מוגדרים לפי כיוון זרימת הדם בהם ולא לפי תכולת החמצן או ה-CO<sub>2</sub> בהם: הזרימה בעורק היא מכיוון הלב; הזרימה בווריד היא לכיוון הלב.
- ✓ הלב מזרים את הדם בשני מחזורים: המחזור הגדול והמחזור הקטן.
- ✓ המחזור הגדול (לב-גוף-לב): דם עשיר בחמצן ועני בפחמן דו-חמצני יוצא מהצד השמאלי של הלב ומוזרם אל הגוף. בעת שהדם זורם בנימים מתרחשים מעבר חמצן וחומרי מזון מהדם אל התאים, ומעבר של פחמן דו-חמצני וחומרי פסולת אחרים מהתאים אל הדם. הדם העני בחמצן ועשיר בפחמן דו-חמצני חוזר אל הצד הימני של הלב.
- ✓ המחזור הקטן (לב-ריאות-לב): דם עני בחמצן ועשיר בפחמן דו-חמצני מוזרם אל הריאות. בעת שהדם זורם בנימי הריאות מתרחשים חילופי הגזים: חמצן עובר מנאדיות הריאה אל הדם, ופחמן דו-חמצני עובר בכיוון ההפוך. הדם העשיר בחמצן ועני בפחמן דו-חמצני חוזר אל הצד השמאלי של הלב.

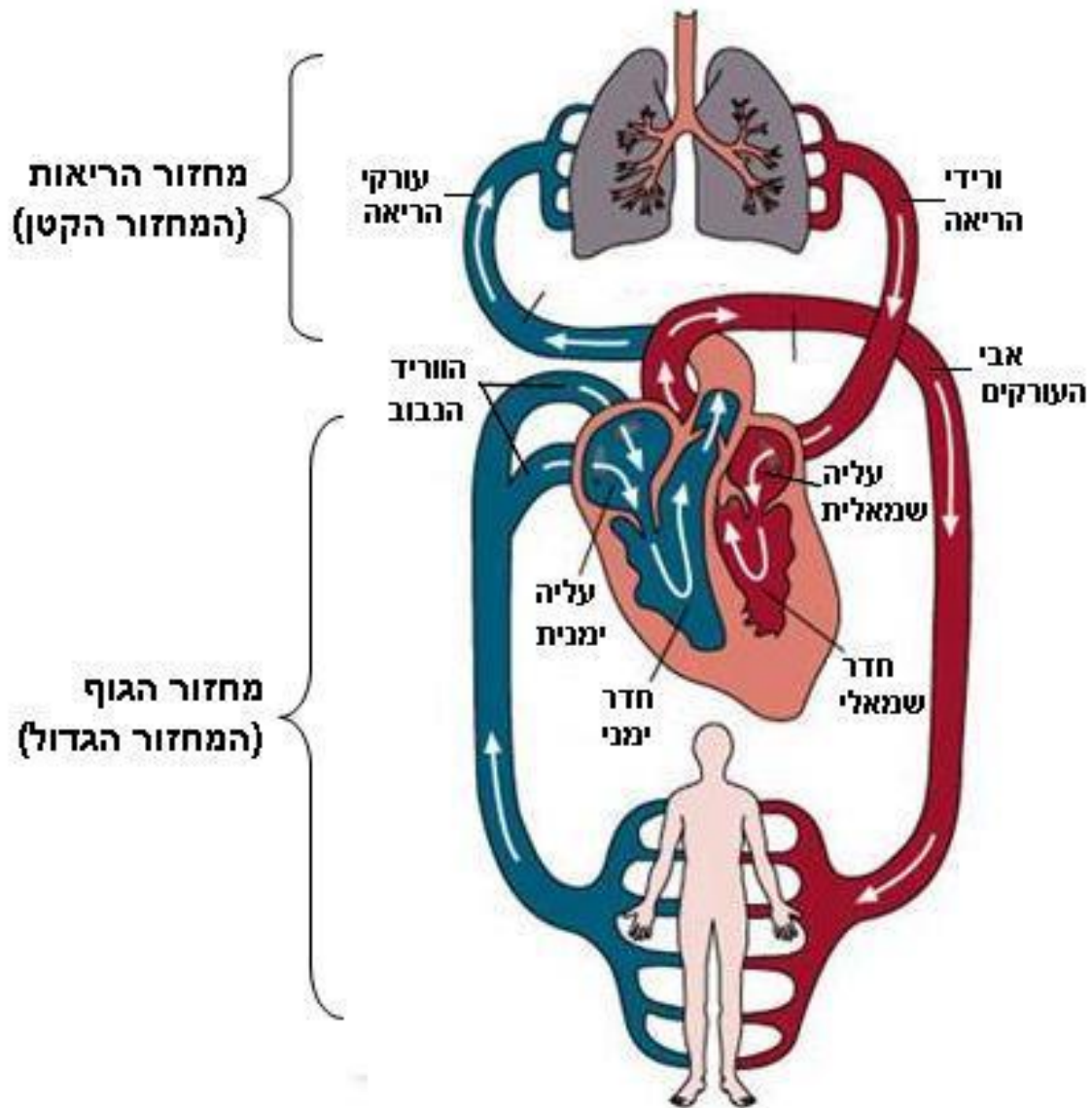
### קישור להדמיה: המחזור הגדול והמחזור הקטן



### **ג. ויסות זרימת הדם לאיברים במצבי פעילות שונים**

- ✓ כמות הדם הזורמת לאיברי הגוף השונים מווסתת על פי צרכיהם של איברי הגוף בכל מצב נתון.
- ✓ הוויסות נעשה על ידי כיווץ או הרפיה של העורקיקים המובילים דם אל האיברים השונים.
- ✓ בעת פעילות גופנית, מוגברת זרימת הדם לשרירים ולעור, ומוקטנת זרימת הדם אל מערכת העיכול, הכליות ואיברים פנימיים אחרים. הגדלת הזרימה אל השרירים מאפשרת את הגדלת קצב הנשימה התאית בהם וייצור יותר אנרגיה זמינה לפעולתם. עודפי החום הנוצר בשרירים בעת הפעילות הגופנית מוסעים בדם אל העור. הגברת זרימת הדם אל העור מאפשרת את הגדלת פיזור החום אל הסביבה.
- ✓ בעת מנוחה או בעת מנוחה לאחר ארוחה, מוגברת זרימת הדם אל מערכת העיכול ואל איברים פנימיים אחרים כגון הכליות, ומוקטנת זרימת הדם אל השרירים והעור. הגברת זרימת הדם אל מערכת העיכול מאפשרת את הגברת קצב הנשימה התאית וייצור יותר אנרגיה זמינה לתהליכי העיכול והספיגה. כמו כן, היא מגדילה את כושר ספיגת המזון המעוכל בדם.

## מחזור הדם הגדול והקטן



שימו 

דם הזורם בצבע אדום בתרשים- דם עשיר בחמצן

דם הזורם בצבע כחול בתרשים- דם עני בחמצן

## סיכום הפרק על מערכת ההובלה – הלב

### תכנית הלימודים

(של שלושת הפרקים על מערכת ההובלה: מחזור הדם, הלב וכלי הדם)

הרעיון המרכזי: מערכת ההובלה מתווכת בין הסביבה החיצונית לסביבה הפנימית של הגוף, מקשרת בין חלקי הגוף ומאפשרת מעבר חומרים ביניהם.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                                                                                                                                 | הערות                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>מערכת ההובלה (14 שעות) – הלב ומחזור הדם</u></b></p> <p>מערכת זרימה ותיווך המקשרת בין מערכות שונות.</p> <p>לב – מיקום, התאמה בין מבנה לתפקוד.</p> <p>ויסות זרימת הדם לאיברי הגוף.</p> <p>ויסות קצב הלב.</p> <p>תפוקת הלב.</p> <p><b><u>כלי הדם</u></b></p> <p>כלי הדם – סוגים, התאמה בין מבנה לתפקוד.</p> <p><b><u>הגנה: תאי דם לבנים</u></b></p> | <p>אבי העורקים, ורידי הריאה, חדר, טסיות דם (לוחיות דם), כלי דם כליליים, נוזל הדם (פלסמה), עלייה, תאי דם אדומים, תאי דם לבנים.</p> <p>דופק, לחץ דם (דיאסטולי וסיסטולי), מחזור דם גדול, מחזור דם קטן, פעימת לב.</p> <p>אדרנלין, נפח פעימה, קוצב לב, קצב לב, תפוקת לב.</p> <p>ורידים, עורקים, נימים.</p> | <p>חשוב להדגיש כי מעבר חומרים מתרחש בין הנימים לבין הנוזל הבין-תאי ותאי הגוף.</p> <p>פירוט והרחבה על תפקידו של הדם בהגנה על הגוף מופיעים בפרק על מערכת ההגנה.</p> |

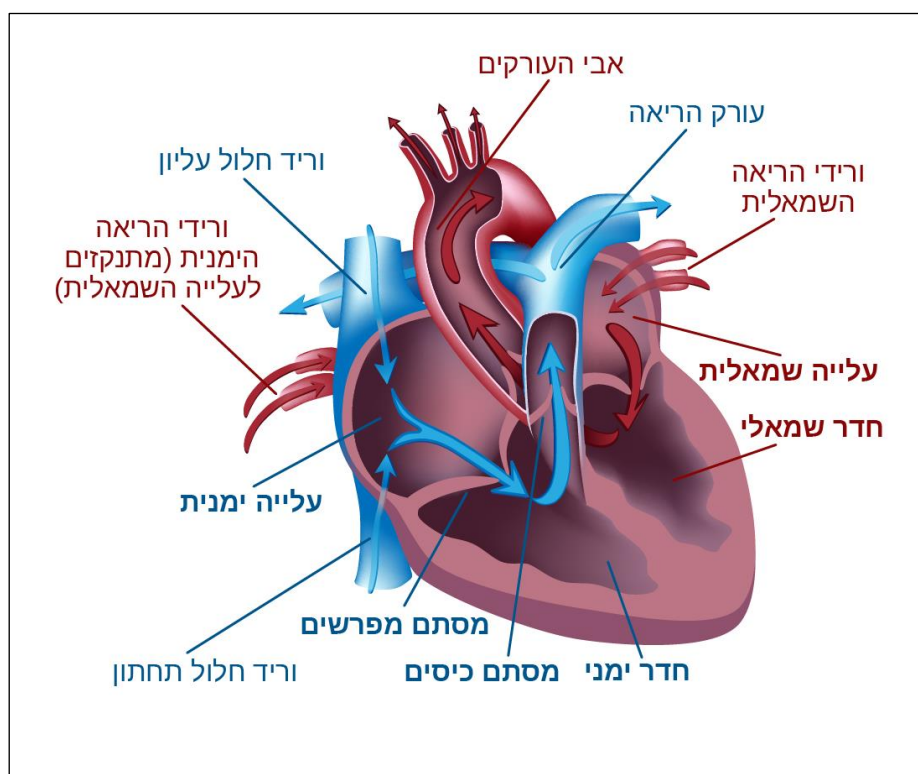
## סיכום הפרק על מערכת ההובלה – הלב:

- א. הלב – מבנה ותפקוד
- ב. תפוקת הלב וויסות קצב הלב

## א. הלב – מבנה ותפקוד

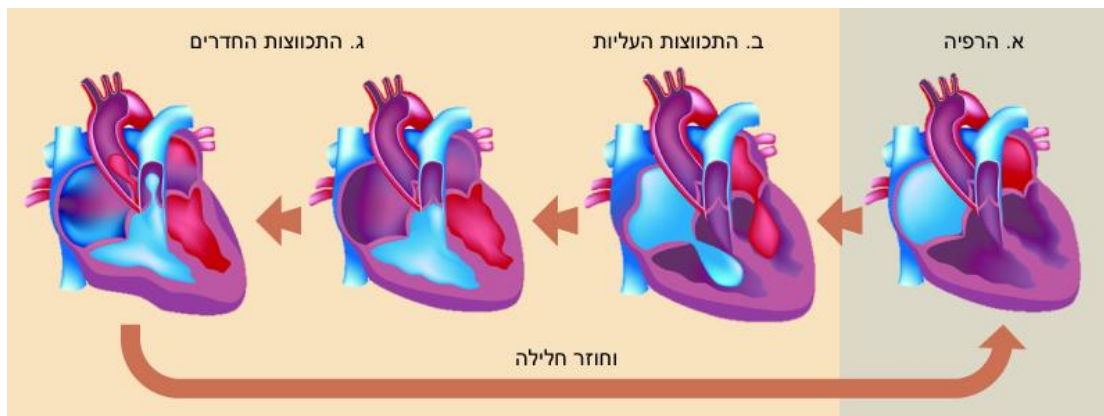
### העברת חומרים ממקום למקום בגוף

- ✓ הלב הוא איבר שרירי חלול שגודלו כגודל אגרוף של אדם ומשקלו כ-300 גרם. הוא נמצא במרכז בית החזה, בין הריאות, וקצהו התחתון פונה לצד שמאל.
- ✓ בעצם, הלב אינו משאבה אחת אלא שתי משאבות צמודות: שמאלית וימנית, הפועלות בתיאום זו עם זו.
- ✓ **המשאבה בצד השמאלי של הלב** קולטת אל תוך העלייה השמאלית דם עשיר בחמצן ודל בפחמן דו-חמצני, שמגיע מן הריאות דרך ורידי הריאה. הדם מוזרם אל החדר השמאלי, ומשם הוא נדחף בכוח רב דרך אבי-העורקים אל רקמות הגוף.
- ✓ **המשאבה בצד הימני של הלב** קולטת אל תוך העלייה הימנית דם דל בחמצן ועשיר בפחמן דו-חמצני, שמגיע מהגוף דרך הוורידים הנבובים (החלולים). הדם מוזרם אל החדר הימני, ומשם הוא נדחף אל הריאות דרך עורק הריאה.
- ✓ שתי המשאבות מופרדות לחלוטין באמצעות מחיצת שרירים. **מחיצה זו מאפשרת הפרדה בין הדם העשיר בחמצן ודל בפחמן דו-חמצני (שזורם בצד השמאלי של הלב) לבין הדם הדל בחמצן ועשיר בפחמן דו-חמצני (שזורם בצד הימני).**
- ✓ **הזרימה בלב היא חד-כיוונית** וכיוון הזרימה הוא מן הוורידים אל העליות, מהעליות אל החדרים ומהחדרים אל העורקים. מסתמים המצויים בין העליות לחדרים ובין החדרים לעורקים מונעים את חזרת הדם לאחור ומאפשרים זרימה חד-כיוונית בלבד. קולות הלב הם קולות סגירת המסתמים.
- ✓ יש התאמה בין עובי הדופן של מדורי הלב השונים לבין המרחק שאליו מוזרם הדם: הדופן של החדר השמאלי, המזרים דם למרחק רב לכל חלקי הגוף, היא העבה ביותר; הדופן של החדר הימני, המזרים דם אל הריאות – דקה יותר, ואילו דופן העליות, המזרימות דם לחדרים הצמודים אליהן, היא הדקה ביותר.



### ✓ פעימת לב אחת מורכבת משלושה שלבים:

התרפות הלב – שבמהלכה דם חוזר מהוורידים הראשיים לעליות.  
 התכווצות העליות – שבמהלכה דם עובר מהעליות אל החדרים.  
 התכווצות החדרים, שבמהלכה דם עובר מהם אל העורקים.  
 שלב התכווצות החדרים נקרא **סיסטולה**, ושלב התרפות הלב נקרא **דיאסטולה**.



[קישור להדמיה על פעולת הלב](#)

**קישור להדמיית תלת-ממד – לב**

✓ **בדיקת א.ק.ג (אלקטרוקרדיוגרם)** היא בדיקה המתעדת את השינויים החשמליים המתרחשים במהלך פעימות הלב. מוזדים את השינויים באמצעות הצמדת אלקטרודות לגוף הנבדק.

### התאמות הלב לתפקודו – סיכום

| התאמה                                                                                                            | התפקוד/היתרון שהיא מקנה                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| הפרדה מוחלטת בין שני חלקי הלב באמצעות מחיצה.                                                                     | מניעת ערבוב דם עשיר בחמצן עם דם דל בחמצן.                                   |
| מסתמים בין העליות לחדרים ובין החדרים לעורקים.                                                                    | מבטיחים זרימה חד-כיוונית בלב (עליות ← חדרים ← עורקים).                      |
| עובי דופן מדורי הלב: דופן החדר השמאלי – העבה ביותר, דופן החדר הימני – בינונית בעובייה, דופן העליות – הדקה ביותר. | התאמה בין עובי הדופן לבין מרחק הזרמת הדם, המבטיחה זרימה תקינה ולחץ דם תקין. |
| הדופן הפנימית של הלב היא חלקה.                                                                                   | הקטנת החיכוך עם הדם מסייעת לזרימה מהירה.                                    |

### ✓ כלי הדם הכליליים

דרך הלב עוברות כמויות עצומות של דם, אולם הוא מקבל את אספקת הדם שלו מכלי דם שנקראים עורקים כליליים, המתפצלים מתוך אבי-העורקים, מסתעפים ומכתרים את הלב מכל עבריו ("כליל" פירושו קָתֵר). העורקים הכליליים מתפצלים לנימים שדרכם מתרחש חילוף החומרים עם תאי הלב. הדם חוזר מהלב אל הווריד הנבוב דרך הוורידים הכליליים.

**מונחים:** אבי-העורקים, ורידים נבובים, ורידי הריאות, עורק הריאה, עלייה, חדר.

סיסטולה, דיאסטולה, מסתמים (שסתומים), א-ק-ג, פעימת לב.

## ב. תפוקת הלב וויסות קצב הלב

- ✓ תפוקת הלב היא נפח הדם המוזרם במשך דקה מכל אחד מחדרי הלב.
- ✓ אפשר לחשב את תפוקת הלב על ידי הכפלת קצב הלב (מספר התכווצויות הלב בדקה) בנפח הפעימה.

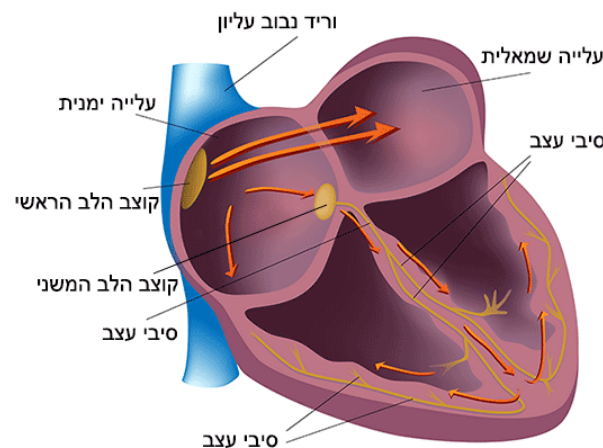
**תפוקת הלב:**  
כמות הדם המוזרמת בדקה מכל אחד מחדרי הלב

$$\text{נפח פעימה} \times \text{קצב הלב} = \text{תפוקת הלב}$$

- ✓ נפח הפעימה הוא נפח הדם המוזרם מכל אחד מחדרי הלב בכל התכווצות של הלב.
- ✓ תפוקת הלב עולה במצבים שונים. בזמן פעילות גופנית לדוגמה, תפוקת הלב עולה עד פי 4 ויותר, בשל הגברת קצב הלב והגדלת נפח הפעימה.
- ✓ אימון גופני אירובי משפר את תפקודי הלב – הוא מחזק את שריר הלב ומגביר את עוצמת ההתכווצות שלו, ולכן נפח הפעימה עולה. אצל ספורטאים נפח הפעימה גדול יותר מאשר אצל אנשים שאינם ספורטאים, הן במצב מנוחה והן במצב פעילות גופנית, והם מסוגלים להגיע לתפוקות לב גבוהות יותר ולמאמצים גופניים עצימים וממושכים יותר.

