

## מבוא לכימיה

### יטו-ד

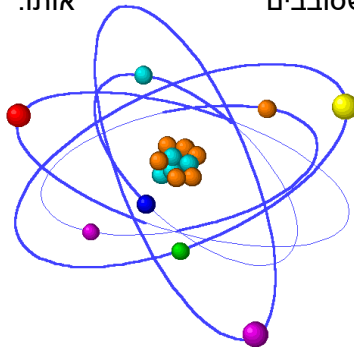
חומר המורכב מאטומים זהים. 99% מגופנו מורכב מ-4 יסודות: H, C, O, N. יסודות נוספים נמצאים בגופנו בכמות מזערית, אך יש להם חשיבות רבה.

### אטום-

היחידה הבסיסית של החומר, החלקיק הקטן ביותר שממנו מורכב חומר. האטומים בנויים את כל החומרים המוכרים לנו

### -מבנה האטום-

האטום מורכב מגרעין, וסביבו חלקיקים החגים במסלולים שונים. גרעין התא בנוי מפרוטונים ונויטרונים, החלקיקים החגים סביבו נקראים אלקטרונים. כל האטומים בנויים בצורה זהה, אך נבדלים זה מזה ע"י מס' הפרוטונים והנויטרונים בגרעין וע"י מס' האלקטרונים המקיפים אותו. לרוב, מס' הפרוטונים שבתוך גרעין התא, יהיה שווה למס' האלקטרונים שסובבים אותו.



לחלקיקים המרכיבים את התא מטען חשמלי:

- ✓ פרוטון- בעל מטען חיובי
- ✓ אלקטרון- בעל מטען שלילי
- ✓ נויטרון- ללא מטען חשמלי

במצב הטבעי מס' האלקטרונים יהיה שווה למס' הפרוטונים והאטום יהיה מאוזן מבחינה חשמלית. אטום טעון חשמלית יקרא יון.

יון- אטום בעל מטען חשמלי.

✓ אניון- יון בעל מטען שלילי. כמות האלקטרונים גדולה מכמות הפרוטונים.

✓ קטיון- יון בעל מטען חיובי. כמות הפרוטונים גדולה מכמות האלקטרונים.

משיכה חשמלית חזקה בין יונים חיוביים ליון שליליים היא שגורמת ליצירת חומרים ושפעול תהליכים.

### יונים עיקריים בגוף-

### CATIONS- בעלי מטען חיובי:

■ נתן  $\text{Na}^+$ : המרכיב העיקרי בלחץ האוסמוטי החוץ תאי. הנתרן מושך אליו מים.

■ אשלגן  $\text{K}^+$ : הכרחי בכמות נכונה לפעילותם של השרירים, לרבות שריר הלב. בלי אשלגן, פעילות השרירים נפגעת, במיוחד רגיש שריר הלב למחסור באשלגן.

■ סידן  $\text{Ca}^{2+}$ : דרוש לבניין העצמות, רמתו בפלזמה משפיעה על סף הגירוי של העצבים והשרירים לרבות שריר הלב, ובמיוחד קשור לכוח ההתכווצות של השריר (טונוס).

■ מגנזיום  $\text{Mg}^{2+}$ : מהווה חלק חיוני של מספר אנזימים. גם הוא משפיע על פעילות הלב.

### ANIONS- בעלי מטען שלילי:

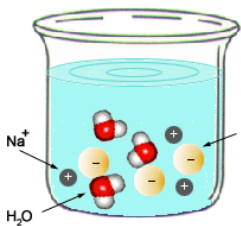
■ ביקרבונט  $\text{HCO}_3^-$ : תפקידו לנטר את מאזן החומצה- בסיס הקיים בגוף. משמש כבופר.

■ כלור  $\text{Cl}^-$ : נוטל באופן עקיף חלק בוויסות מאזן חומצה- בסיס עקב הנתרן שבו.

אלקטרוליט- יונים חופשיים בתמיסה המוליכים חשמל בהתמוססותם במים. אלקטרוליטים יוצרים תמיסה בעלת מוליכות חשמלית. דוגמא לאלקטרוליטים עיקריים בגוף: נתרן Na, אשלגן K, סידן Ca.

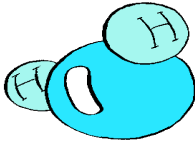
### -תרכובת-

תרכובת היא חומר הבנוי משני יסודות או יותר, הקשורים ביניהם בקשר כימי. לתרכובת הרכב קבוע ומוגדר. לתרכובת תכונות כימיות משל עצמה, השונות מתכונות מרכיביה. דוגמה: NaCl (מלח)



בישול) הוא תרכובת של נתרן וכלור. יש להבדיל בין תרכובת לבין **תערובת**, שבה יש חומרים אחדים יחדיו, אך ללא קשר כימי ביניהם, כך שכל חומר שומר על תכונותיו הכימיות.

**מולקולה** (או פרודה): מספר אטומים המחוברים ביניהם בקשר כימי. המולקולה היא החלק הקטן ביותר של תרכובת כימית ששומר על תכונותיו. מולקולה עשויה להיות מורכבת מאטומים זהים כמו מולקולת חמצן,  $O_2$ , שמורכבת משני אטומי חמצן, או מאטומים שונים כמו מולקולת מים  $H_2O$ . היא יכולה להיות מורכבת משני אטומים כמו מולקולת החמצן, מעשרות אטומים כמו מולקולת סוכר, או ממיליוני אטומים כמו מולקולת DNA.

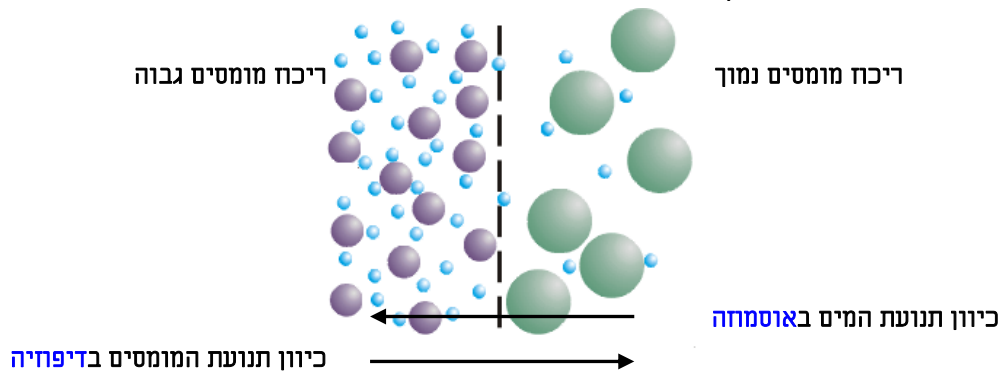


**תמיסה** - שני חומרים משולבים: חומר במצב צבירה מוצק, נוזל או גז, הקרוי מומס, אשר חלקיקיו מוקפים בנוזל, הקרוי ממס. מים הינם הממס הנפוץ בגופנו. על מנת שחומר יתמוסס במים עליו להימשך חשמלית למולקולות המים.

**ריכוז** - אחוז המומס בתוך התמיסה. ככל שבתמיסה יש יותר חלקיקים, התמיסה נחשבת למרוכזת יותר.

קיימת שאיפה מתמדת להשגת שוויון בין שתי תמיסות בעלות ריכוז מומסים שונה. שאיפה זו מושגת בעזרת שני תהליכים;

**דיפוזיה** - פעפוע, מעבר של חומר מריכוז גבוה לריכוז נמוך עד להשגת מצב של שוויון ריכוזים. **אוסמוזה** - מעבר של ממס דרך קרום, המאפשר מעבר לממס (לדוגמא; מים) אך לא למומסים, מתמיסה בה ריכוז המומסים נמוך יותר לתמיסה בה ריכוז המומסים גבוה יותר, עד ליצירת איזון בין ריכוזי המומסים משני צדי הקרום.



## התא

התא הוא יח' החיים הבסיסית שמרכיבה את גוף האדם. גודלו של תא נע בין 7.5 ל 300 מיקרון (1 מ"מ = 1000 מיקרון). לכל התאים מבנה בסיסי משותף והם מכילים מבנים בסיסיים זהים. יחד עם זאת, בכל תא שינויים מבניים מזעריים המתאימים לתפקידו הספציפי.