### ויסות קצב הלב

- ✓ הגירויים להתכווצות הלב מגיעים מקוצב הלב. קוצב הלב מפיק באופן עצמאי כ-70 גירויים להתכווצות בדקה.



- ✓ אך קצב הלב משתנה בהתאם לצורכי הגוף בהשפעת מערכת העצבים והמערכת ההורמונלית:
  - ✓ ויסות עצבי: אל קוצב הלב מגיעים גירויים דרך העצבים ממרכז בקרת הלב, הנמצא במוח המוארך. מרכז בקרת הלב מקבל מידע על שינויים בריכוז הפחמן הדו-חמצני והחמצן בדם ועל שינוי במדדים נוספים, ועל פי מידע זה משתנים הגירויים הנשלחים אל קוצב הלב וגורמים לו להגביר או להאט את קצב התכווצויות הלב ואת עוצמתן.
  - ✓ ויסות הורמונלי: קוצב הלב מושפע גם מההורמון אדרנלין, המופרש מבלוטת יותרת הכליה.
  - ✓ קצב הגירויים העצביים וקצב הפרשת האדרנלין משתנים במצבים שונים, ובהתאם לכך משתנים גם קצב הלב ונפח הפעימה, ותפוקת הלב עולה או יורדת.
- מונחים:** אדרנלין, נפח פעימה, קוצב לב, קצב לב, תפוקת לב.

## סיכום פרק מערכת ההובלה – כלי הדם

### תכנית הלימודים

(של שלושת פרקי מערכת ההובלה: מחזור הדם, הלב וכלי הדם).

הרעיון המרכזי: מערכת ההובלה מתווכת בין הסביבה החיצונית לסביבה הפנימית של הגוף, מקשרת בין חלקי הגוף ומאפשרת מעבר חומרים ביניהם.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                                                                                                                          | הערות                                                                                                                                                       |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b><u>מערכת ההובלה (14 שעות) –</u></b><br><br><b><u>הלב ומחזור הדם</u></b><br>מערכת זרימה ותיווך המקשרת בין מערכות שונות.<br><br>לב – מיקום, התאמה בין מבנה לתפקוד.<br><br>ויסות זרימת הדם לאיברי הגוף.<br>ויסות קצב הלב. תפוקת הלב.<br><br><b><u>כלי הדם</u></b><br>כלי הדם – סוגים, התאמה בין מבנה לתפקוד.<br><br><b><u>הגנה: תאי דם לבנים</u></b> | אבי העורקים, ורידי הריאה, חדר, טסיות דם (לוחיות דם), כלי דם כליליים, נוזל הדם (פלסמה), עלייה, תאי דם אדומים, תאי דם לבנים.<br><br>דופק, לחץ דם (דיאסטולי וסיסטולי), מחזור דם גדול, מחזור דם קטן, פעימת לב.<br><br>אדרנלין, נפח פעימה, קוצב לב, קצב לב, תפוקת לב.<br><br>ורידים, עורקים, נימים. | חשוב להדגיש כי מעבר חומרים מתרחש בין הנימים לבין הנוזל הבין-תאי ותאי הגוף.<br><br>פירוט והרחבה על תפקידו של הדם בהגנה על הגוף מופיעים בנושא של מערכת ההגנה. |  |  |

### סיכומים על הפרק מערכת ההובלה – כלי הדם:

- א. עורקים, ורידים ונימים – התאמה בין מבנה לתפקוד.  
ב. לחץ דם.

## א. עורקים, ורידים ונימים – התאמה בין מבנה לתפקוד

יש בגוף כלי דם משלושה סוגים:

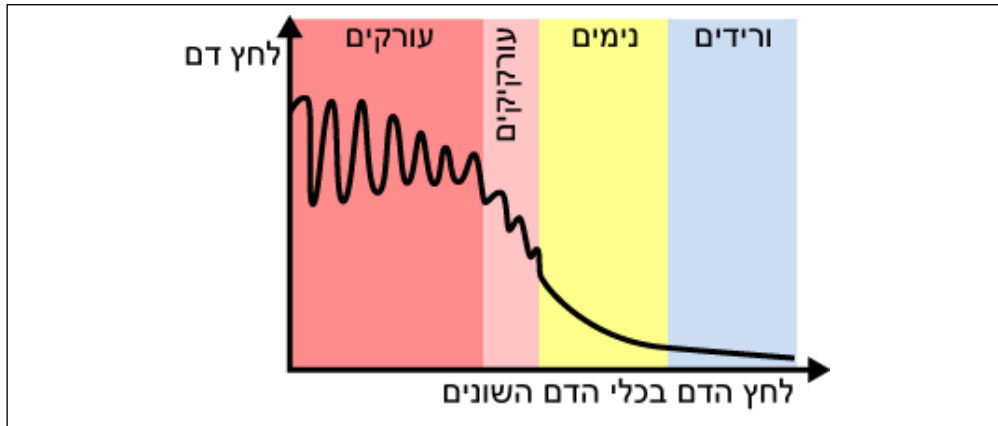
- ✓ עורקים – המזרימים דם מכיוון הלב אל איברי הגוף; נימים – כלי הדם הדקים ביותר, שדרכם מתבצע מעבר חומרים בין הדם לבין הרקמות; וכן ורידים – המחזירים דם לכיוון הלב.
- ✓ לעורקים יש דופן עבה ואלסטית המותאמת לזרימה מהירה בלחץ גבוה. הדם נדחף מן הלב ישירות לעורקים ב"גלים", בהתאם להתכווצויות הלב. אפשר לחוש את התרחבות והתכווצות העורקים (הדופק) בכמה נקודות בגוף. ההתרחבות וההתכווצות של העורקים מסייעות להזרים את הדם קדימה.
- ✓ בוורידים שורר לחץ דם נמוך ומהירות הזרימה בהם היא אטית. הגורמים המסייעים להזרמת הדם מהורידים אל הלב (לעתים נגד כוח הכובד) הם: ההתכווצויות של שרירי השלד, ירידת הלחץ בבית החזה בעת השאיפה, ומניעת חזרה של הדם אחורנית על ידי פעולת המסתמים החד-כיווניים.
- ✓ דופן העורקים והורידים בנויה משלוש שכבות, כמתואר בתרשים:



- ✓ דופן העורקים עבה מדופן הורידים, אך הקוטר הפנימי של הורידים גדול מהקוטר הפנימי של העורקים.
- ✓ בנימים מתרחש מעבר של חמצן וחומרי מזון אל התאים, ומעבר של פחמן דו-חמצני וחומרי פסולת אחרים מן התאים אל הדם. הגורמים המסייעים למעבר חומרים יעיל הם: מהירות הזרימה הנמוכה, מרחק הדיפוזיה הקצר (דופן הנימים בנויה משכבת תאים אחת) והגדלת שטח הפנים שדרכו מתרחש מעבר חומרים הודות למספר העצום של הנימים.

## ב. לחץ דם

- ✓ לחץ דם הוא הלחץ שהדם מפעיל על דופן כלי הדם עקב התכווצויות הלב, והוא הגורם לזרימת הדם. לחץ הדם בעורקים משתנה, עולה ויורד באופן מחזורי לסירוגין, בהתאם להתכווצויות הלב. (לחץ סיסטולי – הנוצר בזמן התכווצות הלב, ולחץ דיאסטולי – הנוצר בזמן ההרפיה בין ההתכווצויות).
- ✓ לחץ הדם הגבוה ביותר הוא בעורקים, והוא הולך ופוחת כאשר הדם זורם בנימים ובוורידים. כמו כן, אין בוורידים ובנימים שינויים מחזוריים בלחץ הדם כפי שיש בעורקים מכיוון שהשפעת התכווצויות הלב כבר אינה ניכרת כפי שקורה בעורקים, שאליהם מוזרם הדם ישירות מהלב.



- ✓ לחץ דם גבוה מדי הוא מסוכן ועלול להזיק ללב ולכלי הדם, במיוחד באיברים רגישים כמו המוח, העיניים והכליות, והוא אחד מגורמי הסיכון להתקף לב, לאי-ספיקת לב ולמחלות כליות. לחץ דם גבוה מדי מכונה לעתים "הרוצח השקט", מפני שהאדם הסובל ממנו לעתים קרובות אינו מודע לכך.
- ✓ לחץ דם נמוך מדי עלול לגרום לאספקת חומרים לקויה לתאים ועקב כך לחולשה.

## **סיכום פרק מערכת ההובלה – רקמת הדם**

### **תכנית הלימודים**

**רעיון מרכזי:** מערכת הובלה מתווכת בין הסביבה החיצונית לסביבה הפנימית של הגוף, מקשרת בין חלקי הגוף ומאפשרת מעבר חומרים ביניהם.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | מונחים ומושגים נוספים                                                       | הערות                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>רקמת הדם</u></b></p> <p>רקמת הדם - הרכב ותפקוד.<br/>         -הובלת חמצן בדם: קישור להמוגלובין שבתאי דם אדומים.<br/>         -הובלת CO<sub>2</sub> בדם: תגובה עם המים בפלסמה, המסה בפלסמה, קישור להמוגלובין.<br/>         -הובלת חומרים.<br/>         -הסעת חום.</p> <p>-קרישת הדם כמנגנון למניעת איבוד דם.</p> | <p>ברזל, המוגלובין.<br/>         טסיות דם/לוחיות דם, פיברין, פיברינוגן.</p> | <p>יש להתייחס למידת הקישור הגבוהה של החמצן להמוגלובין בסביבה עשירה בחמצן ולמידת הקישור הנמוכה בסביבה דלה בחמצן.<br/>         אין צורך ללמד עקומת דיסוציאציה.</p> <p>קרישת דם היא תהליך רב שלבי שמתחיל בשחרור חומר מהטסיות הפגועות ומסתיים בהפיכת חומר מסיס (פיברינוגן) לחומר לא מסיס (פיברין). אין צורך להכיר את שלבי הביניים של התהליך.</p> |

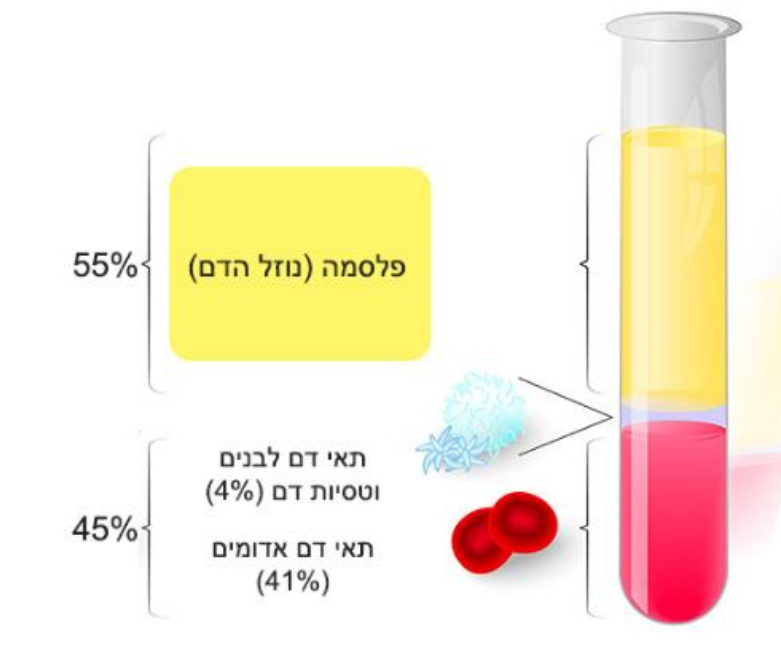
### **סיכומים על פרק מערכת ההובלה – רקמת הדם:**

- א. הפלסמה
- ב. תאי הדם האדומים והובלת חמצן בדם
- ג. לוחיות הדם ותהליך הקרישה

## א. הפלסמה

### הרכב הדם

- ✓ בגוף אדם בוגר יש כ-5 ליטרים של דם.
- ✓ הדם מורכב מנוזל שנקרא פלסמה המהווה כ-55% מנפח הדם, ומתאים המהווים כ-45% מנפח הדם.
- ✓ תאי הדם הם:
- תאי הדם האדומים שתפקידם העיקרי הוא הובלת חמצן.
- תאי הדם הלבנים הקשורים למערכת ההגנה של הגוף.
- טסיות הדם (שהן חלקי תאים) המעורבות בתהליך קרישת הדם.



### הרכב הפלסמה

- ✓ המרכיב העיקרי של הפלסמה הוא מים (כ-90%).
- ✓ בתוך המים מומסים חומרים שונים, ובהם:
- חומרים שמקורם במזון (כגון חד-סוכרים, מלחים, ויטמינים וחומצות אמיניות) המועברים ממערכת העיכול אל התאים שברקמות השונות.
- חומרים הנוצרים בתהליכי חילוף חומרים בתאים, כגון פחמן דו-חמצני ושתנן, המועברים אל המערכות המפרישות אותם.
- הורמונים המועברים מבלוטות או מתאי הפרשה אל איברי המטרה.
- חומרים המעורבים בתהליך קרישת הדם.
- חלבוני הדם, שרובם נשארים בזרם הדם ואינם עוברים אל התאים.
- חשיבות שמירת ההומיאוסטזיס בפלסמה

### חשיבות שמירת ההומיאוסטזיס בדם

- ✓ אצל אדם בריא הרכב החומרים בפלסמה וריכוזם נשארים פחות או יותר קבועים לאורך זמן, וזאת למרות שינויים זמניים קלים בהשפעת התזונה או מצבי הפעילות השונים. יציבות זו נשמרת הודות לפעולת המנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס המופעלים כאשר נגרמת סטייה מהמצב התקין.

- ✓ סטייה חמורה ממצב ההומיאוסטזיס שאינה ניתנת לתיקון על ידי המנגנונים, מתבטאת במחלות ובנזקים חמורים לגוף העלולים להגיע לסכנת חיים.

### **בדיקות דם**

- ✓ בדיקות דם הן אחד האמצעים המרכזיים לאבחון מחלות.
- ✓ בבדיקה נמדדים ריכוזי חומרים שונים המומסים בפלסמה (כימיה של הדם), וכן כמות תאי הדם השונים ומדדים שונים הקשורים אליהם (ספירת דם).
- ✓ דוגמאות לממצאים המעידים על מחלות:
- ריכוז גלוקוז גבוה מדי מעיד על מחלת הסוכרת.
  - ריכוז כולסטרול גבוה עלול לגרום להיווצרות טרשת בעורקים.
  - כמות נמוכה מדי של תאי דם אדומים או ריכוז המוגלובין נמוך בתוכן מעיד על אנמיה.

### **ב. תאי הדם האדומים והובלת חמצן בדם**

- ✓ תאי הדם האדומים מעבירים לתאים את החמצן הדרוש להם לתהליך הנשימה התאית באמצעות החלבון המוגלובין.
- ✓ הקישור להמוגלובין מגדיל את כושר העברת החמצן פי 65 בהשוואה להעברה בפלסמה (מכיוון שמסיסות החמצן במים נמוכה).

#### **התאמות תאי הדם האדומים להולכת חמצן**

הגדלת היחס בין שטח הפנים לנפח מגדילה את יכולת קליטת החמצן. הגדלת היחס מושגת בגלל צורת התאים ובגלל גודלם הקטן:



צורת דיסקוס קעור משני צדדיו – היחס בין שטח הפנים לנפח של צורה זו גדול מהיחס בין שטח הפנים לנפח של צורה כדורית בעלת אותו נפח.

מספר עצום של תאי דם אדומים קטנים – תאי הדם האדומים הם התאים הקטנים ביותר בגוף. ככל שהתא קטן יותר, כך היחס בין שטח הפנים שלו לנפחו גדול יותר. המספר העצום של תאי הדם יוצר שטח פנים כולל גדול מאוד.

תכולת גדולה של המוגלובין מאפשרת קישור ליותר חמצן:

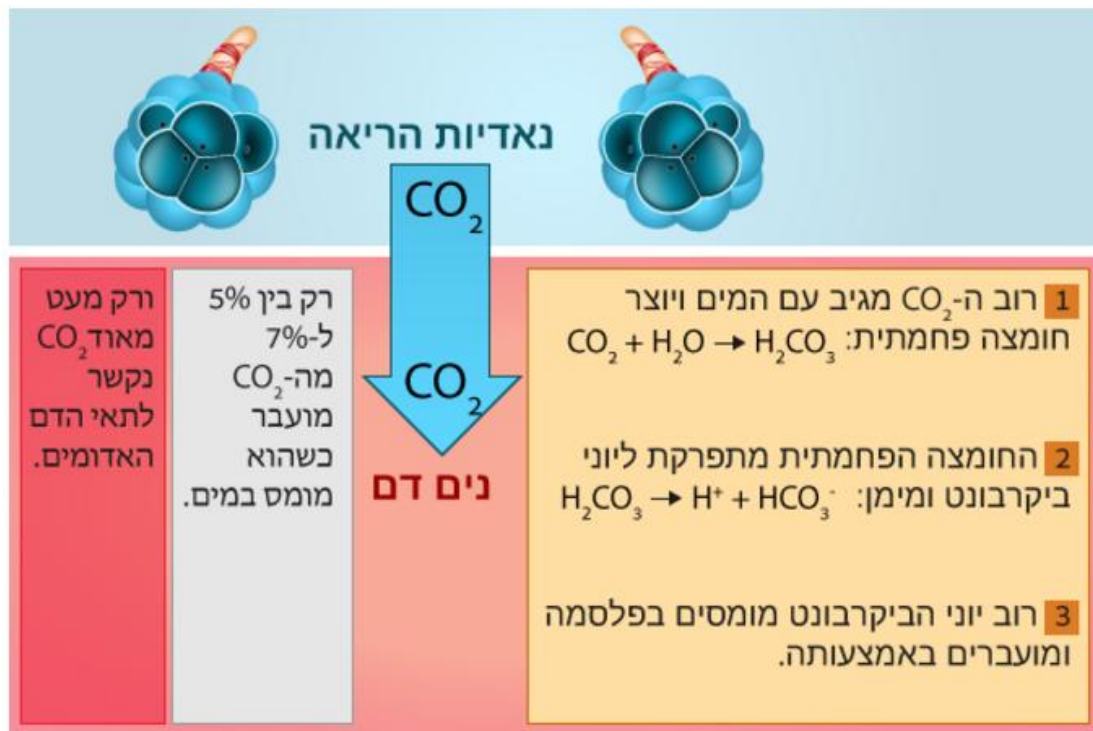
היעדר גרעין ואברונים אחרים בתאי הדם האדומים מותיר מקום פנוי ומאפשר הכללת יותר המוגלובין.

גמישות – יכולת הידחקות בנימי הדם הצרים:

הגמישות מאפשרת לתאי הדם האדומים להידחק לנימים הצרים ולהיצמד לדופןותיהם. ההיצמדות מגדילה את שטח הפנים הזמין לדיפוזיה בין תאי הדם האדומים ובין תאי הגוף.

### הובלת פחמן דו-חמצני בדם

- ✓ הפחמן הדו-חמצני, שמקורו בתהליך הנשימה בתאי הגוף, מועבר אל הריאות דרך הדם. בשונה מהחמצן, מרבית הפחמן הדו-חמצני מועבר בפלסמה (או בציטופלסמה של תאי הדם האדומים), ורק חלק קטן מאוד ממנו מועבר כשהוא קשור להמוגלובין.
- ✓ בפלסמה הוא מועבר בשני מצבים:
  - כיוני ביקרבונט ( $\text{HCO}_3^-$ ): מתגובה בין מולקולות הפחמן הדו-חמצני והמים נוצרת חומצה פחמתית. החומצה הפחמתית מתפרקת ליוני ביקרבונט וליוני מימן. כ-80% מכמות הפחמן הדו-חמצני מועברים בצורת יוני ביקרבונט.
  - כשהוא מומס בין מולקולות המים (מסיסותו של פחמן-דו-חמצני במים גבוהה פי 20 משל החמצן).



### הבקרה על ייצור תאי הדם האדומים

- ✓ תאי הדם האדומים מיוצרים במח העצמות בהשפעת ההורמון אריתרופויטין המופרש מתאים מיוחדים בכליות.
- ✓ ייצור תאי הדם האדומים מבוקר על ידי רמת החמצן בדם באמצעות משוב שלילי. משמעות הדבר היא שהשינוי במצב ההומיאוסטזיס (לדוגמה: ירידה ברמת החמצן בדם עקב עלייה לגבהים) גורם לתגובה (הגברת הפרשת אריתרופויטין הגורמת להגברת ייצור תאי הדם האדומים) המחזירה את המצב לקדמותו (עלייה ברמת החמצן בדם לערך תקין).

### אנמיה

- ✓ יש מצבים שבהם מופר ההומיאוסטזיס וחלה ירידה בכמות תאי הדם האדומים או בריכוז ההמוגלובין בתוכם.
- ✓ תופעה זו נקראת אנמיה. יש סיבות שונות לאנמיה. אחת מהן היא היעדר רכיבים תזונתיים חיוניים הדרושים לייצור תאי הדם האדומים או ההמוגלובין שבתוכם (ברזל, ויטמין B12, חומצה פולית).

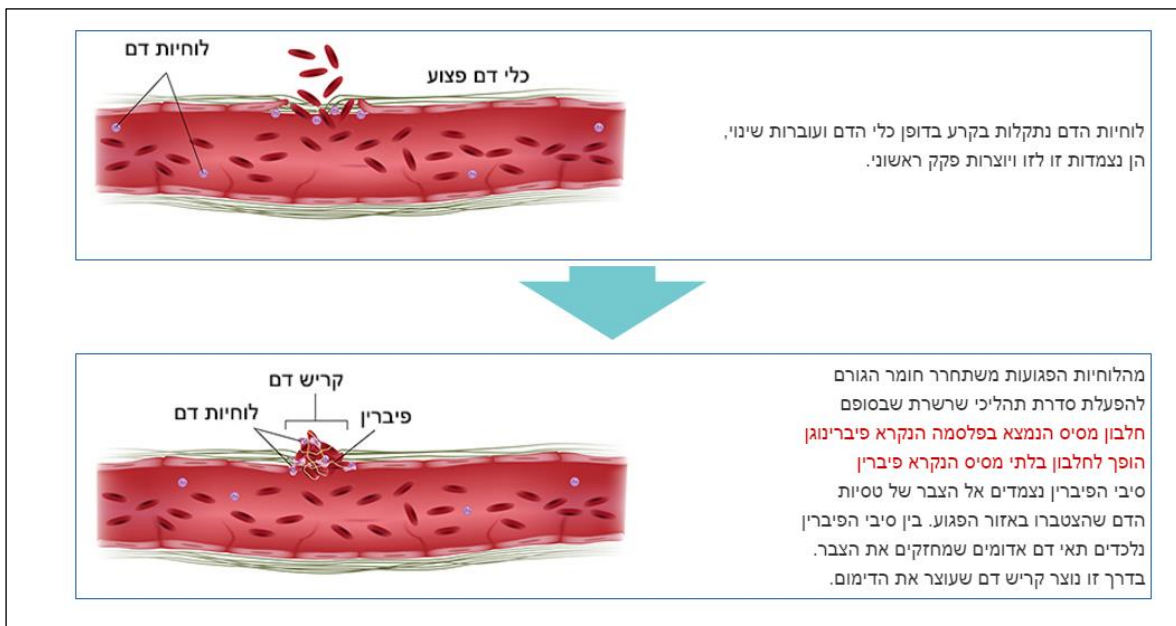
**מונחים:** תאי דם אדומים, המוגלובין, ברזל, אנמיה, אריתרופויטין, הומיאוסטזיס, משוב שלילי.

### ג. לוחיות הדם (טסיות הדם) ותהליך קרישת הדם

- ✓ תהליך קרישת הדם הוא מנגנון חשוב לשמירת ההומיאוסטזיס של נפח ולחץ דם קבועים החיוני לאספקת חומרים תקינה לתאים. כמו כן, הקרישה מונעת חדירת גורמי מחלה לגוף דרך פצעים.
- ✓ לוחיות הדם פועלות בתהליך קרישת הדם ועצירת דימום.

#### תהליך הקרישה:

- ✓ הלוחיות הנתקלות בשולי כלי הדם החתוכים נפגעות, ומשתחררים מהן חומר המפעיל תהליך שרשרת.
- ✓ בסוף התהליך חלבון מסיס - (פיברינוגן) הופך לחלבון בלתי מסיס - (פיברין) היוצר סיבים. הסיבים יוצרים קריש החוסם את הפצע.
- ✓ בתהליך השרשרת משתתפים חומרים המצויים בפלסמה. תהליך הקרישה מהיר מאוד משום שחומרים אלה מצויים בפלסמה במצב לא פעיל, ונדרש רק שינוי קטן כדי להפעילם.



- ✓ תהליך הקרישה צריך להיות מבוקר בקפדנות: מצד אחד הוא צריך להיות מופעל במהירות בזמן פציעה, ומצד אחר אסור לו להיות מופעל שלא לצורך.
- ✓ הפעלת תהליך קרישה שלא לצורך (כלומר לא בעת פציעה) עלולה לגרום לסתימת כלי דם על ידי הקריש במקום היווצרותו או במקום שאליו הוא נסחף. סתימת כלי הדם עלולה לגרום נזק חמור לאזורים המקבלים אספקת דם מכלי הדם הזה. לדוגמה, סתימת כלי דם בלב עלולה לגרום לאוטם שריר הלב (התקף לב), וסתימת כלי דם במוח עלולה לגרום לשבץ מוחי.
- ✓ טרשת עורקים עלולה לגרום להפעלת תהליך קרישה שלא לצורך.
- ✓ ליקויים בקרישת הדם עלולים לגרום למחלות כגון דממת (אי קרישה או קרישה מועטה) או פקקת (תרומבוזה – קרישיות יתר גם לא בעת פציעה).

## סיכום פרק מערכת ההפרשה

### תכנית הלימודים

רעיון מרכזי: במערכת ההפרשה מסולקים חומרי פסולת מהגוף, ויש לה תפקיד בשמירת ההומיאוסטזיס בגוף.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                           | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                             | הערות                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>מערכת ההפרשה (5-6 שעות)</u></b></p> <p>מיקום</p> <p>הכליה כאיבר הומאוסטטי. תפקודים עיקריים: סילוק חומרי פסולת הנוצרים בתאים וסילוק רעלים ממקור חיצוני.</p> <p>ויסות מאזן מים, מלחים וחומרים חיוניים אחרים.</p> <p>בדיקת שתן - אבחון חריגות מהמצב ההומיאוסטטי ניתן לאבחן</p> | <p>כליה, נפרון, ספיגה חוזרת, שלפוחית שתן, שתן, שתנן, תסנין.</p> <p>הזעה, התייבשות, מאזן מים תקין, נפח השתן וריכוזו, ADH.</p> <p>גלוקוז, חלבון</p> | <p>אין צורך לפרט את המבנה האנטומי של הכליה.</p> <p>ספיגה חוזרת מתרחשת בתהליכים סבילים (פסיביים), לדוגמה ספיגת מים, ובתהליכים פעילים (אקטיביים), לדוגמה ספיגת גלוקוז.</p> <p>מומלץ להתייחס לעקרונות הפעולה של כליה מלאכותית (דיפוזיה והגדלת שטח הפנים).</p> |

### סיכומים על פרק ההפרשה:

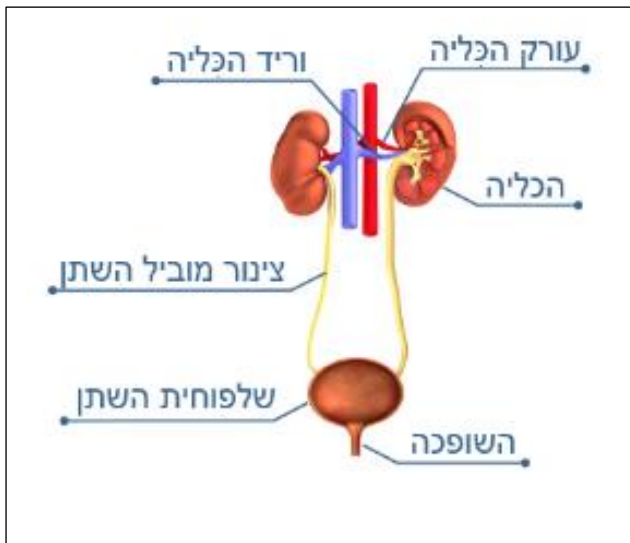
- א. מערכת ההפרשה – מבנה ותפקוד
- ב. תפקיד מערכת ההפרשה בשמירה על ההומיאוסטזיס
- ג. בדיקות שתן
- ד. כליה מלאכותית וטיפול דיאליזה

## א. מערכת ההפרשה – מבנה ותפקוד

### מבנה מערכת ההפרשה

מערכת ההפרשה כוללת את האיברים הבאים:

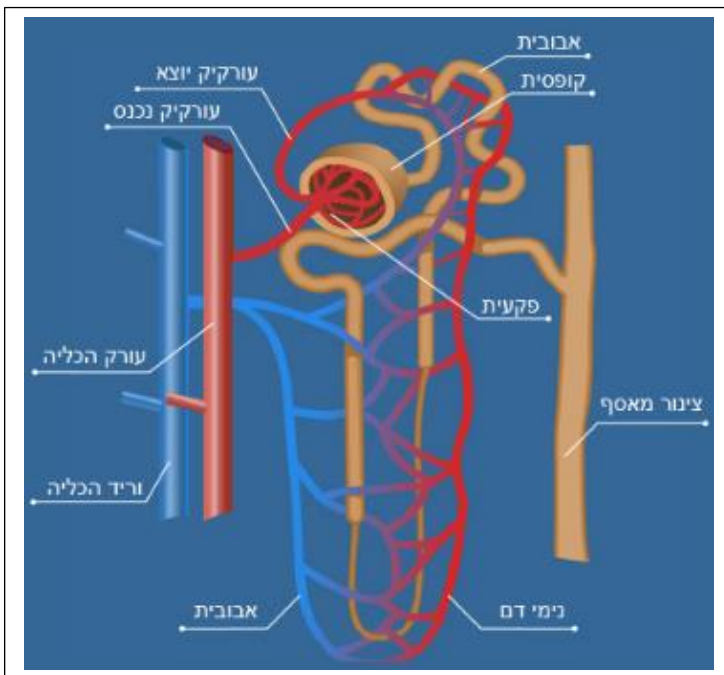
- ✓ שתי כליות הנמצאות בצד האחורי של הגוף
- ✓ משני צדי עמוד השדרה בגובה המותניים
- ✓ שני צינורות מובילי שתן
- ✓ שלפוחית השתן
- ✓ צינור שופכה
- ✓ שני עורקים המובילים דם אל הכליות, המסתעפים מאבי העורקים הבטני
- ✓ שני ורידים היוצאים מן הכליה ומתחברים לווריד הנבוב התחתון



### הנפרונים

בכל כליה יש יותר ממיליון נפרונים. כל אחד מן הנפרונים בנוי מקופסית, צינור מפותל הנקרא אבובית, וצינור מאסף. הצינורות המאספים של כל הנפרונים מתנקזים לצינורות מובילי השתן.

המספר העצום של הנפרונים וצורתם המפותלת מגדילים את שטח הפנים הכולל שבו מתרחש חילוף החומרים בין הדם למערכת ההפרשה, דבר המייעל את תהליך ייצור השתן.



## **תהליך יצירת השתן**

### **שלבי תהליך יצירת השתן**

- ✓ **תהליך הסינון בלחץ בפקעית**  
מעבר מים ומומסים בעלי מולקולה קטנה מהפקעית אל קופסית הנפרון.
- ✓ **תהליך הספיגה החוזרת באבובית**  
ספיגה חוזרת של מרבית המים והמומסים מן האבובית ומן הצינור המאסף אל הדם (תהליך הספיגה החוזרת של המים מווסת על ידי ההורמון ADH כפי שיפורט בהמשך). נפח קטן של מים ומומסים (בעיקר שתן ועודפי מלחים) נשאר בנפרון ויוצא בשתן. בספיגה מעורבים תהליכים פסיביים (לדוגמה, מעבר מים באוסמוזה ומעבר מומסים שונים בדיפוזיה) וכן תהליכים אקטיביים (לדוגמה, ספיגה חוזרת של גלוקוז).
- ✓ **הפרשה**  
מעבר חומרי פסולת וחומרים עודפים שאינם נחוצים לגוף מהדם אל האבובית.

### **קישור להדמיה על תהליך יצירת השתן**

#### **מונחים מתכנית הלימודים**

כליה, נפרון, תסנין, ספיגה חוזרת, שלפוחית שתן, אמוניה, שתן, שתן.

## **ב. תפקיד מערכת ההפרשה בשמירה על ההומיאוסטזיס**

למערכת ההפרשה יש תפקיד חשוב בשמירה על ההומיאוסטזיס בגוף, בעיקר בהיבטים הבאים:

- ✓ **ויסות נפח הדם, לחץ הדם וריכוז המומסים בו בעזרת ריכוז או מיהול השתן.**
- ✓ **ויסות רמת המלחים השונים בדם.** במקרה של עלייה ברמת מלחים מסוימים בדם – מוגברת הפרשתם דרך השתן, ואילו במקרה של ירידה – מוגברת הספיגה החוזרת שלהם מן הכליות אל הדם. שמירה על רמה תקינה של המלחים השונים בגוף חיונית לתפקודו התקין.
- ✓ **הרחקת חומרי פסולת הנוצרים בתהליכי חילוף החומרים בתאים.** החומר העיקרי שצריך להיות מורחק הוא **השתן** שהוא חומר רעיל הנוצר מפירוק חומצות אמיניות, והצטברותו עלולה לגרום נזק לגוף.
- ✓ **למערכת ההפרשה יש תפקיד בשמירה על מאזן מים תקין:** במצב של עודף מים בגוף מופרש שתן מהול שנפחו גדול, ואילו במצב של חוסר מים, מופרש שתן מרוכז שנפחו קטן וכך מצומצם הפסד מים נוסף מן הגוף.
- ✓ **ההורמון ADH המופרש מבלוטת ההיפופיזה שבמוח, מגביר את הספיגה החוזרת של המים מהכליות אל הדם (תאי המטרה שלו נמצאים בדופן הצינורות המאספים של הנפרונים – דבר הגורם לריכוז השתן. קצב הפרשתו גדל במצב של חוסר מים, ויורד במצב של עודף מים. (קישור ההורמון לקולוטנים בקרומי תאי המטרה גורם להגדלת מספר חלבונים המתפקדים כתעלות המים בקרומי התאים. הגדלת מספר תעלות המים מגבירה את קצב הספיגה החוזרת של המים בתהליך אוסמוזה מהנפרונים אל הדם.)**

## ג. בדיקות שתן

- ✓ בדיקת שתן היא אחת הבדיקות השכיחות ביותר באבחון רפואי, וכל אדם מתנסה במהלך חייו בבדיקת שתן מסיבה זו או אחרת.
- ✓ בדיקות שתן נותנות מידע על תפקוד מערכת ההפרשה ומערכות אחרות בגוף, ומאפשרות לאבחן מחלות שונות וחריגות מההומיאוסטזיס.

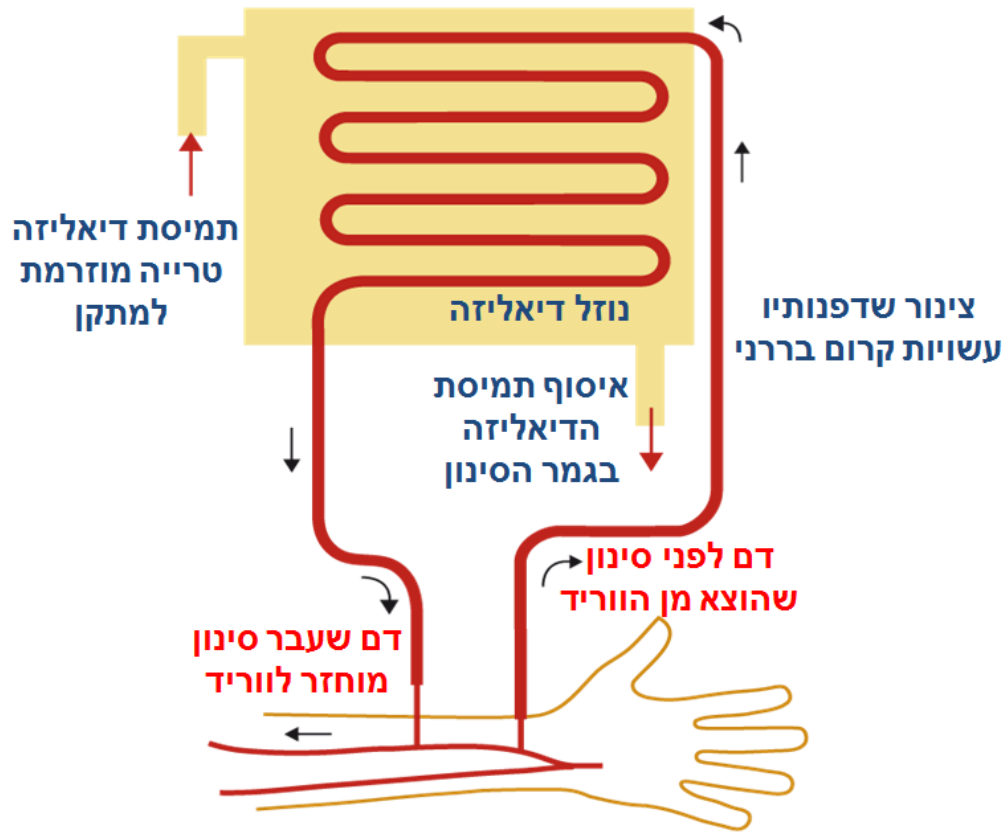
### דוגמאות:

- ✓ הופעת גלוקוז בשתן יכולה להעיד על מחלת הסוכרת. באופן תקין, כל הגלוקוז נספג בחזרה אל הדם ולכן השתן אינו מכיל גלוקוז.
- ✓ הופעת חלבונים בשתן יכולה להעיד על נזק שנגרם לכליה. באופן תקין, מולקולות גדולות כמו חלבונים אינן עוברות בתהליך הסינון אל קופסיות הנפרונים. אולם נזקים וקרעים ברקמות הכליה יכולים לגרום למעבר של מולקולות גדולות.
- ✓ מאותה הסיבה, הופעת תאי דם אדומים (צבע דם אדום) בשתן יכולה להעיד על נזקים ודימומים ברקמות הכליה.
- ✓ הופעת חלבונים בשתן יכולה לנבוע גם מיתר לחץ דם, שיכול לגרום למעבר של מולקולות חלבונים עם התסנין, למרות גודלן.
- ✓ הופעת תאי דם לבנים בשתן יכולה להעיד על דלקת שנגרמת על ידי חיידקים. באופן תקין השתן סטרילי (נקי מחיידקים).
- ✓ שתן שצבעו צהוב-כהה יכול להעיד על צהבת. את הצבע הצהוב מקנה החומר בילירובין שנוצר בתהליך של פירוק המוגלובין שמקורו בתאי דם אדומים "זקנים" בכבד. מחלות כבד יכולות לגרום להצטברותו בדם ולהופעתו בשתן.