לכל תא היכולת לבצע פעולות מסוימות המאפיינות אותו כאורגניזם חי:

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| ✗ צריכת מזון וחמצן | ✗ כושר תנועה     |
| ✗ הפקת אנרגיה      | ✗ גדילה והתפתחות |
| ✗ תגובתיות לסביבה  | ✗ חלוקה והתרבות  |

### -מרכיבי התא-

**מים** - מהווים את הנפח העיקרי של מרבית סוגי התאים. כ 70-80% מנפח התא הם מים.

**חלבונים** - מהווים כ 10-20% מנפח התא. נחלקים ל-3 קבוצות עיקריות:

- חלבונים מבניים (Structural) - מהווים חלק ממבנה התא. מרכיבים פרטים מסוימים בממברנה.
- חלבונים חיצוניים (Peripheral) - חלבונים הקשורים לקצוות השומניים של הממברנה, ומסייעים בזיהוי התא ובקישורו לחומרים שונים.
- אנזימים (enzyme) - מולקולות חלבוניות שתפקידן לזרז תהליכים בתוך התא ומחוצה לו.

**שומנים** - מהווים כ 2% ממרכיבי התא. השומנים נחלקים ל- 3 סוגים:

Phospholipids

Cholesterol

Triglycerides

**אלקטרוליטים** - אחראים על הפעילות הכימית בתא, הפעילות החשמלית בגוף, הנעה וניווט של מולקולות בתוך ומחוץ לתא.

האלקטרוליטים הנפוצים בגוף הינם: אשלגן Potassium, נתרן Sodium, ביקרבונט Bicarbonate, זרחן Phosphate, מגנזיום Magnesium, סידן Calcium וכלור Chlorine.

**פחמימות** - לרוב לא קיימות בתוך התא, אלא מיוצרות ומנוצלות לצורך יצירת אנרגיה. רק בתאים מסוימים קיימת אגירה של פחמימות. במקרים כאלה הפחמימות מהוות 3-6% מנפח התא. לרוב נמצאות בצידו החיצוני של התא, ואחראיות על חיבור בין תאים וקליטה של הורמונים.

### -המבנים האנטומיים של התא-

- |   |   |                               |   |
|---|---|-------------------------------|---|
| ממברנה - קרום התא                       | ☞ | ריבוזומים - ייצור חלבונים     | ☞ |
| ציטופלזמה - נוזל התא                    | ☞ | גופי גולג'י - סילוק והפרשה    | ☞ |
| גרעין - מכיל את החומר הגנטי של התא      | ☞ | ליזוזומים - מע' העיכול של התא | ☞ |
| רשת אנדופלזמטית - ייצור חלבונים ושומנים | ☞ | מיטוכונדריה - ייצור אנרגיה    | ☞ |
|   |   | ציטוסקלטון - שלד התא          | ☞ |

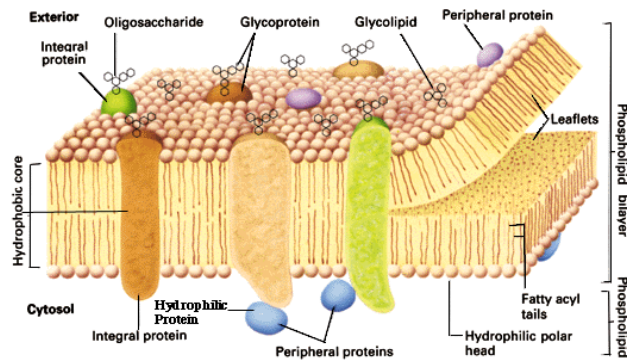
**קרום התא** או **ממברנת התא** (Cell membrane), הוא מעטפת העוטפת את התא ומורכבת משכבה

כפולה של **ליפידים**, וכן **חלבונים** שונים. קרום התא נועד בראש ובראשונה להפרדה בין

ה**ציטופלזמה**, לבין הסביבה שמחוץ לתא ובכך מאפשרת להגדיר את התא כיחידה עצמאית.

הממברנה הינה בעלת אופי נוזלי והיא לא תמיד **סימטרית**. הדבר חיוני לתפקודה. הממברנה נועדה

גם לסינון חומרים, והיא מאפשרת רק לחלק מהחומרים לחדור דרכה פנימה והחוצה.



הפוספוליפידים (phospholipids) הם המרכיבים העיקריים של הממברנה. פוספוליפידים הם למעשה ליפידים בעלי ראש הידרופילי - "אוהב מים", ושני זנבות של חומצות שומן הידרופוביות - "שונאות מים". הפוספוליפידים מסתדרים בשתי שכבות כאשר הראשים נמצאים כלפי חוץ, לכיוון הציטופלסמה והנוזל החוץ תאי; והזנבות ביניהם, כלפי פנים הממברנה. בזכות מבנה זה הממברנה מהווה חיץ הידרופובי בין שתי תמיסות מימיות, פנים התא והסביבה החיצונית, אשר מאפשר מעבר בררני של חומרים דרך הממברנה וכן שמירה על צורתה.

**ציטופלזמה (Cytoplasm)** - תמיסה מימית חצי קרושה (בדומה לג'לי) העשירה בחומרים רבים, תרכובות, מלחים, חלבונים, סוכר, שומן וויטמינים. לציטופלזמה לחץ אוסמוטי גבוה, ולכן שואפת לספוח נוזלים.

**גרעין התא (Nucleus)** - הוא האברון הגדול בתא. הגרעין מכיל את החומר התורשתי בתאים (46 כרומוזומים), ובכך הוא האחראי לכל תפקוד התא. הגרעין מוקף בממברנה שמכילה נקבים חלבוניים הנקראים נקבוביות ומאפשרים מעבר בררני ביותר של חומרים מהציטופלסמה לפלסמת הגרעין ולהפך. המולקולות החשובות ביותר שעוברות מהגרעין אל החוץ הן מולקולות ה-RNA, המועתקות מה-DNA שבגרעין ואז נודדות אל ציטופלזמת התא, אל הריבוזומים, בהם משמש המידע המקודד ב-RNA לייצור חלבונים.

**הרשת האנדופלזמטית (Endoplasmic reticulum, ER)** - מצויה בציטופלזמה, והיא בעצם מדור תאי (לא ניתן לקרוא לה אברון משום גודלה הרב) מסועף מאוד בעל פעילויות ייחודיות. הרשת האנדופלזמטית מצויה בכל התאים, ויש קשר בינה לבין הממברנה החיצונית של מעטפת הגרעין. הרשת האנדופלזמטית פועלת בשיתוף פעולה עם מערכת הגולג'י. ניתן להבחין בין שני אזורים של הרשת האנדופלזמטית:

האזור המחוספס (רשת אנדופלזמטית מגורגרת): האזור המחוספס נקרא כך משום הממברנה החיצונית שלו, שאליה נקשרים ריבוזומים רבים, ולפיכך נראית הממברנה החיצונית מחוספסת. האזור החלק (רשת אנדופלזמטית חלקה): האזור החלק הוא המשכו של האזור המחוספס והוא אינו נושא ריבוזומים. מדור זה עוסק בפעילות אנזימטית ספציפית לרקמה מסוימת. כך, למשל, בשחלות ובאשכים, מיוצרים באזור החלק של הרשתית התוך פלסמית הורמונים על בסיס כולסטרול.

תפקידי הרשת האנדופלזמטית:

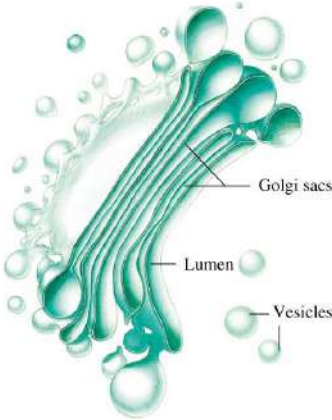
קפול ו"בקרת האיכות" הן על הסינתזה והן על הקיפול של חלבונים המופרשים אל מחוץ לתא או מעוגנים לקרום תא מצדו החיצוני. -הוספות של סוכרים שונים ועיבודם: חומצות אמינו מסוימות, נזקקות להוספת סוכרים בתוך הרשתית האנדופלזמטית החלקה. -הרשתית האנדופלזמטית פעילה בסינתזה של שומנים וגם בתהליכים נגד רעלים.

-הרשתית החלקה משתתפת בסינתזה של הורמונים מקבוצת הסטרואידים, כגון הורמוני מין, וניתן להביא כדוגמה את האשכים בהם יש הרבה רטיקולום חלק, שבממברנות שלו מצויים אנזימים המעורבים בסינתזת הורמונים.