## ד. כליה מלאכותית וטיפול דיאליזה

- ✓ אנשים הסובלים מאי-ספיקת כליות (כלומר ששתי כליותיהם אינן מתפקדות) נעזרים במכשיר המחקק את פעולת הכליות בתהליך הנקרא "דיאליזה".
  - ✓ המכשיר מורכב ממערכת צינורות שדופנותיהם בנויות מקרום בררני המאפשר מעבר של מולקולות קטנות בלבד, בדומה לקרום התא. הצינורות נתונים בתוך נוזל הדיאליזה – תמיסה המכילה גלוקוז וחומרים אחרים בריכוזים זהים לאלה המצויים בדמו של אדם בריא. במהלך הטיפול נשאב דם מגוף החולה ומוזרם דרך הצינורות. מולקולות קטנות כמו שתן, שהן בבחינת חומרי פסולת ומצויות בריכוז גבוה בדם המטופל, עוברות בתהליך של דיפוזיה מהדם אל נוזל הדיאליזה. גם עודפי מלחים עוברים בכיוון מפל הריכוזים שלהם מהדם אל הנוזל.
  - ✓ הדם זורם במערכת צינורות מסועפת ששטח הפנים הכולל שלהם גדול – דבר המייעל את תהליך הסינון.
  - ✓ בתהליך הזרימה אין איבוד של חומרים רצויים מהדם אל נוזל הדיאליזה. לדוגמה, אין איבוד של גלוקוז משום שריכוזו בנוזל הדיאליזה שווה לריכוזו בדם ולכן מספר מולקולות הגלוקוז העוברות בשני הכיוונים זהה פחות או יותר, ובסך הכול אין מעבר נטו של גלוקוז מהדם אל נוזל הדיאליזה.
- ראו תרשים בעמוד הבא.

**בזמן שהדם זורם בצינור, עוברים חומרי פסולת ממנו אל  
נוזל הדיאליזה בתהליך דיפוזיה**



## סיכום פרק מערכת ההגנה

### תכנית הלימודים

**רעיון מרכזי:** לגוף מערכות הגנה המונעות חדירת גורמים זרים ומערכות המזהות גורמים שחדרו לגוף ומגיבות אליהם. חומר זר (אנטיגן) או אורגניזם זר, החודר לסביבה הפנימית, עלול לגרום לשיבושים שונים הבאים לידי ביטוי במחלה.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                                                                   | הערות, הסברים                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>מערכת ההגנה – 8-10 שעות</u></b></p> <p><b>לגוף מערכות הגנה המונעות חדירת גורמים זרים ומערכות המזהות גורמים שחדרו לגוף ומגיבות אליהם.</b></p> <p><b>חומר זר (אנטיגן) או אורגניזם זר, החודר לסביבה הפנימית, עלול לגרום לשיבושים שונים הבאים לידי ביטוי במחלה.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• תגובה לא ייחודית</li> <li>- אברים, תאים.</li> <li>- דלקת, סימנים חיצוניים של דלקת</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• תגובה חיסונית ייחודית</li> <li>- הבחנה בין "עצמי" ל"לא עצמי" (זר)</li> <li>- זיכרון חיסוני</li> <li>- יצירת נוגדנים</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• חיסון: חיסון סביל, חיסון פעיל</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• קבוצות דם (A,B,O) ועירוי דם.</li> </ul> | <p>דלקת (זיהומית), דמעות, מוגלה, עור, פגוציטים (תאים בלעניים), ריסים, שערות, ריריות.</p><br><p>אנטיגן, דחיית השתל, השתלת איברים, חיסון טבעי, חיסון מלאכותי, לימפוציטים, נוגדן, תגובה ראשונית, תגובה שניונית.</p><br><p>תרומת דם, Rh</p> | <p>דלקת - תהליך המגביר הגעת תאי מערכת החיסון לאזור הפגוע.</p> <p>סימנים הנראים לעין: חום, אדמומיות, כאב ונפיחות.</p><br><p>יש לציין שלימפוציטים הם שקיימים לימפוציטים מסוגים שונים. חלקם מעורב ביצירת נוגדנים. אין צורך להתייחס לסוגי לימפוציטים.</p><br><p>בסעיף חיסון יש להתייחס לאחריות האדם לבריאותו ולסביבתו.</p> |

## מערכת ההגנה

**הקדמה:** בסביבת האדם יש מספר עצום של חיידקים נגיפים, נבגי פטריות וחלקיקים מיקרוסקופיים אחרים שמאיימים ללא הרף על בריאותו של האדם. החיים מתקיימים למרות הסכנה המתמדת הודות לפעולת מערכת ההגנה. מערכות ההגנה מבוססות על מחסומים פיזיים (העור ומנגנוני הגנה על פתחי הגוף) שמונעים את חדירת רוב הגורמים הזרים, ועל הפעילות של תאי הדם הלבנים שפועלים נגד הגורמים שהצליחו לחדור לתוך הגוף. יש סוגים שונים של תאי דם לבנים שחלקם פועלים נגד הגורמים הזרים באותה דרך ללא הבחנה בניהם, וחלקן פועלים בדרך ייחודית מותאמת לכל סוג של גורם זר. תאי דם לבנים נמצאים בנוזל הדם, במערכת הלימפה, ואף באיברים וברקמות שונות בגוף. מערכת ההגנה היא אחת מהמערכות המתוחכמות והמורכבות ביותר בגוף, והיא מאורגנת בשלושה "קווי הגנה" שפועלים במשולב.

### סיכומים:

- א. קו ההגנה הראשון והשני – תגובה לא-ייחודית
- ב. קו ההגנה השלישי – מערכת החיסון הייחודית
- ג. סוגי דם, עירוי דם והשתלות איברים

## א. קו ההגנה הראשון והשני – תגובה לא ייחודית

### קו ההגנה הראשון

קו ההגנה הראשון הוא מחסום פיזי הכולל את העור והגנות שונות על פתחי הגוף, והוא מונע את חדירת רוב הגורמים הזרים אל תוך הגוף. בפתחי הגוף ובתוך המערכות הבאות במגע עם הסביבה החיצונית (כגון מערכת העיכול והנשימה) קיימים מנגנוני הגנה שונים: דוגמאות: דרכי הנשימה מרופדות בקרומים ריריים שהגורמים הזרים נדבקים אליהם, ובריסים שתנועתם גורמת להוצאת הגורמים הזרים מן הגוף. גם פתחי גוף אחרים מרופדים בקרומים ריריים. הזיעה מכילה חומצות המעכבות התפתחות של מיקרואורגניזמים כגון חיידקים. הגורמים הזרים נשטפים דרך ההפרשות כמו ריר, שתן, רוק ודמעות, ומפורקים בעזרת אנזימים המצויים בחלק מהפרשות אלה. גם החומצה בקיבה פוגעת בהם.

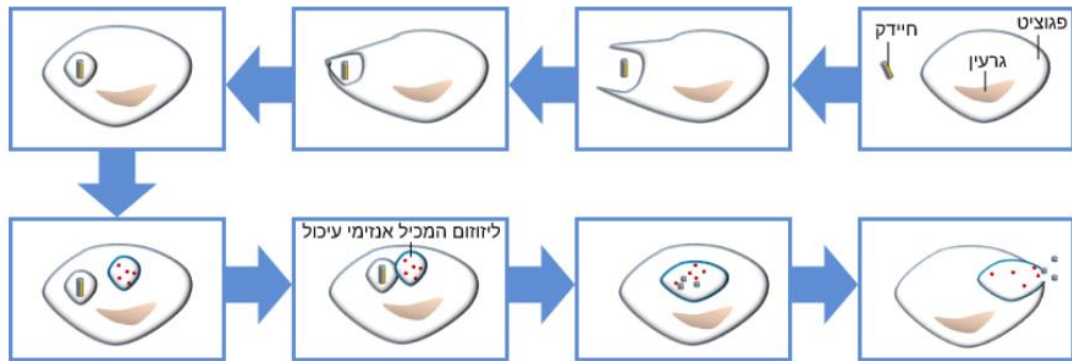
מנגנוני השיעול וההתעטשות מסייעים אף הם בהרחקת הגורמים הזרים. גם מנגנון קרישת הדם נחשב לחלק מקו ההגנה הראשון, משום שחסימת הפצעים מונעת חדירת פולשים נוספים אל הגוף דרך הפצע.

למרות מנגנוני ההגנה, פתחי הגוף הם "נקודות התורפה"; מרבית גורמי המחלה חודרים דרכם וגורמים למחלות (כגון דלקות בעיניים, באוזניים, בגרון, בדרכי העיכול, בדרכי השתן ובאברי המין). נגד הגורמים הזרים שמצליחים לעבור את קו ההגנה הראשון ולחדור לגוף, מופעלים מנגנוני קווי ההגנה השני והשלישי.

### קו ההגנה השני

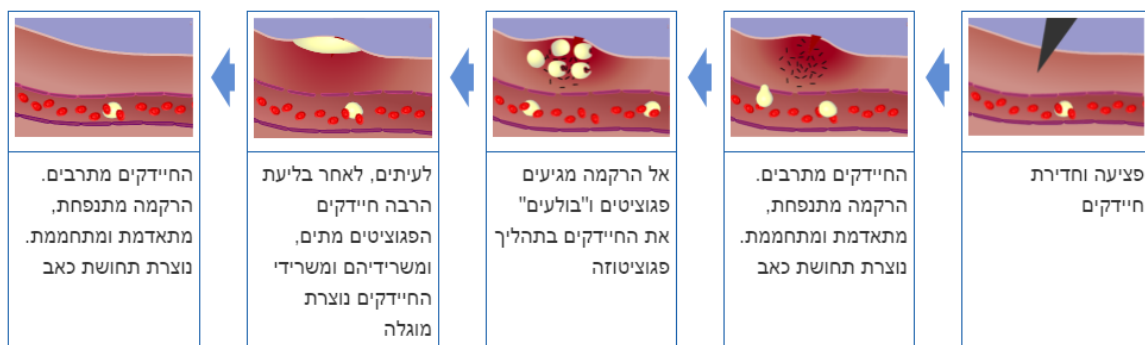
בקו ההגנה השני פועלים תאי דם לבנים בלעניים – פגוציטים ה"בולעים" את הגורמים הזרים בתהליך פגוציטוזה. בתהליך הפגוציטוזה, הפגוציט שולח "זרועות" המקיפות את הגורם הזר ויוצרות שלפוחית סגורה השוקעת לתוך התא. בהמשך השלפוחית מתאחה עם שלפוחית נוספת המכילה אנזימי עיכול המפרקים את הגורמים הזרים הכלואים בתוך השלפוחית.

## תהליך פגוציטוזה:



קו ההגנה השני מבוסס על תופעת הדלקת. הדלקת היא תגובה מקומית הנוצרת ברקמה שנפגעה על ידי מיקרואורגניזמים כגון חיידקים. סימני הדלקת הם: חום, אדמומית ונפיחות, ותחושת כאב באזור שנפגע. תאי דם לבנים הנמצאים באזור הפגוע מפרישים חומרים הגורמים להרחבת נימי הדם ולמשיכת תאי דם פגוציטים נוספים. הרחבת נימי הדם גורמת לזרימת דם מוגברת באזור וכתוצאה מכך להאדמת הרקמה ולהתחממותה. כמו כן, מוגדלת חדירות תאי דופן הנימים וכתוצאה מכך יוצא נוזל פלסמה אל הרקמה, דבר הגורם להתנפחותה. ההתנפחות יוצרת לחץ על קצות העצבים וגורמת לתחושת כאב. הגדלת החדירות מאפשרת יציאת יותר פגוציטים. הפגוציטים בולעים את המיקרואורגניזמים בתהליך פגוציטוזה. **לאחר בליעה של הרבה מיקרואורגניזמים, הפגוציטים מתים ומשרידיהם נוצרת מוגלה.** לאחר כמה ימים הרקמה מחלימה וחוזרת למצבה המקורי.

תגובת הדלקת מונעת במקרים רבים את חדירת הפולשים לזרם הדם ואת התפשטותם לכל הגוף. בתמונות מוצגים שלבי דלקת זיהומית שנגרמה על ידי חיידקים:



## קישור להדמיה המתארת תהליך דלקת

### תגובת קווי ההגנה הראשון והשני היא לא ייחודית

קו ההגנה הראשון הוא לא ייחודי, כלומר הוא פועל נגד כל גורמים הזרים ללא הבחנה ביניהם.

גם פעולת הפגוציטים בקו ההגנה השני היא לא ייחודית. הם מבחינים בין תאי גוף ובין תאי הפולשים, והבחנה זו חשובה כדי למנוע התקפה שלהם על תאי הגוף, אולם הם פועלים באותה צורה נגד כל הפולשים ללא כל הבחנה ביניהם.

**מונחים מהסילבוס:** דלקת (זיהומית), דמעות, מוגלה, עור, פגוציטים (תאים בלעניים), ריסים, ריריות, שערות.

## ב. קו ההגנה השלישי – מערכת החיסון הייחודית

מערכת החיסון הייחודית פועלת כקו ההגנה השלישי של הגוף נגד גורמים זרים.

הגורמים המעוררים את התגובה החיסונית נקראים **אנטיגנים**. אנטיגנים יכולים להיות חיידקים, גופים, תאי גוף שהפכו לסרטניים, ואף מולקולות זרות כגון ארס של נחש.

תאי הדם הלבנים העיקריים הפועלים במערכת החיסון הייחודית הם **לימפוציטים**. יש סוגים שונים של לימפוציטים. הלימפוציטים מסוגים **להבחין בין תאי גוף לבין תאים או חומרים זרים**. הם גם מבחינים בין סוגי האנטיגנים השונים ומגיבים תגובה ייחודית כנגד האנטיגן שעורר את התגובה.

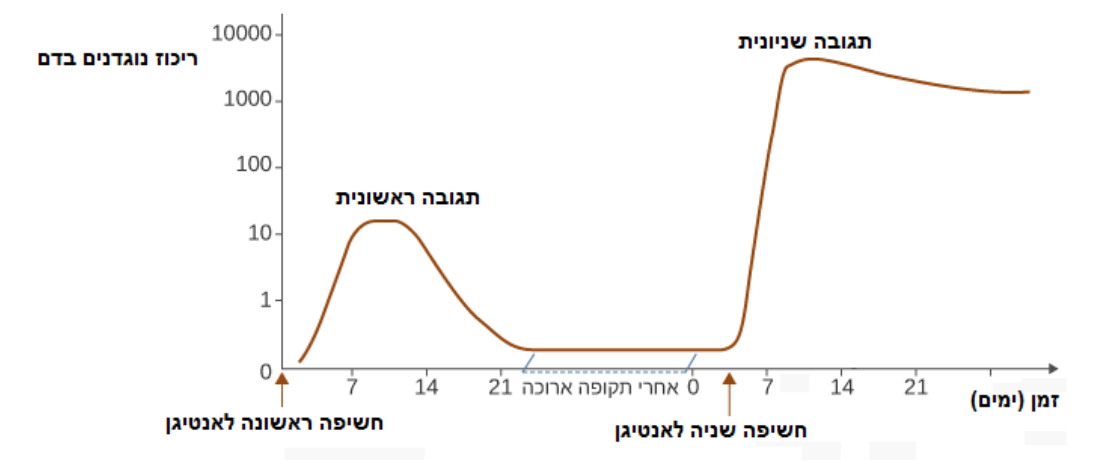
הפעילות של מערכת העצבים הייחודית מורכבת משתי תגובות:

- **תגובה תאית** שמבוצעת על ידי לימפוציטים מסוג **T-הורגים** שתוקפים ישירות את האנטיגן.
- **לימפוציטים מסוג B מייצרים נוגדנים** ומפרישים אותם לזרם הדם. הנוגדנים נצמדים לאנטיגן ויוצרים איתו תצמידים שמסולקים בדרכים שונות, לדוגמה על ידי תאים בלעניים.

## תגובה ראשונית, תגובה שניונית והזיכרון החיסוני

כאשר הגוף נחשף לאנטיגן בפעם הראשונה מתרחשת **תגובת חיסון ראשונית**. לאחר התגובה הזאת נותרים בגוף תאי זיכרון ייחודיים כנגד האנטיגן. כאשר הגוף נחשף לאותו האנטיגן בפעם השנייה, **תאי הזיכרון מעוררים תגובת חיסון שניונית**, שהיא חזקה יותר ומהירה יותר מהתגובה הראשונית, ולכן האנטיגן אינו גורם למחלה או לנזק, או שהם מזעריים.

**הזיכרון החיסוני** הוא תכונה של מערכת החיסון המתקיימת באמצעות תאי זיכרון; הזיכרון החיסוני מאפשר למערכת החיסון להתבטא בתגובה מתוגברת (תגובה שניונית) בעקבות חשיפה חוזרת לאותו האנטיגן.



### **חיסונים: חיסון פעיל וחיסון סביל**

תרכיבי חיסון ניתנים כאמצעי ריפוי מונע המטפל בגורמים המזיקים לבריאות כמו חיידקים ונגיפים, לפני שהם גורמים נזק לגוף.

**בחיסון פעיל** מחדירים לגוף תרכיב המכיל את האנטיגן – מומת או מוחלש, או חלק ממנו. החיסון מעורר תגובה ראשונית ויוצר תאי זיכרון. מטרת החיסון היא למנוע מחלה בעת מפגש חוזר עם האנטיגן בעתיד.

**בחיסון סביל** מחדירים לגוף נוגדנים מנוקים, המסייעים לגוף להילחם בגורם מחלה שכבר חדר לתוכו, לדוגמה לאחר הכשת נחש.

שני סוגי החיסון יכולים להתרחש גם באופן טבעי. **חיסון פעיל טבעי** נוצר בעקבות חשיפה לא מכוונת לגורם מחלה. **חיסון סביל טבעי** מתרחש כאשר עובר מקבל נוגדנים מאמו דרך השליה, ולאחר הלידה דרך החלב.

### **מונחים מהסילבוס**

אנטיגן, חיסון טבעי, חיסון מלאכותי, לימפוציטים, נוגדן, תגובה ראשונית, תגובה שניונית.

### **ג. סוגי דם, עירוי דם והשתלות איברים**

#### **סוגי דם**

קיימים ארבעה סוגי דם הנבדלים באנטיגנים שיש בקרום התא שלהם: A, B, AB, O.

לבעלי סוג דם A ו-O יש בנוזל הדם נוגדנים נגד האנטיגן שלא מצוי בתאי הדם האדומים שלהם. באופן יוצא דופן, נוגדנים אלו נמצאים בדמם מראש ללא מפגש קודם עם האנטיגן.

אפשר לבדוק את סוג הדם על ידי הוספת נוגדנים אנטי-A ונוגדנים אנטי-B בנפרד לדגימת דם. אם לאדם יש סוג דם A מתרחש צימוד עם נוגדני אנטי A, ואם לאדם יש סוג דם B מתרחש צימוד עם נוגדנים אנטי-B. צימוד עם שני הנוגדנים מעיד על סוג דם AB, וחוסר צימוד מעיד על סוג דם O.

[קישור לפעילות אינטראקטיבית](#): בדיקת סוג דם.

#### **עירוי-דם (תרומות דם)**

אפשר לבצע עירוי דם מוצלח רק כאשר נוזל הדם של המקבל אינו מכיל נוגדנים נגד האנטיגן המצוי בתאי הדם האדומים שבתרומת הדם. הסיבה לכך היא שאם היו נוגדנים, הם היו נצמדים לתאי הדם של התרומה ויוצרים גושים של תאי דם. תגובה זאת נקראת צימוד והיא מסוכנת מאוד. לפני גילוי סוגי הדם, חלק מעירוי הדם הסתיימו במות החולה בגלל תופעה זו.

| סוג הדם | האנטיגן על תא הדם האדום                                                             | נוגדנים בפלסמה                                                                                                                                                                          | יכול לקבל מתורם בעל סוג דם: | יכול לחרום לבעל סוג דם |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| A       |  | אנטי B<br>                                                                                             | A, O                        | A, AB                  |
| B       |  | אנטי A<br>                                                                                             | B, O                        | B, AB                  |
| AB      |  | אין                                                                                                                                                                                     | AB, O, A, B                 | AB                     |
| O       |  | אנטי A<br> אנטי B<br> | O                           | AB, O, A, B            |

### השתלת איברים ורקמות

השתלת איברים היא שיטת טיפול רפואית, שהתפתחה במיוחד במחצית השנייה של המאה ה-20 ועד ימינו. יש איברים או רקמות שאפשר לקחת גם מתורמים חיים (כליה, מח עצם), ויש איברים הנלקחים רק לאחר המוות (כגון לב, קרניות או ריאות).

הבעיה העיקרית בהשתלת איברים היא דחיית השתל: מערכת החיסון מזהה את האיבר או הרקמה המושתלים כזרים לפי האנטיגנים שיש בקרומי התאים של השתל ותוקפת אותם. לכן המושתלים עוברים טיפולים שמחלישים את מערכת החיסון שלהם, וכתוצאה מכך הם נמצאים בסיכון לחלות במחלות אחרות. ככל שרב הדמיון מבחינה גנטית בין התורם לאדם שבו הושתל האיבר, כך יש יותר דמיון באנטיגנים שלהם, ויש סיכוי גדול יותר לקליטה מוצלחת של האיבר.

## סיכום פרק מערכת העצבים

### **תכנית הלימודים: מערכת העצבים**

**רעיון מרכזי:** מערכות העצבים וההורמונים משתתפות בקליטת מידע, עיבודו ותגובה עליו ומאפשרות שמירה על ההומיאוסטזיס. קליטת מידע, עיבודו ותגובה עליו מאפיינים יצור חי.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                                                                                                   | הערות, הסברים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>מערכות תקשורת, ויסות ותיאום</u></b></p> <p><b><u>מערכת העצבים (10-12 שעות)</u></b></p> <p>האדם קולט גירויים ואותות מהסביבה החיצונית והפנימית, באמצעות איברי חוש ותאי חישה, מעבד אותם ומגיב עליהם תוך תיאום בין המערכות והאיברים השונים.</p> <p><b><u>מסלול העברת מידע:</u></b> תאי חישה - תאי עצב תחושתיים - מערכת עצבים מרכזית - תאי עצב תנועתיים - תאי מטרה (שריר, בלוטה).</p> <p><b><u>תאי העצב (ניורונים):</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- התאמה בין מבנה לתפקוד.</li> <li>- העברת אותות בתאי עצב: אות חשמלי, אות כימי.</li> <li>- מעבר הגירוי העצבי בין תא עצב אחד לאחר, או בין תא עצב לתא מטרה נעשה (בדרך כלל) כאות כימי בסינפסה.</li> </ul> <p><b><u>השפעת חומרים על מערכת העצבים:</u></b></p> <p>-אלכוהול, סמים ותרופות כחומרים המשנים תהליכים בסינפסות</p> <p><b><u>מערכת העצבים המרכזית כמערכת מתאמת ומווסתת, פעולות רצוניות ובלתי רצוניות.</u></b></p> <p><b><u>המוח:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- המוח הגדול כבנוי משתי המיספרות.</li> <li>- קליפת המוח ותפקודה.</li> <li>- אזורים שונים בכל המיספרה אחראים על תפקודים שונים.</li> <li>- חלק מהעיבוד החושי וכן העיבוד המוטורי מתבצע כך שצד שמאל של המוח שולט על החלק הימני של הגוף ולהיפך.</li> <li>- גודל מוח/ קפלים בהשוואה למוח של בעלי חיים אחרים ומשמעות התופעה.</li> <li>- גזע המוח ותפקודיו.</li> <li>- שינוי עוצמת הקשר בין תאי העצב ומספר הסינפסות בתהליכי למידה וזיכרון.</li> </ul> | <p>תאי חישה, קולטנים (רצפטורים) ייחודיים.</p> <p>תא עצב/ניורון, אקסון, גוף התא, דנדריטים.</p> <p>דחף עצבי, ניורטרנסמיטר, סינפסה, קולטן.</p> <p>גזע המוח, המוח הגדול, המיספרות, מוח השדרה, קליפה המוח.</p> <p>רפלקס</p> <p>מערכת עצבים אוטונומית, מערכת עצבים רצונית</p> | <p>יש ללמד את הסעיף המתייחס לתאי חישה בעזרת דוגמאות מתאימות כמו: קליטת אותות מהסביבה הפנימית: רמת החומציות בדם. קליטת אותות מהסביבה החיצונית: קרינת אור.</p> <p>יש ללמד את עקרונות הפעולה של ניורטרנסמיטרים בסינפסה (הפרשה, העברה בסינפסה, קישור לקולטנים ייחודיים, תגובה ופינוי ניורטרנסמיטר) בעזרת דוגמה מתאימה.</p> <p>יש ללמד על אופן הפעולה של סמים בעזרת דוגמאות, לפי בחירתו של המורה. יש להכיר את אופן הפעולה של אלכוהול על מערכת העצבים.</p> <p>חשוב שהתלמיד ידע כי קליפת המוח הגדול אחראית לכל התהליכים ההכרתיים שלנו: חשיבה, למידה, זיכרון, שימוש בשפה ויכולת יצירה, ובה נמצאים מרכזים האחראים על הפעלת השרירים הרצוניים ומרכזים המעבדים מידע המגיע מאברי החושים.</p> <p>חשוב שהתלמיד ידע כי גזע המוח אחראי על שמירת הומיאוסטזיס (קצב לב, לחץ דם, וויסות טמפרטורה, ועוד) ובו נמצאים מרכזים המבקרים</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|
| <p>את פעולת האיברים פנימיים כגון הלב והראות. חלק גדול מהפעילויות ההומיאוסטטיות מווסתות בצורה לא רצונית.</p> <p>על התלמיד לדעת כי ניתן למפות את המוח לאזורים על פי תפקודי הגוף עליהם הם אחראים, בליווי דוגמאות מתאימות.</p> <p>בנושא השוואת מוח בני אדם למוח של בעלי חיים אחרים, יבחר המורה בעלי חיים על פי רצונו.</p> <p>אין צורך להכיר את ההבחנה בין המערכת הסימפתטית למערכת הפרה-סימפתטית.</p> |  | <p><b><u>מערכת העצבים ההיקפית ותפקודה</u></b></p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|

### **סיכומים על פרק מערכת העצבים:**

- א. מערכת העצבים – מבנה ותפקוד
- ב. הנוירונים – מבנה ותפקוד
- ג. הסינפסה וחומרים המשפיעים עליה
- ד. המוח – מבנה ותפקוד

### **א. מערכת העצבים – מבנה ותפקוד**

#### **מערכת העצבים המרכזית ומערכת העצבים ההיקפית**

- מערכת העצבים מורכבת ממערכת מרכזית שכוללת את מוח הגולגולת ואת מוח השדרה, וממערכת היקפית שכוללת עצבים שיוצאים ממוח השדרה, מסתעפים ומגיעים לכל חלקי הגוף. מערכת העצבים ההיקפית מעבירה מידע שנקלט מהסביבה החיצונית ומתוך הגוף אל מערכת העצבים המרכזית. מערכת העצבים מעבדת את המידע ומשגרת הוראות לתגובה אל תאי המטרה (תאי שריר ותאי בלוטות הפרשה) באמצעות מערכת העצבים ההיקפית.
  - מערכת העצבים ההיקפית מורכבת מ:
    - מערכת העצבים האוטונומית, האחראית על הפעלה לא-רצונית של מערכות הגוף הפנימיות כגון מערכת הנשימה ומערכת ההובלה.
    - מערכת העצבים הרצונית, האחראית על הפעלה רצונית של שרירי השלד (לדוגמה, הפעלת שרירי הידיים והרגליים).
- [קישור להדמיה על מבנה מערכת העצבים](#)

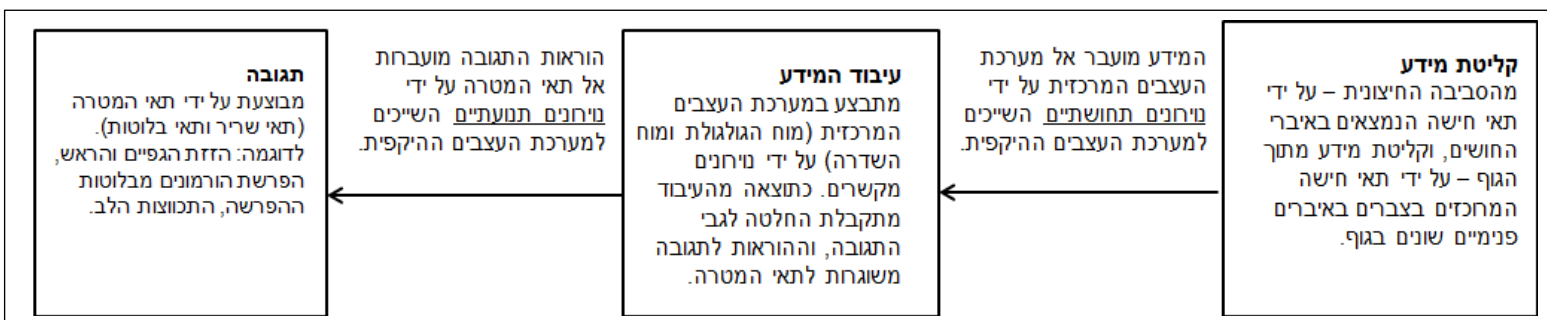
#### **תאי העצב – הנוירונים**

- יחידות הפעולה הבסיסיות של מערכת העצבים הם תאי העצב – הנוירונים. הנוירונים נחלקים לשלושה סוגים על פי תפקודם: נוירונים תחושתיים ונוירונים תנועתיים השייכים

למערכת העצבים ההיקפית, ונוירונים מקשרים השייכים למערכת העצבים המרכזית. כל נוירון מעביר מידע לנוירונים אחרים או לתאי שריר או לתאי בלוטות הפרשה. מידע מפורט על הנוירונים ותפקודם נמצא בהמשך.

### מסלול פעולת מערכת העצבים

- מסלול פעולת המערכת כולל שלושה שלבים בסיסיים: קליטת מידע, עיבוד המידע ותגובה.



### קליטת מידע על ידי תאי חישה

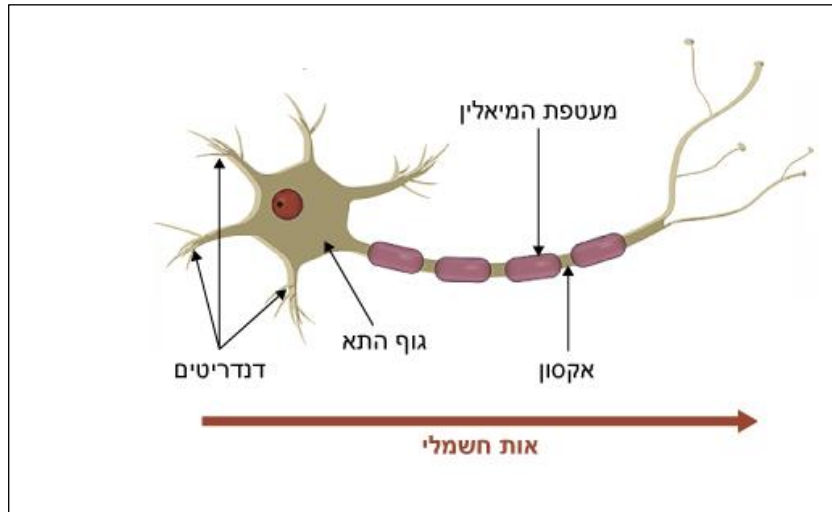
- ✓ קליטת מידע מהסביבה החיצונית ומתוך הגוף נעשית באמצעות תאי חישה שהם יחידות התפקוד הבסיסיות של כל החושים (יש סוגי מידע הנקלטים ישירות על ידי קצות העצבים התחושתיים).
- ✓ כל תא חישה מותאם לקליטת סוג מידע ספציפי (כגון אור, חום, קור, מגע, טעם, ריח) באמצעות קולטנים ייחודיים, והוא ממיר את המידע לאות עצבי המועבר על ידי העצבים התחושתיים למערכת העצבים המרכזית.
- ✓ התאים ה"מוציאים לפועל" את פקודות הפעולה שהתקבלו מהמוח וממוח השדרה הם תאי שריר או תאי בלוטה באיברים שונים בגוף. התגובות יכולות להיות רצוניות או לא רצוניות.
- ✓ חלק גדול מהתגובות הלא-רצוניות קשורות לפעילות השוטפת של הגוף (פעולת הלב, הכליות, מערכת העיכול ושאר האיברים הפנימיים). לתגובות אלה יש חשיבות בשמירת ההומיאוסטזיס. לדוגמה: הזעה והרחבה של כלי הדם ההיקפיים כאשר הגוף מתחמם בזמן פעילות גופנית גורמות להתקררות הגוף.
- ✓ פעולת מערכת העצבים בתגובה למידע המתקבל מהסביבה החיצונית ומתוך הגוף הכרחית לשרידות, להתפתחות, לקיום החיים ולשמירה על ההומיאוסטזיס.

**מונחים מהסילבוס:** מערכת העצבים המרכזית, מערכת העצבים ההיקפית, מערכת העצבים האוטונומית, מערכת העצבים הרצונית, תגובה רצונית, תגובה לא-רצונית, תא עצב – נוירון (תחושת, תנועתית או מקשר), תאי חישה, קולטנים (רצפטורים) ייחודיים.

### ב. הנוירונים – יחידות המבנה והתפקוד של מערכת העצבים

- ✓ יחידות הפעולה הבסיסיות של מערכת העצבים הם תאי העצב – הנוירונים.
- ✓ הנוירון מורכב מגוף תא, דנדריטים ואקסון שמתפצל בקצהו.
- ✓ המידע עובר במהירות רבה לאורך הנוירון כאות חשמלי, הקרוי דחף עצבי (או פוטנציאל פעולה). כיוון העברת המידע הוא מהדנדריטים אל גוף התא וממנו לאורך האקסון עד לקצהו.
- ✓ המבנה המאורך של האקסון וציפוי המיאלין סביבו מאפשרים הובלה מהירה של האות החשמלי.

- ✓ הנורון יכול לקבל מידע מנורון אחר או מתא חישה, ולהעביר מידע לנורון אחר, לתא שריר או לתא בלוטה (בלוטה הורמונלית או בלוטת הפרשה חיצונית כגון בלוטת רוק).  
 בין הנורון ובין תאי המטרה יש צומת תקשורת הקרוי סינפסה. האות מועבר במרווח הסינפטי כאות כימי. (ראו הרחבה על הסינפסה בהמשך).



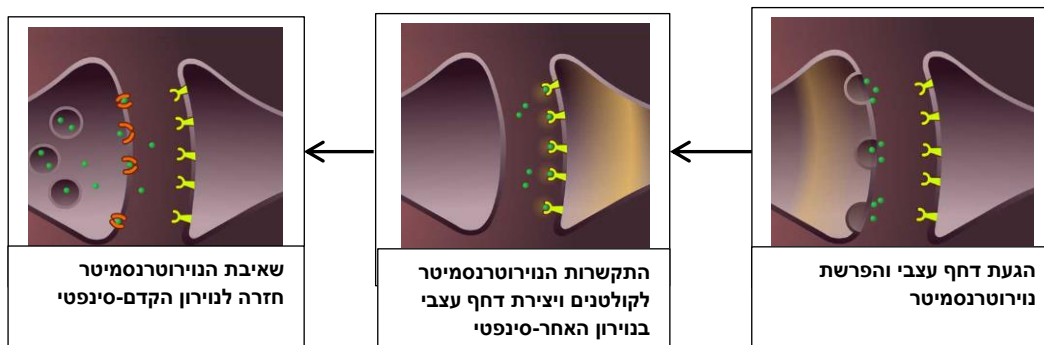
- ✓ הדנדריטים המרובים וההסתעפות של האקסון בקצהו מאפשרים יצירת קשר בין מספר עצום של נורונים. כך נוצרת רשת מורכבת מאוד של נורונים המתקשרים ביניהם. מורכבות זו מאפשרת את מגוון הפעולות הרחב של המוח ושל שאר מערכת העצבים.  
[קישור להדמיה על רשת נורונים, מבנה הנורון ומעבר האות העצבי בו.](#)

**מושגים מהסילבוס:** תא עֶצֶב/נורון, אקסון, גוף התא, דנדריטים.

## **ג. הסינפסה – צומת התקשורת במערכת העצבים**

### **העברת המידע בסינפסה**

- ✓ בין תאי עצב לתאי מטרה קיים מרווח זעיר, הנקרא סינפסה. המידע עובר בסינפסה כאות כימי.
- ✓ כשמגיע דחף עצבי לקצה האקסון של תא העצב הנקרא נורון קדם-סינפטי, הוא גורם להפרשת חומר כימי – נוירורנסמיטר שאגור בשלפוחיות. חומר זה מופרש אל הסינפסה, מגיע בדיפוזיה אל קולטנים המצויים בקרום תא המטרה ונקשר אליהם. קשירה זו יכולה לגרום לתגובות שונות בתאי המטרה: יצירת דחף עצבי בתא עצב אחר.
- ✓ מולקולות הנוירורנסמיטר נמצאות במרווח הסינפטי זמן קצר ומסולקות במהרה מן המרווח במנגנונים שונים, שהעיקריים בהם הם שאיבה חזרה לתא הקדם-סינפטי על ידי משאבות הנמצאות בקרום התא, או פירוק במרווח הסינפסה על ידי אנזימים ייחודיים. פינוי מהיר של הנוירורנסמיטר ממרווח הסינפסה מאפשר זרימה רציפה ויעילה של המידע במערכת העצבים מכיוון שכל עוד הקולטנים של התא הקולט תפוסים במולקולות של נוירורנסמיטר, התא אינו יכול לקלוט מידע חדש. [קישור להדמיה על מעבר האות בסינפסה.](#)

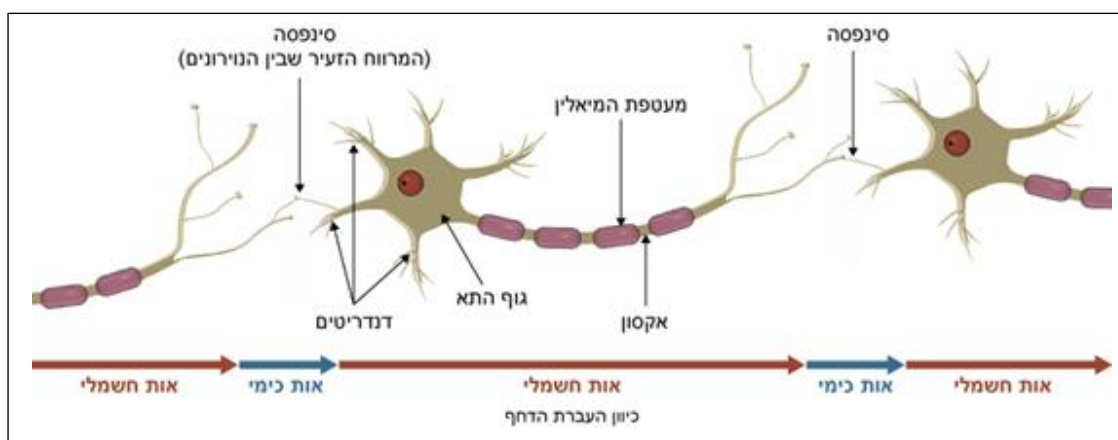


✓ כל נוירון יכול ליצור קשר באמצעות סינפסות עם עד כ-10,000 נוירונים אחרים. הגירויים המתקבלים מהם יכולים להיות מעוררים או מדכאים. אם מספר הגירויים המעוררים עולה במידה מספקת על מספר הגירויים המדכאים נוצר בנוירון דחף עצבי שמתקדם הלאה. השילוב של מנגנוני עירור ודיכוי מאפשר ויסות ובקרה של פעולת מערכת העצבים.