הרשתית האנדופלזמטית מצויה בכל התאים, אך ישנם תאים עשירים יותר בה, כגון תאים בכבד, בלוטות בלב לב ובלוטות ארס בנחשים. התאים בהם נפח הרשתית גדול יותר הם בדרך כלל תאים הפעילים ביצירת חלבונים המיועדים להפרשה.

**ריבוזום (Ribosome)** - אברון בתא הבנוי מחלבון ורנ"א (rRNA), המשמש לסינתזת חלבון מחומצות אמינו לפי האינפורמציה המופיעה ברנ"א שהגיע מגרעין התא. הריבוזומים נמצאים בכל סוגי התאים ובכל ייצור חי. חלק מהריבוזומים צמודים לממברנת הרשת האנדופלזמטית וחלק מצויים במבנים שונים בתא. הריבוזומים החופשיים (Free Ribosomes) מצויים בציטופלזמה ובתוך אברוני המיטוכונדריה ומייצרים חלבונים שלרוב מיועדים להישאר בציטוזול או בתוך האברון המתאים. ריבוזומים אחוזי קרום (Membrane Bound Ribosomes) נמצאים לרוב על גבי קרום הרשת האנדופלזמטית.

**אברון גולג'י**, (*Golgi Apparatus*) - הגולג'י מורכב ממערכת חללים המתוחמים על ידי ממברנות, והוא מצוי לרוב ליד גרעין התא. הוא עשוי מקפלים קרומיים בעלי חלל פנימי, המונחות זה על גבי זה, והמזכירים את קרום התא. הגולג'י מהווה המשך ישיר של הרשת האנדופלזמטית, וקיימת החלפת חומרים רבה ביניהם, רובה מתרחשת בעזרת שלפוחיות. רמת החומציות בתוך הגולג'י שונה מזו של הרשתית התוך פלסמית ואף משתנה באופן קל והדרגתי בין הקפלים בגולג'י עצמו. עובדה זו חשובה בגלל שלתהליכים ולעיבודים שונים המתרחשים הגולג'י נדרשת רמת חומציות שונה.



- בין תפקידיו השונים של הגולג'י ניתן למנות:
- אריזת חלבוני הפרשה הנוצרים ברשתית התוך פלסמית.
- הכוונת תנועת המולקולות השונות למקומות שונים בתא.
- עיבוד חומרים שהתא מפריש אל מחוצה לו, כמו עיבוד סוכרים המוצמדים לחלבונים.
- עטיפת החומר המיועד להוצאה דרך השלפוחיות.

**ליזוזום (lysosome)** - (מיוונית: ליזיס-פירוק וסומא-גופיף) גופיף המכיל בתוכו **חומרים חומציים**. אברון זה הוא אברון **העיכול** התאי, ותפקידו העיקרי הוא פירוק ה**תרכובות** הנכנסות לתא וסילוקם של גופים זרים. האנזימים שבליזוזום פועלים רק בPH חומצי (5). הליזוזום מפרק בעזרת האנזימים חלבונים, מבנים תאיים עצמיים או זרים מזיקים, פגומים או לא תקינים. הליזוזום מעכל לעיתים את התא בו הוא מצוי כולו, כאשר **אנזימים** מפרקים את **ממברנת** הליזוזום וכך משתחררים האנזימים המעכלים שבו אל ה**ציטופלסמה** התאית. תהליך ההשמדה העצמית יכול להיגרם בשל מחסור בחמצן, על ידי **מחלות** שונות או כאשר מסיבה כלשהי נוצרת תקלה באנזימי הפירוק הנמצאים בליזוזום.

**מיטוכונדריון (Mitochondrion)**; ברבים: **מיטוכונדריה**)- בכל תא מס' רב של מיטוכונדריה. מספרם נע בין עשרות לאלפים בכל תא. למיטוכונדריה, המופרדות מהציטופלסמה על ידי ממברנה המזכירה את קרום התא, שני תפקידים:

- ✓ יצור אנרגיה: במיטוכונדריה, המכונות תחנות הכוח של התא, מתרחשים שני תהליכים ביוכימיים חשובים: מעגל קרבס וזרחון חמצוני. שני תהליכים אלו, יחד עם תהליך הגליקוליזה, מהווים את תהליך הנשימה התאית, באמצעותו מפיקים אנרגיה כל הייצורים האירוביים (אווירניים). האנרגיה המיוצרת אצורה בתוך מולקולת ATP, שמשמשת מקור לאנרגיה זמינה.
- ✓ חומר תורשתי: רובו ככולו של החומר התורשתי בתא, המורכב מחומצת הגרעין DNA, נמצא בכרומוזומים שבגרעין התא. מיעוט החומר התורשתי מצוי במיטוכונדריה.

**שלד התא (בלועזית: ציטוסקלטון, Cytoskeleton)**- הוא מערכת של סיבים חלבוניים החוצים את הציטופלסמה, מעניקים יציבות לתא ומשמשים במספר תפקידים.

- הענקת צורה לתא ושמירה עליה.
  - יצירת ארגון פנימי בין אברוני התא השונים.
  - הענקת יכולת תנועה לתא כולו ולאברונים בודדים.
- הציטוסקלטון מורכב משלושה מרכיבים מרכזיים: מיקרוטובולים, מיקרופילמנטים וקורי ביניים. בנוסף קיימים חלבוני עזר המסייעים למרכיבים אלה בתפקודם.

**המיקרוטובולים (Microtubules)** - גלילים חלבוניים הבנויים משני תתי יחידות של החלבון טובולין. המיקרוטובולים משמשים את התא לקביעת צורתו, לחלק מתנועות התא וכן לסידור הכרומוזומים משני עברי התא בעת חלוקתו על ידי יצירת כישור החלוקה (צנטריול).

**מיקרופילמנטים (Microfilaments)** - המרכיבים הדקים ביותר של הציטוסקלטון הם המיקרופילמנטים. אלה קורים חלבוניים המורכבים מתתי יחידות של החלבון אקטין. המיקרופילמנטים מתמחים בעיקר בתנועה התאית אך גם מסייעים בשמירת צורתו של התא, תפקידם של המיקרופילמנטים בתנועה תאית הוא משמעותי. חלבון מוטורי (תנועתי) בשם מיוזין ביוצרו קשר עם האקטין מאפשר תנועה תאית מסוגים שונים, בהתכווצות השריר. תנועות תאיות נוספות מאופשרות הודות לתגובה בין מיוזין לאקטין הן תנועת אברונים ובעיות ברחבי הציטופלסמה.

**קורי ביניים (Intermediate filaments)** - המרכיבים היציבים ביותר של השלד התוך תאי הם קורי הביניים. הם מתחלקים לשש קבוצות אשר כולן נועדות לשמירת החוזק המכאני של התא. לדוגמה

הקראתין תורם לחוזקם של תאי הציפורן והשיער. סיבי הביניים בגלל חוזקם אחראים בעיקר על מבנה התא ויציבותו המכאנית. מערכת סיבים זו מצויה או בציטופלסמה או בגרעין.

1. **Microtubules**



2. **Actin filaments**



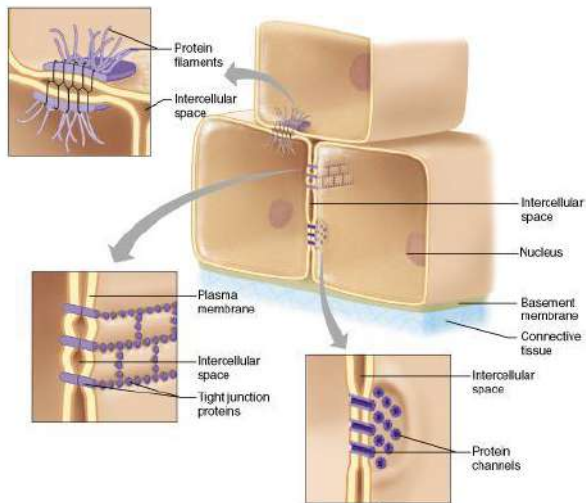
3. **Intermediate filaments**



בין תאים-

-סוגי חיבורים

**Desmosome** - חיבור בין שני תאים סמוכים וצורתו כשל דיסק מרחבי. חיבור זה מכיל סיבי חלבון משותפים ומונע תזוזה של הממברנות.



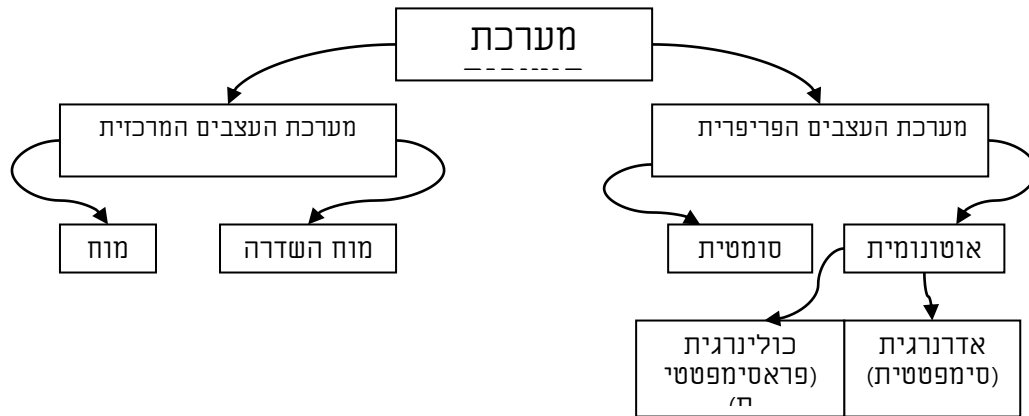
**Tight Junction** - חיבור בין שתי ממברנות של שני תאים סמוכים. חיבור זה אינו מאפשר העברת חומרים מלבד כמויות קטנות של מים. סוג חיבור זה נפוץ במערכת העיכול וברקמות חיבור.

**Gap Junction** - ציטופלזמה של שני תאים סמוכים המחוברת ע"י תעלות חלבוניות. התעלות החלבוניות מאפשרות מעבר של יונים ומולקולות קטנות בין התאים.

מערכת העצבים  
-אנטומיה ועקרונות פיזיולוגיים-

**מערכת העצבים (Nervous System)**, היא רשת תקשורת מפותחת המפקחת על תהליכי ההתנהגות המודעת והלא מודעת. באמצעות מערכת העצבים פועל האורגניזם כיחידה מבוקרת ומתואמת. מע' זו בנויה כרשת עצבים שמפקחת ומפעילה את כל התהליכים בגוף החי.

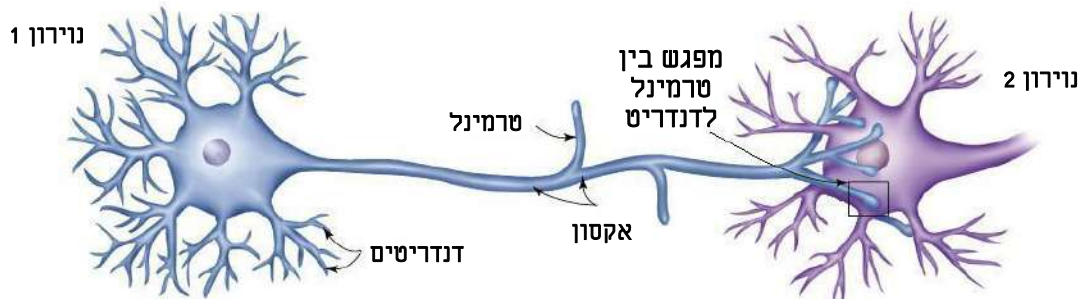
מבנה כללי של מע' העצבים:



- מערכת העצבים, ללא קשר לחלוקה שצוינה לעיל, בנויה משלושה מרכיבים עיקריים;
- נוירונים- או תאי העצב, הם תאים המתמחים בהעברת מידע.
  - סינפסות- אזור המפגש בין תא-עצב לבין התאים האחרים.
  - תאי גליה- תאי התחזוקה והתמיכה של מערכת העצבים.

הנוירון-

נוירון הינו שם כולל לתאים במערכת העצבים האחראים על העברה ועיבוד מידע. מעבר המידע בתוך הנוירון עצמו הינו חשמלי. לעומתו, מעבר המידע בין נוירון לנוירון הוא כימי ומתבצע באמצעות שחרור מולקולות של מוליך עצבי (נוירורנסמטור) לתוך המרווח שבין שני התאים המכונה סינפסה. בנוירון קיימים כל המאפיינים של תא רגיל, עם שינויים מסוימים המתאימים אותו לתפקידו. קיימים סוגים שונים של נוירונים, אך המבנה המוצג כאן הינו כללי ומתאים לכולם.



חלקי הנוירון-

**גוף הנוירון-** מכיל את הגרעין שבו המידע הגנטי של התא ואת מערכות התא שמאפשרות תפקוד תקין, כגון מערכות סנתוז חלבונים ומערכות יצירת אנרגיה. הוא קולט מידע חשמלי מהדנדריטים, ושולח פרץ של אות חשמלי לעבר האקסון של התא.

**דנדריט-** קולט את המידע שמגיע אל הנוירון. מס' הדנדריטים מגיע ל 400,000 בתא. הדנדריטים בנויים כשלוחות קצרות, באורך של הרבה פחות ממילימטר, הקולטות מידע כימי משלוחות היוצאות מאקסונים של תאי עצב אחרים, ממירות את המידע לאות חשמלי ומוליכות אותו לגוף התא. מקור



השם במילה היוונית dendros, שפירושה עץ, ואכן, השלוחות מתפצלות לעוד ועוד סעיפים וסעיפי משנה ונראות כעץ.

**אקסון** - סיב עצב ארוך המגיע אל איבר מטרה, תא מטרה או דנדריט אחר. מלבד דחף חשמלי, האקסון מעביר חומרי מזון, חלבונים ואנרגיה מגוף התא אל הטרמינלים, ולהיפך, דרך תעלות ייעודיות בגוף האקסון. באותן תעלות עלול האקסון להעביר וירוסים ורעלנים. ארך האקסון נע בין מס' מילימטרים למטרים, כל אקסון שעוביו מעל 1 מיקרון יהיה עטוף ברקמה שומנית לבנה בשם "מיאלין".

תפקיד המיאלין לבדוד את האקסון, להגביר מהירות העברת הזרם, מניעת קצרים בין אקסונים שכנים ושיפור חילוף היונים בין האקסון לנוזל הבין תאי. חילוף היונים מתבצע ברווחים הנמצאים במיאלין ונקראים Nodes of Ranvier.

הדחף בתוך האקסון עצמו מועבר כאות חשמלי. (המקום באקסון בו מתפתח הדחף החשמלי נקרא initial segment) בקצהו מתפצל האקסון לענפים רבים, הקרויים טרמינלים, כאשר בקצוות יש "כפתורי טרמינל", שהם נקודות החיבור לנוירונים אחרים. הדחף החשמלי גורם לו לשחרר בכפתורים שבקצה השלוחות, מולקולה של מוליך עצבי (נוירורנסמיטור) לסינפסה.

**טרמינלים** - חלק שטוח בצורת רגל בסוף האקסון שאחראי על העברת הדחף החשמלי בצורה כימית. הטרמינל מהווה מבנה עצמאי כמעט לחלוטין מלבד גרעין ומכיל מיטוכונדריה, רטיקולום ווסיקולות (וסיקולות - בועיות עם מולקולות של נוירורנסמיטור, חומר כימי שמעביר דחף חשמלי מנירון לנוירון או לתא מטרה). בנוסף, מיוצרים בטרמינל תאים מסוג גליה האחראים על התחזוקה השוטפת של המרווח הסינפטי ויצור נוירורנסמיטורים.

-סוגי נוירונים-

א. **אפרנטיים, Afferent** - נוירונים תחושתיים, סנסוריים, המגלים שינויים בסביבה החיצונית או הפנימית ומשגרים למערכת העצבים המרכזית מידע על שינויים אלו. כלומר, מעבירים מידע מההיקף אל מע' העצבים המרכזית. בשל תפקידם, הדנדריט או הרצפטורים שקולטים ישירות את המידע נמצאים בחלק החיצוני ומתחברים למע' העצבים המרכזית (חוט השדרה) ע"י אקסון ארוך. באופן יחסי קיימים מעט נוירונים מסוג זה.