✓ במהלך החיים נוצרות סינפסות חדשות בין נוירונים, וסינפסות קיימות מתחזקות או נעלמות. שינויים אלו מתרחשים בהשפעות חויות, התנסויות ותהליכי למידה שאנו עוברים.

### המידע עובר במערכת העצבים כאות עצבי לאורך הנוירונים וכאות כימי בסינפסות

✓ המידע עובר במערכת העצבים בשני אופנים: כאות חשמלי העובר לאורך הנוירונים ומאפשר העברה מהירה מאוד, וכאות כימי העובר בסינפסות ומאפשר יצירת קשר עם נוירונים אחרים.



### השפעת סמים, רעלים ותרופות על העברת האות בסינפסה

✓ מולקולות של סמים ורעלים שונים משפיעות על מנגנוני העברת המידע בסינפסות בדרכים שונות. לדוגמה, התקשרות לקולטנים והגברת העברת הדחף העצבי, חסימת הקולטנים ומניעת קישור הנוירונסמיטר, הגברה או הקטנה של קצב שחרור הנוירונסמיטר, או חסימת השאיבה החוזרת של הנוירונסמיטר לנוירון הקדם-סינפטי. השפעות אלו עלולות לשבש את מעבר האות בסינפסות על ידי הגברה שלו או עיכוב שלו.

[קישור להדמיה על מנגנוני השפעת סמים שונים על הסינפסה](#)

✓ שיבושים בייצור נוירטרנסמיטרים – ירידה או הגברה בייצור – עלולים לגרום מחלות כמו פרקינסון ואלצהיימר. הידע המדעי על הנוירטרנסמיטרים השונים, על דרך פעולתם ועל מקום פעולתם במוח מאפשר ייצור תרופות לטיפול בחולים.

✓ אפשר להשפיע על העברת הגירוי בסינפסות במוח לא רק על ידי תרופות אלא באמצעים טבעיים יותר כגון ספורט, טיול בטבע, מדיטציה והאזנה למוזיקה.

**מושגים מהסילבוס:** נוירטרנסמיטר, סינפסה, קולטן.

## **ג. מבנה המוח ותפקודו**

### **חלקי המוח ותפקודיהם**

מערכת העצבים המרכזית מורכבת ממוח הגולגולת וממוח השדרה.  
**מוח השדרה** – מקשר בין המוח הגדול לבין מערכת העצבים ההיקפית. דרכו עוברים גירויים מאיברי החושים אל מוחות הגולגולת, והוראות תגובה מהמוחות אל איברי הגוף השונים. אחראי על רבות מתגובות הרפלקס. (ראו הסבר בהמשך על רפלקס)

מוח הגולגולת מורכב מארבעה חלקים: המוח הגדול, מוח הביניים, המוח הקטן וגזע המוח.

**לכל אחד ממוחות הגולגולת תפקודים שונים:**

✓ **גזע המוח** – יש בו מרכזים השולטים על פעולות החיים הבסיסיות החיוניות לקיום הגוף, כגון פעולת הלב והריאות ושאר האיברים הפנימיים (ולכן יש המכנים אותו "המוח ההישרדותי"). כל הפעולות הללו הן בלתי רצוניות.

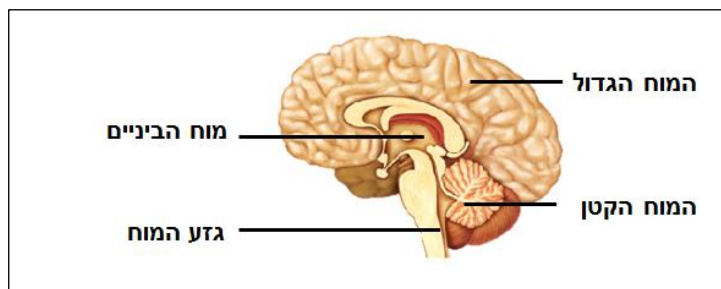
מרכזי ההפעלה של אברי הגוף הפנימיים הנמצאים בגזע המוח נמצאים תחת פיקוח ובקרה של מוח הביניים (לדוגמה, הלב מופעל על ידי גזע המוח, אולם השינויים בקצב הלב במצבי פעילות שונים מווסתים בעיקר על ידי ההיפותלמוס שבמוח הביניים).  
גזע המוח גם מקשר בין המוח הגדול ושאר מוחות הגולגולת לבין מוח השדרה ומערכת העצבים ההיקפית, ודרכו עוברים גירויים מהגוף אל המוח; פקודות מוטוריות להפעלת הגוף עוברות בכיוון ההפוך.

✓ **מוח הביניים** – חלקיו העיקריים של מוח הביניים הם התלמוס וההיפותלמוס (בעברית: הרמה ותת-הרמה). ההיפותלמוס שולט על פעולת מערכת העצבים האוטונומית ומווסת באמצעותה את פעולת איברי הגוף הפנימיים. לדוגמה, בהשפעת ההיפותלמוס עולים קצב הלב וקצב הנשימה בעת פעילות גופנית, ומופעלים מנגנונים להורדת טמפרטורת הגוף (הזעה והרחבת כלי הדם ההיקפיים). ההיפותלמוס קשור גם להפעלת תגובת "הילחם או ברח" במצבי לחץ וסכנה, ויש לו תפקד מרכזי בשמירת ההומיאוסטזיס בגוף.  
ההיפותלמוס קשור גם לפעולת המערכת ההורמונלית, אחד ההורמונים הנוצרים בו הוא ADH, ההורמון עובר אל בלוטת ההיפופיזה, מופרש ממנה אל הדם, וגורם להגברת הספיגה החוזרת של מים מהכליות לדם.

מוח הביניים מעבד עיבוד ראשוני של תחושות פנימיות כמו רעב וצמא ושל רגשות כמו כעס והנאה (ולכן יש המכנים אותו "המוח הרגשי").

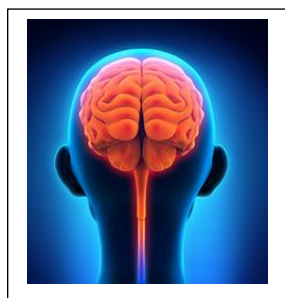
**יש המחשיבים את מוח הביניים כחלק מגזע המוח. גזע המוח ומוח הביניים אחראים על פעולת אברי הגוף הפנימיים, על וויסותה ועל שמירת ההומיאוסטזיס בגוף. מהסילבוס (תכנית הלימודים) משתמע שהמוח גזע המוח כולל גם את מוח הביניים.**

- ✓ **המוח הקטן** – קולט גירויים ומקבל מידע לגבי תנוחות הגוף ויציבותו. מאפשר תנועות מתואמות של איברי הגוף השונים ושמירה על שיווי משקל. במוח הקטן נשמרות מיומנויות טכניות שנרכשו לאורך זמן, לדוגמה, מיומנות הרכיבה על אופניים.
- ✓ **המוח הגדול** – מקבל גירוי מהחושים ומתאי חישה בגוף, ומעבד אותו לתחושות המגיעות לתודעה. מפעיל את התנועות הרצוניות והמודעות של איברי הגוף השונים ושל הגוף כולו באמצעות שרירי השלד. מקיים את כל סוגי הפעולות השכליות, כגון חשיבה, זכירה וכדומה.
- ✓ אף על פי שהם אחראים על תפקודים שונים, יש קשר בין המוחות לבין עצמם, ובינם לבין מערכת העצבים ההיקפית. הקשר הזה מאפשר את הפעולה המתואמת של מערכות הגוף כיחידה אחת.



\*המוח מוח קטן אינו נכלל בסילבוס. גם המוח מוח הביניים אינו נכלל בסילבוס, אולם כאמור משתמע שהכוונה בסילבוס היא שגזע המוח כולל בתוכו גם את מוח הביניים. בנוסף, המוחים מערכת העצבים האוטונומית, ההיפופיזה, וההורמון ADH קשורים למוח הביניים והם כן נכללים בסילבוס בהקשרים אחרים.

### **המוח הגדול – ההמיספרות**



המוח הגדול מורכב משני חלקים נפרדים דמויי חצי כדור הנקראים ההמיספרות. ההמיספרות מחוברות ביניהן באזור צר. כל ההמיספרה שולטת על הצד הנגדי של הגוף: ההמיספרה השמאלית מקבלת מידע בעיקר מהצד הימני של הגוף, מעבדת אותו ומפעילה את השרירים והבלוטות בצד זה של הגוף, וההיפך לגבי ההמיספרה הימנית.

### **המוח הגדול – קליפת המוח**

השכבה החיצונית המפותלת של כל אחת מההמיספרות נקראת קליפת המוח. הפיתולים בקליפת המוח מאפשרים להגדיל את שטח הפנים שלה בערך פי שלושה. מספר הקפלים בקליפת המוח של האדם גדול בהשוואה לקליפת המוח בבעלי חיים אחרים. הגדלת שטח הפנים אפשרה את התפתחות היכולות השכליות הגבוהות של האדם.

קליפת המוח הגדול אחראית לכל התהליכים ההכרתיים שלנו: חשיבה, למידה, זיכרון, שימוש בשפה ויצירה. בקליפת המוח מצויים מרכזים המקבלים מידע המגיע מהחושים, מעבדים אותו ומפעילים את השרירים הרצוניים.

הרחבה: נוהג לחלק את קליפת המוח בכל אחת מההמיספרות לארבע אונות: מצחית, קודקודית, רקתית ועורפית.

[קישור להדמיה על מבנה המוח.](#)

## אזורי תפקוד במוח

אזורים שונים במוח אחראים על תפקודים שונים. לדוגמה, אזור הראייה – הנמצא בקליפת המוח בצד האחורי של הראש, ואזור השמיעה – הנמצא בקליפת המוח משני צדי הראש. החוקרים הצליחו למפות חלק מאזורי התפקוד הודות למעקב אחר התפקודים שנפגעו אצל אנשים שסבלו מנזק מוחי, או בעזרת שימוש בשיטות דימות מודרניות כגון fMRI.

## רפלקס

תגובות רפלקס הן תגובות עצביות העוברות על פי רוב דרך מוח השדרה ואינן מגיעות למוחות הגולגולת. תגובות הרפלקס מהירות מאוד והן מתרחשות באופן לא מודע. התגובה היא מהירה מאוד מכיוון שקשת הרפלקס (מסלול הרפלקס) היא קצרה וכוללת מעט סינפסות. לדוגמה, קשת הרפלקס במקרה של רתיעת היד מחפץ חם כוללת שלושה נוירונים: נוירון תחושי, נוירון מקשר במוח השדרה ונוירון תנועתי. התגובה מתרחשת לפני שאנחנו מודעים לה מפני שקשת הרפלקס אינה עוברת במוח הגדול. לרפלקסים יש בדרך כלל תפקיד בהגנה על הגוף מפני סכנות מידיות.



## ההבדלים בין מוח האדם למוח בעלי חיים אחרים

כאשר משווים את מוח האדם למוח בעלי חיים אחרים, אפשר להבחין בהבדלים הבאים (המומחשים בתרשים המצורף):

- א. מוח האדם גדול במיוחד ביחס לגודל הגוף.
- ב. היחס בין גודל המוח הגדול לגודלם של שאר המוחות באדם, גדול יותר בהשוואה לאותו היחס בבעלי חיים אחרים.
- ג. מספר הקפלים בקליפת מוח האדם גדול במיוחד. ככל שיש יותר קפלים כך שטח הפנים של קליפת המוח גדול יותר. מכיוון שהמוח הגדול אחראי על החשיבה הגבוהה, ההבדלים האלה יכולים להסביר את ההבדל הניכר ביכולות השכליות של האדם לעומת בעלי החיים האחרים.

## זיכרון ולמידה

בעבר הניחו שהזיכרון מאוחסן בתוך הנוירונים, אולם כיום ידוע שזיכרון ולמידה קשורים לחיזוק הקשר בין נוירונים במסלולים עצביים מסוימים. חיזוק הקשר מתבטא בחיזוק הסינפסות בין תאי העצב (לדוגמה על ידי הגדלת מספר הקולטנים של הנוירטרנסמיטרים) או בהגדלת מספר הסינפסות ביניהם, או ביצירת סינפסות עם נוירונים אחרים. השינויים האלה, שנגרמים בהשפעת תהליכי למידה וזיכרון, מחזקים מסלולים עצביים מסוימים במוח.

**מונחים מהסילבוס:** גזע המוח, המוח הגדול, מוח השדרה, קליפת המוח, המיספרה, רפלקס.

## סיכום פרק המערכת ההורמונלית

### תכנית הלימודים

**רעיון מרכזי:** מערכות העצבים וההורמונים משתתפות בקליטת מידע, עיבודו ותגובה עליו ומאפשרות שמירה על ההומיאוסטזיס.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | מונחים ומושגים נוספים                                                                                   | הערות, הסברים                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>המערכת ההורמונלית (מערכת הפרשה הפנימית) 4-6 שעות</b></p> <p>-מערכת המווסתת פעילות מערכות שונות באמצעות הורמונים.</p> <p>-בלוטות הפרשה פנימית, מקומן, תפקודן וההורמונים המופרשים על ידן:</p> <p>לבלב - אינסולין</p> <p>היפופיזה - LH, FSH, ADH</p> <p>שחלה - אסטרוגן ופרוגסטרון או אשך- טסטוסטרון</p> <p>-ויסות רמת הסוכר בדם</p> | <p>אדרנלין, איבר מטרה, הורמונים, משוב שלילי, קולטן.</p> <p>לבלב, גליקוגן, גלוקגון, אינסולין, סוכרת.</p> | <p>הבלוטות וההורמונים המוזכרים להלן מופיעים בסילבוס גם בהקשר למערכות הרלוונטיות וניתן ללמד על פעילותם בהקשרים למערכות השונות.</p> <p>יש ללמד על הגורמים השונים למחלת הסוכרת, אך אין צורך ללמד על הבדלים בין סוכרת מסוג 1 לסוכרת מסוג 2.</p> |

## המערכת ההורמונלית (מערכת הפרשה הפנימית)

### הקדמה:

קיום הגוף, תפקודו התקין ושמירת ההומיאוסטזיס תלויים בשיתוף פעולה ובתיאום בין מרכיביו השונים. שתי מערכות אחראיות על הוויסות והתיאום: מערכת העצבים והמערכת ההורמונלית (הקרויה גם מערכת הפרשה הפנימית או המערכת האנדוקרינית). התקשורת במערכת ההורמונלית היא תקשורת המתבצעת על ידי "שליחים כימיים" – הורמונים, המעבירים אותות מתא אחד לאחר. ההורמונים מווסתים ומתזמנים את תהליכי גדילת הגוף והתפתחותו, ומשפיעים על תהליכי חילוף החומרים בגוף בכל רגע נתון.

### סיכומים:

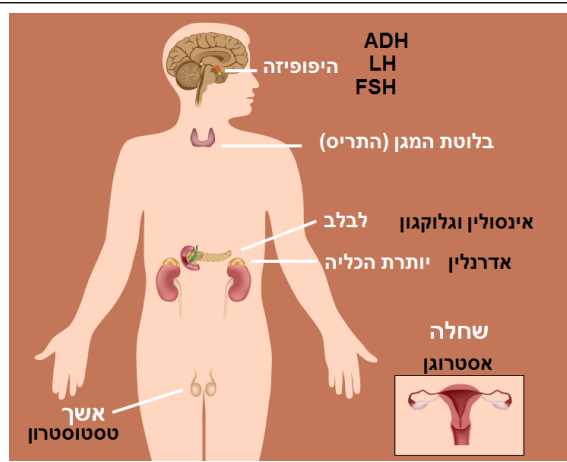
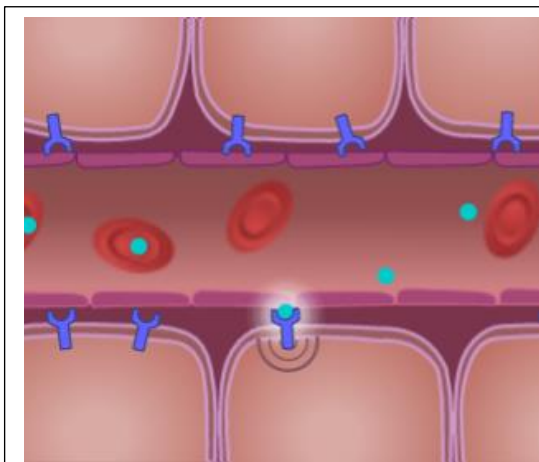
- ההורמונים ומנגנון פעולתם
- קו ההגנה השלישי – מערכת החיסון הייחודית
- סוגי דם, עירויי דם והשתלות איברים

## א. ההורמונים ומנגנון פעולתם

✓ ההורמונים הם חומרים (חלבונים או סטרואידים שהם סוג של שומנים) המופרשים בכמויות זעירות (הנמדדות במליוניות של גרמים) מבלוטות הורמונליות. לעתים התאים מפרישי ההורמונים אינם מאורגנים בתוך בלוטה מסוימת אלא מפוזרים בצברים באיברים שונים, לדוגמה בקיבה. ההורמונים מופרשים ישירות אל הדם ודרכו הם מגיעים אל כל הגוף, אך הם משפיעים רק על תאים שבהם נמצאים קולטנים הייחודיים להם – תאים אלה נקראים "תאי מטרה". (מקור השם "הורמון" הוא ביוונית ופירושו "להניע לפעולה").

### בלוטות הפרשה העיקריות וההורמונים המופרשים מהן

#### התקשרות הורמון לקולטן בתא המטרה



- ✓ ההורמונים מופרשים מתאים מפרישים המצויים בבלוטות הפרשה או מפוזרים בצברים באיברים אחרים בגוף. ההורמונים נישאים בדם ומגיעים דרכו אל כל התאים שבגוף, אולם הם משפיעים רק על תאי המטרה שבהם יש קולטנים ייחודיים עבורם.
- ✓ התקשרות הורמונים לתאי מטרה משפיעה על תהליכים המתרחשים בהם – ובכך עוסקת יחידת הלימוד: מנגנוני הפעולה של ההורמונים והבקרה על הפרשתם.
- ✓ רבים מההורמונים משפיעים בו בזמן על כמה תאי מטרה. לעתים הם משפיעים בצורה אחת על תאי מטרה מסוג מסוים ובצורה אחרת על תאי מטרה מסוג אחר. דבר זה מאפשר תהליכי גדילה ופעולה מתואמת רב-מערכתית של הגוף במצבים שונים.
- ✓ שיבושים בפעילות המערכת ההורמונלית הנגרמים בגלל עודף או חוסר של הורמונים, פגמים במבנה ההורמונים, פגמים בקולטנים, או תגובה לא תקינה של תאי המטרה עלולים לגרום מחלות וליקויים שונים.