ב. **אפרנטיים, Efferent** - נוירונים מוטוריים. מחברים בין המע"מ לפריפריה. מעבירים אינפורמציה ממערכת העצבים המרכזית לשרירים ולאיברים הפנימיים. מצויים במערכת העצבים המרכזית ואחראים על התכווצות של שריר או הפרשה מבלוטה. בשל תפקידם הם בנויים כך שגוף הנירון קרוב לדנדריט, ורק האקסון נמצא בקרבת איבר המטרה (שריר, בלוטה).

ג. **נירון מקשר, Interneuron**, מהווים את רוב הנוירונים, שייכים למערכת העצבים המרכזית ומצויים במוח. הם אלו המהווים את ה"מוח האפור" (צבעם אפור מפני שקוטרם קטן ואין להם מיאלין). כפי שנרמז משמם, הם מקשרים בין עצבים מוטוריים לסנסוריים ולקשת הרפלקס. הקשרים. מעגלים של אינטרנירונים במוח, אחראים על פעילויות כמו תפיסה, למידה, זכירה והתנהגויות מורכבות נוספות.

### סינפסה-

סינפסה, Synapse, היא אזור המפגש בין תא עצב ותא אחר. מקור המילה סינפסה ביוונית ופירושה "חיבור".

כפי שצוין, לא קיימת רציפות מבנית בין סיב העצב לסיב עצב שכן (כלומר הם לא נוגעים זה בזה). לפיכך, נוצר מצב בו הולכה חשמלית אינה אפשרית במרבית המקרים. במקומה קיימת העברה כימית של הגירוי מעצב לעצב. אזור המגע בין שני העצבים נקרא סינפסה.



-מבנה הסינפסה-

קרום התא הקדם-סינפטי (Presynaptic): מקבל את הזרם שהופק באקסון, ומעביר את פוטנציאל הפעולה עד לסינפסה.



מרווח סינפטי (Synaptic Cleft): המרווח הסינפטי גודלו 200-500 מיקרון, וממנו עוברים הניורטרנסמיטרים. במרווח הסינפטי מצויות מולקולות המכונות רצפטורים.

קרום התא הפוסט-סינפטי (Postsynaptic): בו נוצר פוטנציאל הפעולה מחדש ועובר מהסינפסה הלאה.

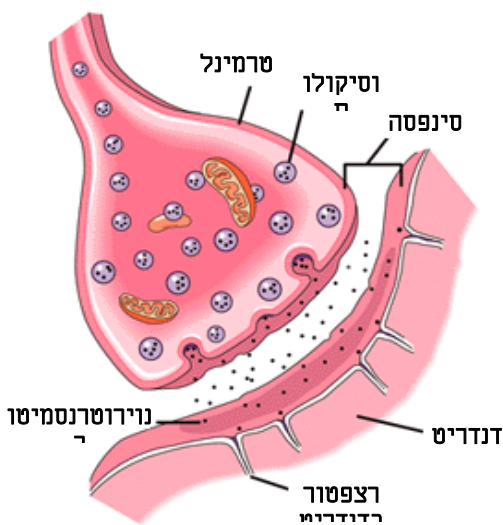
#### סוגי סינפסות-

- סינפסה אקסו-אקסונית: סינפסה בה אקסון יוצר סינפסה על אקסון אחר.
- סינפסה אקסו-סומטית: סינפסה בה אקסון יוצר סינפסה על גוף התא.
- סינפסה אקסו-דנדריטית: סינפסה בה אקסון יוצר סינפסה על דנדריט.

#### מעבר הדחף בסינפסה-

##### מהלך האירועים בסינפסה-

1. פוטנציאל חשמלי מגיע אל החלק הפרה-סינפטי. הגירוי ואנזימים בסינפסה גורמים לשחרור של ניורטרנסמיטורים ולעגינתם בתוך אתרים בקרום הטרמינל. הניורטרנסמיטורים נמצאים בתוך בועיות (וסיקולות).
2. הניורטרנסמיטור עובר לתא הבא ומתקבל ע"י הרצפטור, מה שגורם לאקטיבציה (שפעול) התא הבא. שם מופעלת שרשרת תגובות כימיות/חשמליות אשר מפעילות דחף באזור הפוסט-סינפטי.
3. אנזימים (אסטרזות), המשתחררים מקרום הדנדריט, מפרקים את הקשר בין הרצפטור לטרנסמיטור, ובכך נפסקת האקטיבציה של התא הבא, משום שבוטלה פעילותו של הניורטרנסמיטור.
4. שאריות ניורטרנסמיטורים ואסטרזות מפונים ע"י תאי גליה. זאת לשם ניקוי וייצוב המרווח הסינפטי לקראת מחזור פעולה חדש.



#### תאי גליה-

תאי גליה הינם תאי העזר העיקריים במערכת העצבים הם אינם מייצרים ולא מוליכים דחף עצבי. הם למעשה תאי התחזוקה והתמיכה של המערכת. לתאי הגליה יש תפקידים רבים, מהם בידוד, ניקיון, יסות כימי, תמיכה רפואית והתפתחות תקינה של מערכת העצבים.

#### סוגי תאים-

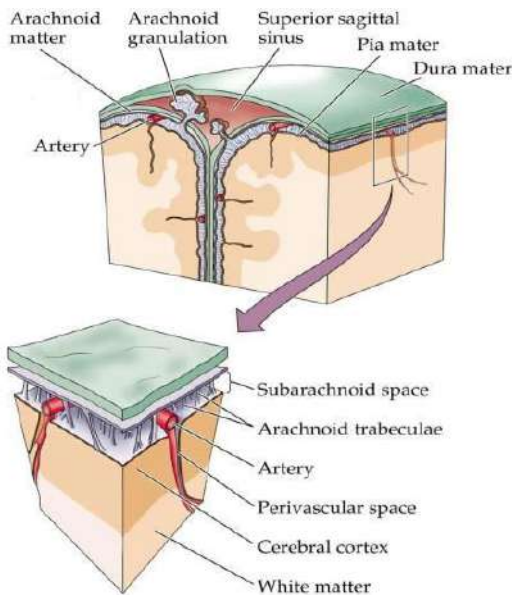
- א. אוליגודנדוציטים ותאי שוואן- יוצרים קטעי מיאלין באקסונים שונים.
- ב. אסטרוציטים- תאים בעלי שלוחות ארוכות, הממלאים תפקיד במעבר אלקטרוליטים וחומרי מזון מנימי הדם לניורונים, ויחד עם תאי האנדותרל של כלי הדם, הם ממלאים תפקיד במחסום דם מוח (הסבר נוסף על מחסום דם-מוח בהמשך)
- ג. מיקרוגליה- תאים קטנים המסועפים במקצת, היכולים לשמש כמקרופאגים (תאים בולעניים) באזורי רקמות פגומות, וזאת תודות לכושר תנועתם.

#### מערכת העצבים המרכזית-

מערכת העצבים המרכזית כוללת את המוח הגדול, המוח הקטן, המוח המוארך, מוח הביניים ומוח השדרה.

מע' זו אחראית על תפקודים עצביים גבוהים כגון תנועה, חשיבה והתנהגות. בשל חשיבותה הגבוהה, מע' העצבים המרכזית מוגנת ע"י מס' רב של מנגנוני הגנה;

1. **שיער**- בולם זעזועים ומגן תרמי.
2. **קרקפת**- רקמה הרכה מעל הגולגולת מורכבת מעור, שומן ושרירים. רקמה זו עשירה בכלי דם המשמשים (מלבד אספקת דם) לברקת טמפ' באזור המוח.