[קישור להדמיה:](#) הפרשת הורמון מבלוטת הפרשה והתקשרותו לתאי המטרה

## מנגנוני הפעולה של ההורמונים

קישור ההורמונים לקולטנים בתאי המטרה משפיע על התהליכים המתרחשים בהם (הפעלה של תהליכים מסוימים או הגברתם, הפסקה או החלשה של תהליכים אחרים). ההורמונים פועלים במנגנונים שונים. דוגמאות:

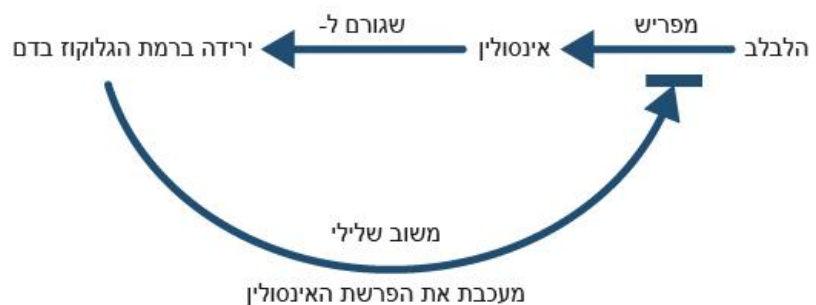
| מנגנון פעולה                                                                                              | דוגמאות להורמונים שפועלים במנגנון זה |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| הפעלה או השתקה של גנים: הפעלת הגנים גורמת ליצירת חלבונים בעלי תפקודים שונים (כגון אנזימים, תעלות, נשאים). | אינסולין, הורמוני מין מסוימים.       |
| הפעלה או דיכוי של פעולת אנזימים                                                                           | אינסולין, גלוקגון.                   |
| השפעה על חדירות קרום התא לחומרים מסוימים דרך השפעה על חלבוני ההעברה בקרום (תעלות, נשאים ומשאבות)          | אינסולין, ADH                        |

## הבקרה על הפרשת ההורמונים

✓ יש חשיבות רבה לבקרה על עיתוי הפרשת ההורמונים וקצב הפרשתם. הפרשה תקינה של הורמונים חיונית לקיום הגוף ולשמירת ההומיאוסטזיס. לעומת זאת, הפרשה בעיתוי הלא נכון או בקצב הלא נכון עלולה לגרום מחלות ואף מוות. אחד המנגנונים העיקריים המווסתים את הפרשת ההורמונים הוא מנגנון משוב שלילי.

✓ מנגנון משוב שלילי הוא תהליך שבו עלייה בכמות של תוצר או התוצאה של תהליך מסוים גורמות לעיכוב התהליך שגרם ליצירתו.

לדוגמה:



## ויסות רמת הגלוקוז בדם

- ✓ באדם בריא רמת הגלוקוז בדם נשמרת קבועה, פחות או יותר, בתוך תחום מסוים (הומיאוסטזיס).
- ✓ לשמירה על רמה קבועה של גלוקוז בדם יש חשיבות רבה מכיוון ש:
  - גלוקוז הוא מקור האנרגיה העיקרי לתאים השונים, והמקור הבלעדי לתאי המוח ולתאי דם אדומים. שמירה על רמת גלוקוז קבועה בדם מבטיחה אספקת גלוקוז קבועה ושוטפת לתאים.

- רמה גבוהה מדי של גלוקוז בדם לאורך זמן (היפרגליקמיה) עלולה לגרום לדלקות ולפגיעות במערכות שונות (ובכך עוסקת יחידת הלימוד על מחלת הסוכרת).
- רמה נמוכה מדי של גלוקוז בדם (היפוגליקמיה) עלולה לגרום להתעלפות, לפגיעה במוח ואף למוות.

### **ההורמונים המעורבים בוויסות רמת הגלוקוז בדם**

- ✓ שני ההורמונים המרכזיים המווסתים את כמות הגלוקוז בדם הם אינסולין וגלוקגון. שני ההורמונים מופרשים מצברי תאים המצויים בבלוטת הלב לב ונקראים איי לנגרהנס: אינסולין מופרש מתאים הנקראים תאי בטא ( $\beta$ ), וגלוקגון מופרש מתאי אלפא ( $\alpha$ ).
- ✓ ההורמון אינסולין מופרש מבלוטת הלב לב בעקבות עלייה בריכוז הגלוקוז בדם אחרי ארוחה. התקשרות ההורמון לקולטנים בתאי המטרה גורמת להורדת ריכוז הגלוקוז בדם, בעיקר על ידי:
  - זירוז קצב כניסת הגלוקוז לתאי שריר ותאי שומן. האינסולין גורם להגדלת מספר נשאי הגלוקוז בקרום התאים האלה ולכן קצב כניסת הגלוקוז לתאים עולה.
  - זירוז תהליכי הפיכת עודפי גלוקוז לחומרי תשמורת (גליקוגן ושומן) בכבד ובשרירים
  - עיכוב של תהליכים שבהם נוצר גלוקוז.
- ✓ גלוקגון מזרז את פירוק מאגרי הגליקוגן שבכבד לגלוקוז, וכך הוא גורם להעלאת ריכוז הגלוקוז בדם. כמו כן, הוא מעכב את תהליך יצירת חומרי התשמורת.
- ✓ אינסולין הוא ההורמון היחיד הגורם להורדת ריכוז הגלוקוז בדם. לעומת זאת, קיימים הורמונים נוספים מלבד גלוקגון המעלים את רמת הגלוקוז בדם – אדרנלין וקורטיזול. הורמונים אלה מזרזים את פירוק הגליקוגן בכבד וגם את פירוק מאגרי השומן המצויים ברקמות השומן.
- ✓ הפרשת אינסולין וגלוקגון מווסתת במנגנון של משוב שלילי. משמעות משוב שלילי היא שהתוצאה של תהליך מסוים גורמת לעיכוב התהליך שגרם ליצירתה. לדוגמה: הפרשת אינסולין (התהליך) גורמת לירידה בריכוז הגלוקוז בדם (תוצאת התהליך), ועקב כך פוחת הפרשת האינסולין (עיכוב התהליך).
- ✓ יש חשיבות רבה לוויסות מכיוון שהפרשת כמויות גדולות מדי או קטנות מדי של ההורמונים יכולה לגרום לעלייה או לירידה של רמת הגלוקוז בדם מחוץ לתחום התקין – דבר שעלול לגרום לנזקים קשים כפי שהוזכר קודם.

**מושגים (מהסילבוס):** אינסולין, גלוקוז, גלוקגון, גליקוגן, לבלב, משוב שלילי, סוכרת.

## מחלת הסוכרת

### סוגי הסוכרת ומאפייני המחלה

- ✓ סוכרת היא קבוצה של מחלות, שהמשותף להן הוא רמת גלוקוז (סוכר) גבוהה בדם, הנגרמת בגלל פגיעה בייצור אינסולין או בגלל פגיעה בתגובת תאי המטרה (תאי שריר ותאי שומן) לאינסולין. הפגיעה בכניסת הגלוקוז לתאים גורמת למחסור באנרגיה בתאים. חלק מעודפי הגלוקוז מופרש בשתן, וזה המקור לשם המחלה Diabetes mellitus שפירושו "שתן מתוק". חולי סוכרת מפרישים כמויות גדולות של שתן, ועקב כך חשים צימאון רב ומרבים לשתות.
- ✓ מבחינים בין שני סוגים עיקריים של סוכרת - סוג 1 וסוג 2:  
סוכרת מסוג 1 נובעת מכך שלא מיוצר אינסולין בגוף עקב פגיעה בבלבל. חולים בסוכרת מסוג 1 מטופלים במתן אינסולין מבחוץ.
- ✓ סוכרת מסוג 2 נובעת מכך שתאי המטרה אינם מגיבים לאינסולין או שעוצמת תגובתם קטנה מהרגיל. החולים מטופלים בתרופות שונות, לדוגמה – תרופות שמקטינות את ספיגת הגלוקוז מהמעיי לדם.

### סיבוכי הסוכרת ודרכי המניעה

- ✓ לסוכרת עלולים להיות סיבוכים קשים: פגיעה בעיניים עד כדי סיכון הראייה, פגיעה בכליות עד כדי הזדקקות לטיפול דיאליזה, פגיעה ברגלים עד כדי סכנת קטיעה, פגיעה במערכת העצבים וכלי הדם, פגיעה בלב ועוד.
- ✓ מספר חולי הסוכרת, בעיקר חולים בסוכרת מסוג 2, נמצא בעלייה מתמדת. האו"ם הכריז על הסוכרת כעל מגפת המאה. התרבות מקרי השמנת היתר בעולם בצד ירידה בפעילות הגופנית הם מגורמי הסיכון העיקריים למחלה.
- ✓ אפשר להקטין את הסיכוי לחלות בסוכרת ואפשר להקטין את עוצמת המחלה ואת נזקיה אצל אנשים שכבר חלו תוך שינוי הרגלי התזונה: לאכול פחות מזונות המכילים סוכר, לרדת במשקל ולעשות פעילות גופנית.

## סיכום פרק מערכת הרבייה

### תכנית הלימודים: מערכת הרבייה באדם

#### רעיונות מרכזיים:

- ✓ מערכת הרבייה מאפשרת המשכיות של קיום המין על ידי העברת מידע תורשתי מדור לדור.
- ✓ רבייה מותנית בהגעתם של תאי זרע אל הביציות, בהפריה, ובהתפתחות העובר.
- ✓ תהליך הרבייה מוסדר באמצעות מנגנוני ויסות ותקשורת.

| מפרט תכנים                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | מונחים ומושגים נוספים                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>מערכת הרבייה (6-8 שעות)</u></b></p> <p>- מיקום והתאמת מבנה לתפקוד</p> <p>- ויסות הורמונלי של תהליכי רבייה באדם</p> <p>- הפריה</p> <p>- הפריה חוץ-גופית</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>מערכת רבייה נקבית: חצוצרה (צינור הביציות), נרתיק, רחם, שחלה, תא ביצה (ביצית).</p> <p>מערכת רבייה זכרית: אשך, ערמונית, פין, צינור מוביל זרע, תא זרע.</p> <p>אסטרוגן, ביוץ, גופיף צהוב, וסת, זקיק.</p> <p>היפופיזה, משוב שלילי, LH, FSH.</p> <p>טסטוסטרון.</p> <p>תא רבייה (גמטה).</p> <p>הפריה, זיגוטה.</p> |
| <p><b>הערות:</b></p> <p>אפשר להתמקד במערכת הרבייה הזכרית או במערכת הרבייה הנקבית (בהקשר של אנטומיה ובהקשר של ויסות הורמונלי).</p> <p>חובה להדגיש מאפיינים המופיעים בשתי המערכות: משוב שלילי; תפקודי ההיפופיזה, ה-FSH, וה-LH; השחלות/האשכים כאיברי מטרה של ה-FSH, וה-LH, וכאיברים יוצרי גמטות ומפרישי הורמונים.</p> <p>יש להתייחס למאפייני תאי הרבייה (תא זרע ותא ביצית) בלי קשר למערכת הרבייה הנלמדת. מומלץ ללמד את שתי המערכות.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

### סיכומים על פרק מערכת הרבייה:

- א. מערכת הרבייה של האישה.
- ב. מערכת הרבייה של הגבר.
- ג. השוואה בין מערכת הרבייה של האישה לבין מערכת הרבייה של הגבר.
- ד. הפריה חוץ-גופית.

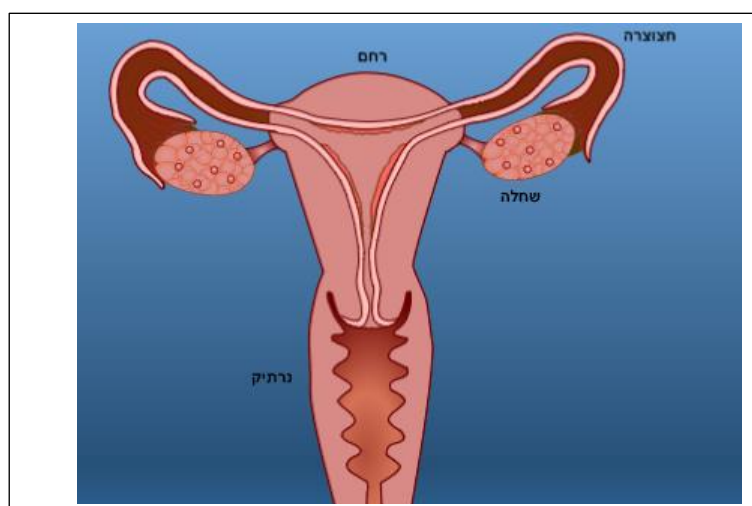
## מערכת הרבייה – מבנה ותפקוד

המבנה של איברי הרבייה מותאם לקיומם של התהליכים האלה:

- א. ייצור תאי רבייה.
- ב. ייצור והפרשה של הורמונים המווסתים את תהליך הרבייה.
- ג. מפגש בין תאי הרבייה של הזכר ושל הנקבה, והפריה.
- ד. התפתחות של העובר באיבר בגוף הנקבה המותאם לספק לו מזון והגנה.

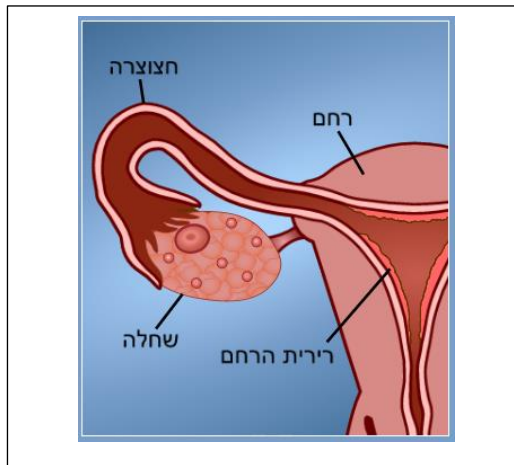
## א. מערכת הרבייה של האישה

✓ מערכת הרבייה של האישה היא מערכת פנימית הנמצאת במרכז הבטן התחתונה והיא מוגנת על ידי עצמות אגן הירכיים. המערכת כוללת: שתי שחלות, שתי חצוצרות (צינורות הביציות), רחם ונרתיק.



- ✓ כל תינוקות נולדת כשבשחלותיה מאגר של מאות אלפי ביציות לא-בשלות המצויות בתוך זקיקים. זקיקים הוא מבנה דמוי שלפוחית המכיל את הביצית ושכבה אחת או יותר של תאים נלווים שמזינים את הביצית ומגנים עליה.
- ✓ רק בגיל ההתבגרות, בגיל 12 בערך, מערכת הרבייה של הנערה מבשילה ומתחיל מעגל אירועים שנקרא "המחזור החודשי" (ועליו יפורט בהמשך). אחת לחודש, אחד הזקיקים באחת מהשחלות מתחיל לגדול והביצית שבתוכו מבשילה. כאשר הביצית מבשילה היא בוקעת מן הזקיק ונפלטת מן השחלה – זהו הביצ. השחלה אינה מחוברת ישירות לקצות החצוצרה אולם המרחק ביניהם קטן. בקצות החצוצרה יש בליטות הנראות כמו אצבעות והן קולטות את הביצית שהשתחררה מהשחלה ומכניסות אותה אל פתח החצוצרה.

ביוץ



התפתחות אחד הזקיקים

הקורס הוירטואלי  
מטח

✓ אם מתרחשת הפריה היא נעשית בחצוצרה. הביצית המופרת – הזיגוטה – מתקדמת בעזרת התכווצויות שרירי החצוצרה לעבר הרחם ותך כדי כך היא עוברת סדרת חלוקות תא ותהליכי התמיינות. כאשר העובר הצעיר מגיע אל הרחם הוא משתרש בו ומתפתח היריון.

### הרחם

✓ הרחם הוא איבר המונח במרכז אגן הירכיים. אורכו כשבעה ס"מ אולם הוא גדל מאוד במהלך ההיריון.

✓ מבנה הרחם מותאם לקליטת העובר, להזנתו ולהתפתחותו:

דופן הרחם הפנימית מצופה בשכבה עבה של רקמה רכה העשירה בכלי דם – זוהי רירית הרחם. במהלך ההיריון רירית הרחם מתעבה מאוד וכמות נימי הדם בה גדלה במידה ניכרת. דופנות הרחם השריריות תומכות בעובר המתפתח ומגנות עליו. בקצה התחתון הצר של הרחם נמצא צוואר הרחם. דופנותיו בנויות משרירים חזקים במיוחד. בזמן הלידה צוואר הרחם נפתח ומתרחב, והתכווצויות שרירי הרחם דוחפות את העובר אל הנרתיק והחוצה. הנרתיק מוביל את תאי הזרע אל הרחם ומשם אל החצוצרה, והוא גם משמש תעלת לידה שדרכה העובר יוצא החוצה.

**מונחים (מהסילבוס): חצוצרה (צינור הביציות), נרתיק, רחם, שחלה, תא ביצה (ביצית), תא רבייה (גמטה), הפריה, זיגוטה.**

### קישור לסימולציה: מערכת הרבייה של האישה

### המחזור החודשי והוויסות ההורמונלי של תהליכי הרבייה באישה

✓ עם תחילת ההתבגרות המינית, בעקבות הפרשת ההורמונים FSH ו-LH מההיפופיזה, מתחילים להבשיל זקיקים ובהם תאי ביצה לקראת הופעת מחזור הווסת. תהליכי מחזור הווסת יחזרו מעתה מדי חודש בחודשו בערך עד גיל 50, ומכאן הכינוי **המחזור החודשי**. אורכו של המחזור החודשי הוא כ-28 יום בממוצע.

✓ מחזור הווסת כולל שני תהליכים מרכזיים המתרחשים במקביל:

א. הבשלת אחת\* הביציות בשחלה, והביוץ – חריגת הביצית מן השחלה.

ב. הכנת הרחם לקליטת עובר.

\*בדרך כלל בכל מחזור מתחילים להתפתח כמה זקיקים, אך לרוב, מדי חודש בחודשו ביצית אחת מבשילה ומשתחררת מהשחלה. אם שתי ביציות מבשילות יש סיכוי להתפתחות תאומים (לא זהים).

✓ יש תיאום מלא בין הבשלת הביצית והביוץ לבין הכנת הרחם לקליטת העובר, והוא שמאפשר את קליטת הביצית המופרת ברחם ואת המשך ההיריון. התיאום נוצר בעקבות ויסות ופיקוח של הורמונים המופרשים בדרך מחזורית מההיפופיזה, מההיפופיזה ומהשחלות של האישה במהלך המחזור החודשי.