3. **גולגולת**- קופסה סגורה שתפקידה להגן על רקמת המוח. בגולגולת פתח אחד עיקרי- Forman Magnum ופתחים קטנים למעבר כלי דם.
4. **Dura Matter**- קרום קשה העשוי 2 שכבות. בין השכבות עוברים העורקים המזינים את רקמת המוח. הקרום מפריד בין 2 ההמיספרות של המוח הגדול והקטן, וגם ביניהם.
5. **Arachnoid Matter**- רקמה עשירה בנוירונים מסוג אסטרוציטים שיוצרים מבנה שלדי. מתחתיו נמצא "חלל הקורים, או ה Sub Arachnoid שמלא בנוזל שומני הנקרא CSF.
6. **Pia Matter**- קרום דק ביותר היוצר הפרדה הרמטית לחלוטין בין רקמת המוח לגולגולת.
7. **Cerebro Spinal Fluid-CSF** נוזל שדרה- מוח, בעיקרו מורכב מפלזמה. נמצא בנפח של 150 סמ"ק, ומקיף את המוח ואת חוט השדרה. הנוזל נמצא בחלל ה- SUB ARACHNOID, ומיוצר בחדרי המוח על ידי מערכת ה- CHOROID PLEXUS. הנוזל מוריד מהלחץ על המוח ומגן על המוח מפני זעזועים קלים.
8. **Blood Brain Barrier-BBB**, מחסום דם-מוח. תאי האנדותרל שמרכיבים את פנים כלי הדם במוח מחוברים בחיבור חזק במיוחד שנקרא Tight junction. חיבור זה לא מאפשר לפלזמת הדם לעבור במרווחים שבין התאים, אלא דרך ממברנת התא בלבד. מבנה זה מאפשר סינון של כל החומרים הנכנסים למוח.

-המוח הגדול Cerebrum-

**מבנה כללי:**

המוח הגדול מורכב משתי המיספרות; ימנית ושמאלית, אשר מקושרות ביניהן באמצעות ה- **Corpus callosum**. ההמיספרות סימטריות יחסית, עם חריץ עמוק ביניהן, אשר עובר מקדימה לאחור (וזו הסיבה שנהוג להתייחס לחלוקה לשתי המיספרות). כל המיספרה מורכבת מ- 4 אונות: **FRONTAL, TEMPORAL, PARIETAL OCCIPITAL**. הגולגולת מקבלת את שמות העצמות המרכיבות אותה לפי שמות האונות במוח. חלקו העליון של המוח נקרא קליפת המוח- **CORTEX**, או "חומר אפור". עומק הקורטקס הוא בין 3-5 מ"מ, הוא מקיף את האונות וחודר אל בין ההמיספרות. תפקידו לקבל את המידע מהפריפריה ולהעביר אותו הלאה אל תוך החלק הרלוונטי במוח. הקורטקס אינו שכבה חלקה, אלא בנוי במעין חריצים וגבעות על פני רקמת המוח. תפקיד הפיתולים (הנקראים סולקוסים וג'ירוסים) הוא הגדלת שטח הפנים של המוח. מתחת לקורטקס נמצאת ה- **MEDULLA**, "החומר הלבן".

**תפקידי המוח:**

- נהוג לחלק את קליפת המוח של כל המיספרה לאזורים תפקודיים בהתאם לסוג המידע המעובד באזור. לדוגמה האזורים התנועתיים, האזורים התחושתיים, וכו'.
- ע"מ לפשט את הדברים, נביא כאן מס' תפקודים כלליים הקיימים במוח;
1. עיבוד התפיסה החושית.
  2. האימפולסים האפרנטיים.
  3. פיתוח מיומנויות מוטוריות.
  4. למידה, חשיבה, הבנה, זיכרון ("תפקידים גבוהים").

-המוח הקטן, Cerebellum-

המוח הקטן, בדומה למוח הגדול, בנוי מקליפה, **Cortex**, מחלק פנימי, **Medulla** ומחולק לשתי המיספרות המחוברות בבסיסן. המוח הקטן מחובר ע"י נוירונים מקשרים ואקסונים למבנים אסטרטגים במוח הגדול ובגזע המוח.

המוח הקטן אחראי על למידת תנועות, עידון תנועות, קורדינאציה, יציבות ושיווי משקל (בשיתוף עם האוזן הפנימית). בנוסף עובד במנגנון משוב חוזר מול RAS (Reticular Activating System, מרכז שאחראי על רמת ההכרה).

#### -גזע המוח, BRAINSTEM-

גזע המוח מורכב משלושה חלקים האחראים לתפקודים פיזיולוגיים בסיסיים ומרכזיים של הגוף: המוח האמצעי (mid brain), הפונס שנקרא גם הגשרון או הגשר (pons) והמוח המוארך שנקרא גם המדולה או מדולה אובלונגטה (medulla oblongata).

גזע המוח (brain stem) נמצא בין חוט השדרה לבין המוח והוא שולט על תפקודים יסודיים כמו הנשימה וקצב הלב. נכון להיום הפסקה בלתי הפיכה של פעולות גזע המוח נחשבת תנאי הכרחי ומספיק לקביעת מוות מבחינה רפואית ומשפטית.

#### מוח הביניים - DIENCEPHALON:

מורכב מ: HYPOTHALAMUS, THALAMUS, EPITHALAMUS. שלוש יחידות הקשורות ביניהן ומקושרות עם המרכזים האסטרטגיים האחרים, אך מהווים יחידה אנטומית אחת.

THALAMUS - זהו גרעין שנמצא במרכז המוח, מעיין תחנת ממסר חושית. כל המידע התחושתית עובר דרכו לפני שמגיע לקליפת המוח (למעט המידע מחוש הריח). התלמוס מבצע עיבוד ראשוני ביותר למידע התחושתית וממייין אותו אל האונות השונות. בנוסף, משמש כמרכז שליטה על המוטוריקה (במקביל למוח הקטן), ומהווה מרכיב חיוני בקביעת רמת ההכרה

HYPOTHALAMUS - אזור זה נמצא מתחת לתלמוס ומכאן בא שמו. הוא אחראי על ההפעלה של המערכת האוטונומית (הסימפטטית והפרה-סימפטטית), וכן על בקרת ההורמונים בגוף. ההיפותלמוס שולט על ההורמונים בעזרת בלוטת ההיפופיזה שנמצאת תחתיו. להיפותלמוס אחריות ישירה על:

1. ויסות חום הגוף.
2. ויסות הצימאון.
3. ויסות הלחץ האוסמוטי.
4. ויסות רמות הגלוקוז בדם.
5. פיקוח עליון על בלוטות הפרשה פנימיות.

EPITHALAMUS - מפקח על המע' האקסטראפרימדלית (שליטה על דחפים מוטורים אפרנטיים) ומוטוריקה עדינה.

#### גשר - Pons:

אזור זה מקשר בין המוח האמצעי ובין האזורים המוטוריים השונים בקליפת המוח. כמו כן, הוא אחראי על שלבים מסוימים במחזור השינה והעירות ובעיקר על שינת REM (rapid eye movement), ומכיל בתוכו את מרכזי הנשימה.

## מוח מוארך:

נקרא גם המדולה או מדולה אובלונגטה (medulla oblongata) הוא החלק המחובר את גזע המוח לחוט השדרה. המדולה אחראית בעיקר על פעילות מערכת העצבים האוטונומית. חלק זה כולל את מרכזי הוויסות והבקרה של מחזור הדם ומערכת הנשימה, הוא מפקח על פעילותה הסדירה והתקינה של כל מערכת ושומר על קצב לב, נשימה ולחץ דם יציב. כמו כן, במדולה נעשית ההצלבה המוטורית-מידע מן ההמיספירה הימנית מגיע אל האזור השמאלי ואילו מידע מן ההמיספירה השמאלית מגיע אל האזור הימני בגוף.

### -העצבים הקרניאליים, Cranial Nerves-

12 זוגות העצבים הקרניאליים יוצאים מגזע המוח, ולכן שייכים למע"מ. גוף הנורון נמצא במע"מ, האקסון יוצא מהגולגולת ומגיע ישירות לאיבר המטרה, ללא נורון נוסף (מלבד עצב הראייה שאינו יוצא מגזע המוח אלא מהמוח הגדול). מהחשובים שבהם:

1. עצב הריח- מגיע ישירות לרצפטורים בחלל האף.
2. עצב הראייה- יוצא מהאונה האוקסיפיטלית במוח הגדול, ומגיע לחלק האחורי של העין, אזור חישת האור. בדרכם לעין האקסונים מצטלבים ע"מ לקבל תמונה תלת-מימדית.
3. עצב מניע העין- אחראי על תנועות של העין והאישון. מושפע מכמות האור הנקלטת.
7. עצב הפנים- אחראי על יכולות כגון עצימת עיניים וחיוך.
10. עצב הואגוס- הגדול והמשמעותי שבעצבים הקרניאליים. קשור בפעילות המע' הפראסימפטטית ואחראי על הזלת רוק, הקאה, פעילות מע' העיכול וכו'.

### -חוט השדרה-

חוט השדרה הוא המשכו של גזע המוח, והוא חלק ממערכת העצבים המרכזית. תפקידו הוא לקשר בין המוח לבין הגוף הפריפריאלי. הוא עושה זאת על ידי העברת מסרים סנסוריים מן הגוף אל המוח, וכן על ידי העברת מסרים מוטוריים מן המוח אל הגוף. חוט השדרה עטוף ב-30 חוליות עמוד השדרה, והנורונים שיוצאים ממנו עוברים בין החוליות ומגיעים לגוף. נורונים בעלי מסר מוטורי יוצאים מעמוד השדרה דרך החלק הוונטרלי (הבטני), ואילו נורונים בעלי מסר סנסורי נכנסים לעמוד השדרה דרך החלק הדורסלי (הגבי). ניתוקו של חוט השדרה יביא לשיתוק מוחלט מנקודת הניתוק ומטה.

### -מערכת העצבים ההיקפית-

מערכת העצבים ההיקפית מקשרת בין מערכת העצבים המרכזית לבין הגוף. היא כוללת את עצבי חוט השדרה, גנגליונים אוטונומיים ועוד. תפקידה לעצבב את כל חלקי הגוף ולקשר בין מערכת העצבים המרכזית לפרפריה. מורכבת מ 31 זוגות עצבים שדרתיים. העצבים נחלקים לתחשתיים ותנועתיים. מע' העצבים ההיקפית נחלקת לחטיבה סומאטית האחראית על פעולות רצוניות, ולחטיבה אוטונומית.

### -המערכת הסומאטית-

נקראת גם המערכת הרצונית. תפקידה לעצבב שרירי שלד ולשלוט בפעולות הרצוניות אותם מבצע הגוף.

### -המערכת האוטונומית-

מערכת העצבים האוטונומית היא המווסתת את הפעילות הגופנית שאינה נתונה לשליטת התודעה, כגון תהליך העיכול, הנשימה וכו'. היא מעצבת איברים פנימיים, בלוטות ושרירים חלקים (טחול, מעי, לבלב, כלי דם וכו'). במסלולים העצביים של המערכת האוטונומית קיים שלב ביניים הקרוי גנגליון אוטונומי. זהו צביר תאי עצב המשמש כתחנת ביניים בין האקסון של העצב המגיע מהמוח או עמוד השדרה ובין נורון נוסף שישלח אקסון לאיבר המטרה. מערכת העצבים האוטונומית נחלקת לשתי מערכות אשר פועלות במקביל ובו זמנית, כאשר האיזון בין פעילותיהן משתנה בהתאם למצב לגירויים חיצוניים (כגון גירויים המצביעים על סכנה קרבה) וגירויים פנימיים או פעילויות שגרתיות.

המערכת הסימפטטית: מערכת זו פעילה בעיקר בעיתות חירום, לחץ ואיום פתאומי. היא אחראית להפעלת תגובת הילחם-או-ברח, שמטרתן התמודדות עם מצב החירום. במצב כזה ישנו ניתוב של אנרגיה לשרירי השלד כדי שיהיה להם מספיק כוח להגיב בצורה פתאומית ומהירה. פעילויות עיכול מופסקות וכן פעילויות של עצירת שתן (שדורשות אנרגיה לצורך העכבה). בזמן פעילות המערכת

הסימפטטית ישנם שינויים בזרימת הדם, כיווץ של כלי דם בעור, הרפיה של שרירי הנשימה, הפרשת אדרנלין ועוד. למע' זו

קטאכולמינים- קבוצה של נורטרנסמיטורים והורמונים השייכים למערכת הסימפטטית, כגון: אדרנלין, דופמין ונוראדרנלין. נמצאים בסינפסות.

נורטרנסמיטורים במע' הסימפטטית מפורקים ע"י האנזימים MAO- מונו אמינו אסטרז, ו COMT

המערכת הפראסימפטטית: מערכת זו פעילה בעיקר במצב של מנוחה בגוף ואחראית על מצב של שגרה. היא מווסתת את הפעילויות הפיזיולוגיות הרצופות כגון נשימה ופעילות הלב. היא אחראית בעיקר על פעילות של שימור, עיכול, הפרשה, הגדלת מאגרי אנרגיה, התחדשות של תאים, הפרשת הורמונים של גדילה. העצבים הפארא-סימפטטים יוצאים בעיקר מאזור השלד המוארך, ומחלקו התחתון של חוט השדרה. המערכת מופעלת בעיקר על ידי רפלקסים בתגובה לגירויים פנימיים. בזמן פעילותה ישנה הפרשה של המוליך העצבי אצטילכולין. הנורטרנסמיטור אצטיל כולין מפורק ע"י האנזים אצטיל כולין אסטרז.

## מערכת הלב וכלי הדם

מערכת הלב וכלי הדם, הנקראת גם המערכת הקרדיווסקולארית, כוללת מס' מרכיבים:

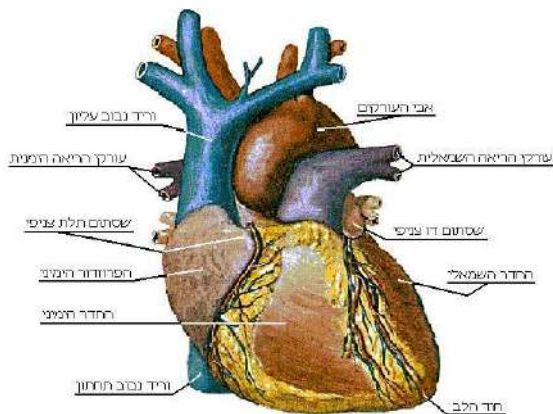
- לב- מתפקד כמדחסה
- כלי הדם- צנרת בה זורם הדם. הצנרת כוללת עורקים, ורידים ונימים
- נוזל הדם- משמש להובלת חומרים לכל התאים בגוף
- מערכת בקרה וויסות

תפקיד המערכת הקרדיווסקולארית לקבל את דם לא מחומצן מכלל הגוף, לשלוחו לריאות לחמצון ואת הדם המחומצן לשלוח מהריאות אל כל הגוף. המערכת אחראית לווסת את הלחצים והזרימה של הדם במערכות הגוף השונות בהתאם לדרישות הגוף המשתנות. המטרה העיקרית הינה לשמור על לחץ בו על תא בגוף יוכל לקבל חמצן וגלוקוז ולפנות פסולת ותוצרי לוואי. תנאי חשוב לקיום מטרה זו הוא היות המערכת סגורה.

### - הלב -

הלב הינו איבר שריר דמוי שק הנמצא במרכז הדיאסטיון (חלל בית החזה), מוגן ע"י עצם בית החזה, *Sternum*.

הלב מחולק לשניים ע"י מחיצה שרירית, *Septum*. חלוקה זו מבדילה בין צד שמאל לצד ימין של הלב. כל אחד מצדי הלב מחולקים אף הם לשניים ע"י מסתמים. חלוקה זו יוצרת 4 חללים:



עלייה ימין, *Right Atrium* מעל למסתם  
עלייה שמאל, *Left Atrium* מעל למסתם  
חדר ימין, *Right Ventricle* מתחת למסתם  
חדר שמאל, *Left Ventricle* מתחת למסתם

לב בריא פועם כ 3 מיליארד פעמים, ומזרים 200 מליון ליטר דם למערכות הגוף. לשריר הלב מבנה מיוחד המאפשר עבודה בעומס גבוה ללא הפסקות. מבנה הלב משלב תכונות של שריר משורטט המאפשר עבודה בעומס גבוה ותכונות של שריר חלק המאפשרות עבודה לאורך זמן ללא הפסקה.

### - אנטומיה של הלב -

#### שכבות הלב:

*Endocardium*- השכבה הפנימית ביותר. בנויה משכבה דקה של תאי אנדותל היוצרים דופן חלקה למדורי הלב.

*Myocardium*- שכבת השריר. העבה והמשמעותית מבין שכבות הלב. שכבת השריר בנויה מתאים המסודרים בצפיפות. בין התאים מצויים חיבורים מסוג *Gap junction* המאפשרים מעבר מועט של חומרים ומעבר של זרמים חשמליים בין תא לתא. תאי הלב מרובים במיטוכונדריה על מנת לאפשר את פעילות הלב האינטנסיבית. לתאי הלב תכונות המערבות מאפיינים של שרירי שלד (להם כוח רב אך שמן עבודתם קצר) ושריר חלק (שריר לא רצוני העובד לאורך זמן ובעוצמה נמוכה). אחוז אחד מתאי הלב מתמחה בעבודה מסוג שונה ומהווה את מערכת ההולכה החשמלית.