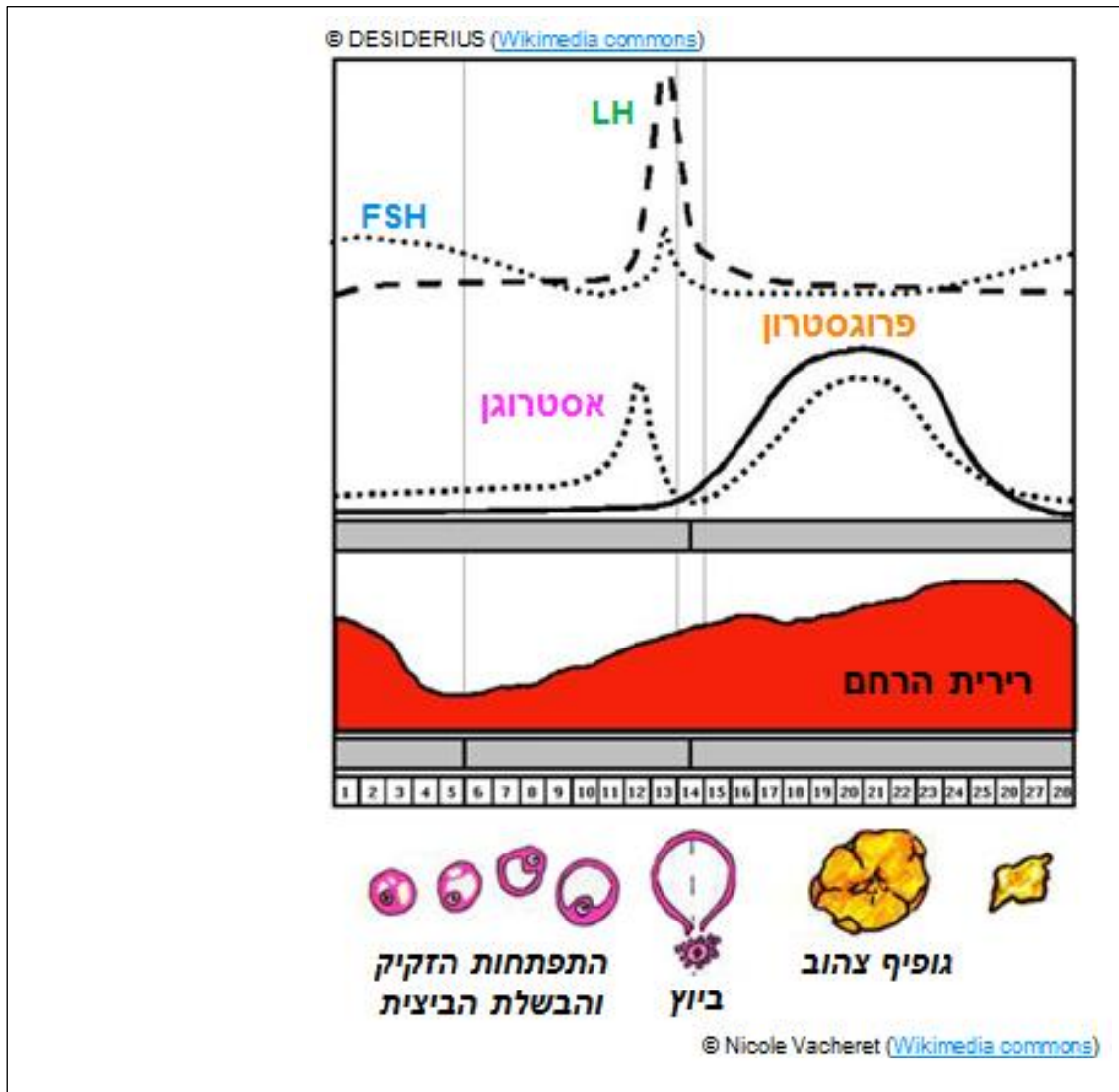
### המחזור החודשי – פירוט

✓ בתחילת המחזור חלה עלייה קלה בהפרשת הורמוני FSH ו-LH מבלוטת ההיפופיזה שבמוח. ההורמונים האלה גורמים לגדילת אחד הזקיקים בשחלה ולהבשלת הביצית שבתוכו.

✓ במקביל לכך רירית הרחם מתקלפת ונפלטת החוצה. זוהי הווסת.

✓ הזקיק שגדל מפריש אסטרוגן המעודד את הצמיחה של רירית הרחם, וכשרמת האסטרוגן מגיעה לשיא היא גורמת לביצית להשלים את ההבשלה. רמת האסטרוגן הגבוהה גורמת להפרשת כמויות גדולות של LH ו-FSH מבלוטת ההיפופיזה שבמוח, ובהשפעתם מתרחש הביוץ: הביצית יוצאת מהזקיק ונכנסת אל החצוצרה.

- ✓ הזקיק שהתרוקן מתמלא בחומר שמנוני צהוב הנקרא גופיף צהוב, ומפריש הורמוני פרוגסטרון ואסטרוגן.
- ✓ הביצית נמצאת בחצוצרה ימים אחדים אחרי הביוץ. אם במשך יום-יומיים לאחר הביוץ יגיע אל הביצית תא זרע, עשויה להתרחש הפריה – הביצית המופרית תתחיל להתחלק, תגיע אל הרחם, תשתרש ברירת הרחם העבה ויתחיל היריון.
- ✓ רירת הרחם נשארת עבה עד לסיום המחזור החודשי. אם לא מתרחשת הפריה – הביצית מתפרקת, הגופיף הצהוב מתנוון, רמות האסטרוגן והפרוגסטרון יורדות ומחזור חדש מתחיל.



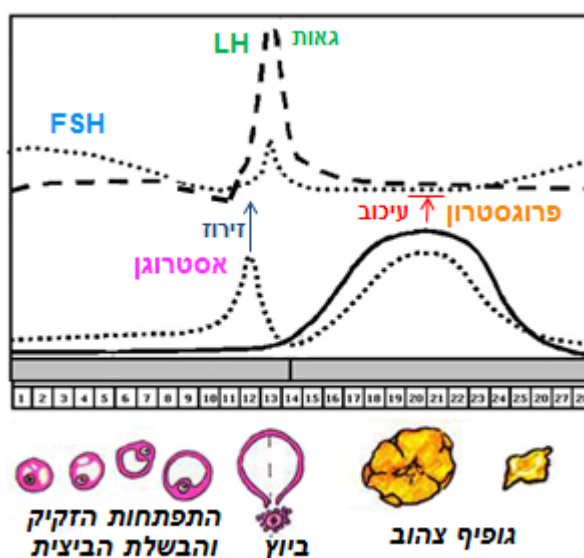
### מנגנוני משוב במערכת הרבייה של האישה

- ✓ הבקרה ההורמונלית על תהליכי הרבייה נעשית בעזרת מנגנוני משוב. מנגנון משוב הוא מנגנון שבו תוצאות התהליך מווסתות את שלבי התהליך עצמו.
- משוב חיובי:** תוצאה או תוצר של תהליך מגבירים את התהליך עצמו.
- משוב שלילי:** תוצאה או תוצר של תהליך מעכבים את התהליך עצמו.

### מנגנוני משוב במחזור החודשי של האישה:

✓ משוב חיובי – עלייה ברמת האסטרוגן מעוררת הפרשת LH ו-FSH בימים 12–14 למחזור, במחצית הראשונה של המחזור (עד הביוץ), בהשפעת הפרשת FSH ו-LH. אסטרוגן מופרש מן הזקיק בשחלה ורמתו מגיעה לשיא. רמת האסטרוגן הגבוהה מפעילה על ההיפופיזה משוב חיובי, הגורם לעלייה מהירה וחדה (המכונה "גאות") בהפרשת ההורמונים LH ו-FSH בימים 12–14 למחזור. העלייה ברמת LH גורמת לביוץ. משוב שלילי – עלייה ברמות האסטרוגן והפרוגסטרון מדכאת הפרשת LH ו-FSH ברוב ימי המחזור לאחר הביוץ. הפרוגסטרון והאסטרוגן המופרשים מהגופיף הצהוב מעכבים הפרשה של FSH ו-LH מההיפופיזה. עם התנוונות הגופיף הצהוב, רמות האסטרוגן והפרוגסטרון יורדות, ומוסר המשוב השלילי. עקב כך הפרשת FSH ו-LH מתחדשת, ובעקבות זאת מתחיל להתפתח בשחלה זקיק חדש לקראת מחזור חדש.

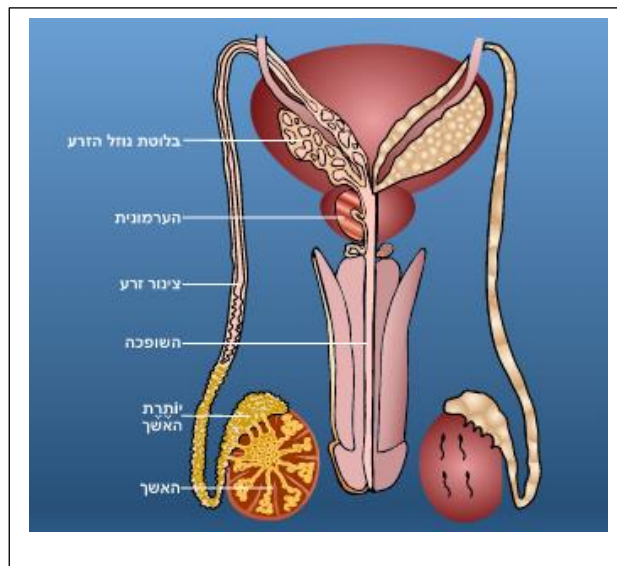
מונחים (מהסילבוס): אסטרוגן, פרוגסטרון, ביוץ, גופיף צהוב, וסת, זקיק, היפופיזה, משוב שלילי FSH, LH.



### קישור לסימולציה: המחזור החודשי

## **ב. מערכת הרבייה של הגבר**

- ✓ מערכת הרבייה של הגבר היא בחלקה פנימית ובחלקה חיצונית. המערכת כוללת: שני אשכים, שתי בלוטות יותרת האשך, שני צינורות זרע ופין, שנמצאים מחוץ לגוף, וכן ערמונית ובלוטת קאופר המפרישות את נוזל הזרע ונמצאות בחלל הבטן התחתונה באזור המוקף בעצמות האגן.
- ✓ בגיל ההתבגרות, בהשפעת הורמוני ההיפופיזה – LH ו-FSH – האשכים מתחילים להפריש את הורמון המין טסטוסטרון והורמונים דומים לו, ולייצר תאי זרע. האשכים נמצאים בשק האשכים, שבו שוררת טמפרטורה של כ-35 מעלות צלזיוס – הטמפרטורה המיטבית לייצור תאי זרע.

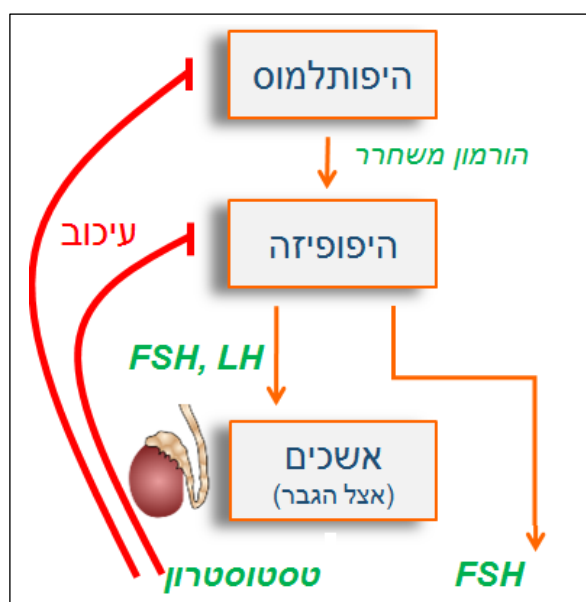
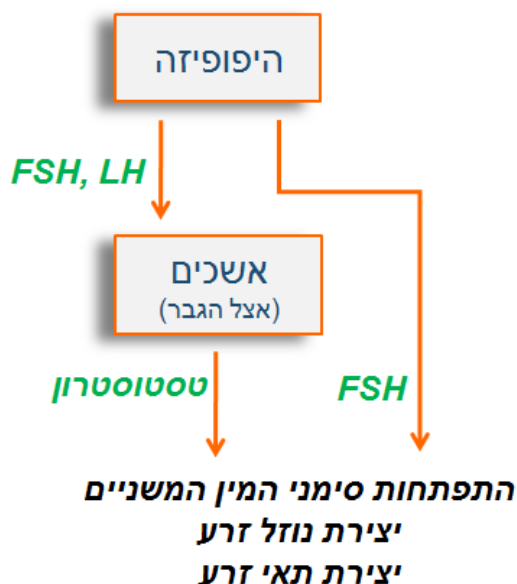


- ✓ כבר במהלך ההתפתחות של עובר בבטן אמו מתפתחת בגופו מערכת הרבייה. אך רק מגיל ההתבגרות, בגיל 12 בערך, מבשילה מערכת הרבייה של הנער, ורק אז היא יכולה למלא את תפקידה: לייצר את תאי הרבייה ואת הורמוני המין המעורבים בתפקוד המערכת. ייצור תאי זרע (עד כמה מאות מיליונים ביממה) מתחיל בגיל ההתבגרות ונמשך כל החיים.
- ✓ לתא הזרע צורת ראש ושוטון, ובקדמת הראש יש שלפוחית ובה אנזימים המאפשרים לתא הזרע לחדור אל הביצית. בבסיס השוטון יש מיטוכונדריה רבים הנחוצים לתנועתו ולהתקדמותו של תא הזרע.

[קישור לסימולציה: מערכת הרבייה של הגבר.](#)

## הוויסות ההורמונלית ומנגנוני משוב במערכת הרבייה של הגבר

- ✓ מתחילת ההתבגרות המינית של הנער מופרש מההיפופיזה ההורמון LH, הגורם לאשכים להפריש הורמוני זווּיג זכריים, שהמוכר ביותר ביניהם הוא טסטוסטרון.
- ✓ הטסטוסטרון (מהאשכים) בשילוב עם ה-FSH (שמופרש מההיפופיזה) גורמים ל: הופעת סימני המין המשניים אצל הנער, ייצור נוזל זרע וייצור תאי זרע.
- ✓ ביממה אחת נוצרים באשכים כמה מאות מיליונים של תאי זרע, ובכל פליטה יש כ-200 מיליון תאי זרע!



**הפרשת הטסטוסטרון מבוקרת במנגנון של משוב שלילי:** עלייה בריכוז ההורמון טסטוסטרון בדם, מעל סף מסוים, גורמת ל: עיצוב הפרשת ההורמונים FSH ו-LH מההיפופיזה ועקב כך, לעיצוב הפרשה נוספת של טסטוסטרון מהאשכים. כתוצאה מכך רמת הטסטוסטרון נשארת קבועה פחות או יותר ואין שינויים מחזוריים כפי שיש אצל האישה.

מונחים (מהסילבוס): אשך, ערמונית, פין, צינור מוביל הזרע, תא זרע, תא רבייה (גמטה) היפופיזה, FSH, LH, משוב שלילי.

## ג. השוואה בין מערכת הרבייה של האישה ושל הגבר

| אצל האישה                                        |                                                                               | אצל הגבר                                                                      |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| בלוטות המין                                      | שתי שחלות                                                                     | שני אשכים                                                                     |
| התפקיד של בלוטות המין                            | השחלות מייצרות תאי רבייה (ביציות) והורמוני מין (אסטרוגן ופרוגסטרון)           | האשכים מייצרים תאי רבייה (תאי זרע) והורמוני מין (טסטוסטרון והורמונים דומים)   |
| הדמיון                                           | צינורות המוליכים את תאי הרבייה                                                | זוג צינורות מוליכים את הביציות מהשחלות אל הרחם (חצוצרות)                      |
| צינורות המוליכים ממערכת הרבייה אל מחוץ לגוף      | צינור אחד מוליך מהרחם אל מחוץ לגוף (נרתיק)                                    | זוג צינורות מוליכים את תאי הזרע מהאשכים אל הפין (צינורות הזרע)                |
| הגורם המווסת את הפעילות של בלוטות המין           | הורמוני ההיפופיזה: LH ו-FSH                                                   | הורמוני ההיפופיזה: LH ו-FSH                                                   |
|                                                  |                                                                               |                                                                               |
| מיקום מערכת הרבייה                               | מערכת פנימית, בתוך הבטן התחתונה, במרכז אגן הירכיים                            | חלק פנימי, בבטן התחתונה במרכז אגן הירכיים וחלק חיצוני                         |
| מיקום להתפתחות העובר                             | יש: רחם                                                                       | אין                                                                           |
| תקופת ההיווצרות של תאי הרבייה                    | כבר בהיותה עובר בבטן אמה                                                      | מגיל הפוריות ועד סוף החיים                                                    |
| תקופת הפוריות (מועדי ההבשלה של תאי הרבייה)       | בערך מגיל 12 ועד גיל 50                                                       | בערך מגיל 12 ועד סוף החיים                                                    |
| המבנה של תאי הרבייה                              | הביצית גדולה, קוטרה כ-0.1 מ"מ, עטופה במעטפת, ניחת (חסר יכולת תנועה עצמית)     | לתא הזרע ראש ושוטון, בבסיס השוטון מיטוכונדריה רבים, מתקדם באמצעות תנועות הזנב |
| כמות תאי הרבייה הנוצרים בגוף                     | מוגבל, כמה מיליונים בהיותה עובר, כשני מיליון בלידתה וחצי מיליון בגיל ההתבגרות | מיליארדי מיליארדים                                                            |
| כמות תאי הרבייה המבשילים בגוף בכל פעם            | 1 בכל חודש                                                                    | כ-4 מיליון בכל פליטה                                                          |
| כמות תאי הרבייה המבשילים בגוף במשך תקופת הפוריות | כ-450                                                                         | מיליארדי מיליארדים                                                            |

## השוואה בין תאי הרבייה (הגמטות) של הגבר ושל האישה:

| קריטריונים                                 | תא זרע                                                                   | תא ביצית                                                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| מבנה וצורה                                 | ראש ושוטון, בבסיס השוטון מיטוכונדריה רבים, תנועת הזנב דוחפת את התא קדימה | תא מעוגל (תא הביצה), עטוף בתאים נוספים (ביצית), חסר יכולת תנועה עצמית |
| גודל                                       | קטן יחסית (גודלו הקטן מקל על תנועתו)                                     | גדול יחסית                                                            |
| תנועה                                      | נייד                                                                     | ניח                                                                   |
| מכיל                                       | מיטוכונדריה רבים בבסיס הזנב                                              | מאגר מזון (חומרי תשמורת)                                              |
| כמות התאים הנוצרת בגוף                     | גדולה יחסית                                                              | קטנה בהרבה מכמות תאי הזרע הנוצרים                                     |
| תקופת הפוריות (מועדי ההבשלה של תאי הרבייה) | בערך מגיל 12 ועד סוף החיים                                               | בערך מגיל 12 ועד גיל 50                                               |
| ההורמונים המשפיעים על הבשלת תאי הרבייה     |                                                                          |                                                                       |

## **ד. הפריה חוץ-גופית**

- ✓ הפריה חוץ-גופית היא שיטת טיפול שנועדה לסייע לבני זוג שמסיבות שונות מתקשים להביא ילד לעולם באופן טבעי.
- ✓ ההפריה החוץ-גופית מתרחשת מחוץ לגוף במבחנה או בצלחת פטרי בין ביציות שהוצאו משחלות האישה לבין תאי זרע שנלקחו מהגבר. הביציות המופרות (הזיגוטות) מתחלקות כמה חלוקות עוקבות וכאשר העובר מגיע לגודל של 16 או 32 תאים הוא מוחזר לרחם האישה או לרחם של אם פונדקאית.
- ✓ לפני שאיבת הביציות מהרחם האישה מקבלת טיפול הורמונלי שמעודד את התפתחות הזקיקים. כמו כן, לפני החזרת העובר לרחם, האישה מקבלת טיפול הורמונלי שמכין את הרחם לקליטת העובר (פרוגסטרון).
- ✓ לעיתים מוחזרים שני עוברים או יותר כדי להעלות את הסיכוי להיווצרות היריון מוצלח, ולכן ייתכנו הריונות של תאומים או של מספר עוברים גדול יותר.
- ✓ עודפי הביציות המופרות של האישה מוקפאים ויכולים להיות מוחזרים לרחם בעתיד כאשר האישה תהיה מעוניינת בהיריון נוסף.

### ההפריה החוץ-גופית מסייעת במקרים האלה:

- ✓ כשיש בעיה כלשהי במערכת הרבייה של האישה, לדוגמה, חצוצרות סתומות שאינן מאפשרות את מעבר העובר לרחם, או במקרה של חוסר ייצור ביציות (במקרה זה יש להיעזר בתרומת ביצית מאישה אחרת).
- ✓ כשיש ייצור נמוך מדי של תאי זרע אצל הגבר, או שכושר התנועה של תאי הזרע נמוך.
- ✓ כשהגבר או האישה צריכים לעבור טיפול בהקרנות עקב תחלואה בסרטן. מכיוון שההקרנות עלולות ליצור מוטציות מסוכנות בתאי הרבייה, מוציאים אותם לפני ביצוע ההקרנות ושומרים אותם בהקפאה.
- ✓ במקרים נדירים שבהם יש חשש להעברת מחלה תורשתית מההורים לעובר. כדי למנוע הולדת ילד הלוקה במחלה, עורכים בדיקה גנטית של העוברים ומחזירים לרחם עובר בריא.