*Epicardium*- שכבה חיצונית העוטפת את השריר.

*Pericardium*- שכבה העוטפת את הלב, כמעין שק בתוכו הלב עובד. בין הפריקרד לאפיקרד נמצא נוזל סיכה שתפקידו למנוע שפשוף בין שתי השכבות.

#### מדורי הלב:

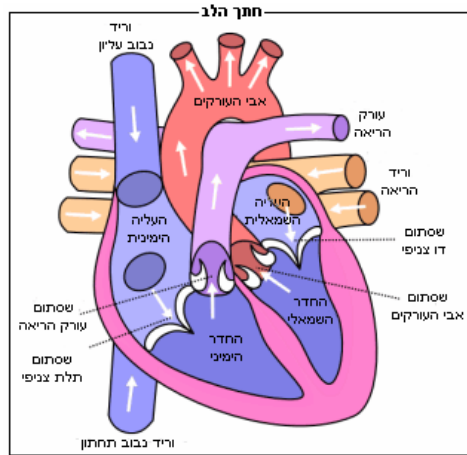
כפי שצוין, הלב מחולק ע"י מחיצה לשני צדדים המופרדים לחלוטין אחד מהשני. חלוקה נוספת נעשית ע"י מסתמי הלב היוצרים את ההפרדה בין העליות לחדרים.

העליות עשויות רקמת שריר עדינה ודקה יחסית, ואינן עומדות בעומס עבודה גבוה. העליות מקבלות דם מהוורידים שמנקזים את הדם מכל רקמות הגוף.

החדרים עשויים רקמת שריר עבה ומפותחת המשמשת לדחיסת דם דרך העורקים אל הגוף.

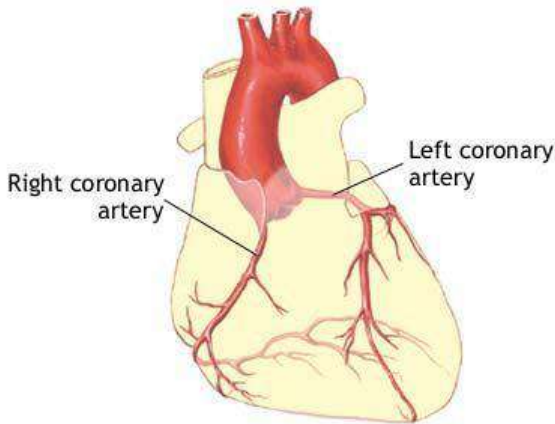
חדר שמאל מזרים דם מחומצן דרך אבי העורקים אל כל הגוף. בהגיעו לרקמות הדם משחרר חמצן וקולט את הפחמן הדו חמצני מהתאים וחוזר אל עליה ימין. (מסלול זה, מכונה מחזור הדם הגדול).

חדר ימין מזרים דם דרך עורק הריאה אל שתי הריאות, שם משתחרר מהדם פחמן דו חמצני. הדם קולט חמצן וחוזר אל עלייה שמאל (מסלול זה מכונה מחזור הדם הקטן). מכיוון שחדר ימין דוחס דם לריאות וחדר שמאל לכל חלקי הגוף, דופן חדר שמאל עבה פי 2-3 מדופן חדר ימין. הנפחים של שני צידי הלב שווים, אך הלחצים של לב ימין ולב שמאל שונים.



### מסתמי הלב:

בלב שני סוגי מסתמים. תפקיד המסתמים לאפשר זרימה חד כיוונית בלבד. חזרת דם בין החדרים לעלויות או בין כלי הדם אל חדרי הלב הינה פתולוגית. - סהרונים Semilunar - נמצאים בין החדרים לכלי הדם היוצאים מהם; Aortic Valve בחדר שמאל, Pulmonary Valve בחדר ימין. - צניפיים Cusp - מפרידים בין העלויות לחדרים; Tricuspid Valve בין עליה לחדר ימין, Mitral או Bicuspid Valve בין עליה לחדר שמאל. למסתמים הצניפיים שרירים האחראים לפתיחה ולסגירה של עלי המסתם. שרירים אלה, הנקראים שרירים פפילריים, מחוברים לדופן הלב הפנימית ע"י רקמת חיבור הנקראת Choroid Tendinea. כאשר השרירים הפפילריים נפגעים עלול להיווצר מצב בו בשעת כיווץ הלב עלי המסתם יפתחו, ודם יחזור מהחדרים לעלויות.



### המערכת הקורונרית:

המערכת הקורונרית הינה רשת של כלי דם המספקת דם ללב, ומפנה תוצרי לוואי ופסולת. מוצאה של המערכת הקורונרית בשני עורקים המתפצלים קרוב למוצא אבי העורקים בחדר שמאל. Right coronary artery, RCA - מספק דם לעלייה וחדר ימין, מערכת ההולכה החשמלית ולדופן התחתונה של חדר שמאל. ה RCA מתפצל לסעיפים הנקראים מרגיליים והם המזינים את קירות הלב השונים. Left main coronary artery - עורק זה מזין את המסה העיקרית של שריר הלב, ועל כן מתפצל לשני סעיפים סמוך למוצאו מאבי העורקים.

- א. Left anterior descending, LAD - מספק דם ל Septum, דופן קדמית ולעיתים דופן תחתונה של חדר שמאל. מתפצל לסעיפים הנקראים דיאגולנלים המגיעים אל קירות הלב ומזינים אותם.
- ב. Circumflex, Cx - מספק לחלקו האחורי והצידי של חדר שמאל.

העורקים הקורונריים מזינים את שריר לב, אך אינם מגיעים בצורה מושלמת לשכבת ה Endocard שניזונה ישירות מהדם הנמצא בחללי הלב. העורקים הקורונריים מחוברים זה לזה ע"י אנסטמוזות. ככל שיש יותר אנסטמוזות יש סיכוי רב יותר שבמקרה של חסימת כלי דם, רקמת הלב תמשיך לקבל אספקת דם דרך מעקף טבעי.

ניקוז הדם מרקמת שריר הלב נעשה ע"י מערכת הורידים הקורונרית. הורידים מתנקזים ל Coronary sinus, וריד גדול הנשפך לעליה ימין.

### מערכת ההולכה החשמלית:



מערכת ההולכה מאפשרת יצירת דחף חשמלי המתחיל בעליות ומתפשט לחדרים. הזרם מאפשר את ביצוע הפעולה המכאנית של שריר הלב- כיווץ. דחיסת הדם אל הגוף, מילוי מחדש וחוזר חלילה. המערכת מאפשרת שינויים בקצב הלב בהתאם לדרישות הגוף. הדחף החשמלי נוצר בקבוצת תאים הנמצאת בתקרת עלייה ימין. תאים אלה מהווים את קוצב הלה הראשי ומייצרים כ-60-100 פולסים חשמליים בדקה. קוצב הלב הראשי נקרא גם Sinus או Sino-atrial node. הזרם שמוצא ב Sinus זורם לכיוון רצפת העליות דרך סיבי הולכה הנקראים Intra-atrial pathway. יוצא מן הכלל הוא Bachman's fiber המתפצל משאר סיבי ההולכה אל העלייה השמאלית ומעביר אליה זרם. הזרם שמוצא ב Sinus עובר בעליות, גורם לכיווץ מכני, וממשיך לכיוון רצפת עלייה ימין אל קוצב הלב המשני; Atrio-Ventricular node או AV node. רצפת העליות אינה מעבירה זרם חשמלי ולכן כל הזרם מהעליות מתנקז אל ה AV node ולא עובר ישירות לחדרים. הזרם שמגיע ל AV מתעכב שם לשבריר שנייה וממשיך לכיוון החדרים. מה AV הזרם מתקדם לצרור ההולכה ב Septum הנקרא Hiss. סיב זה מתפצל בהמשך לשני סיבים המעבירים זרם לחדר ימין Right bundle branch, וחדר שמאל Left bundle branch. הצורות מתפצלים לסיבים קטנים ועדינים הפרוסים בכל המיוקארד ומגיעים כמעט לכל תא. סיבים אלה, הנקראים סיבי פורקיניה Purkinje fibers הם שגורמים לכיווץ של תאי שריר הלב. החלקים התחתונים של מע' ההולכה מסוגלים לגבות את החלקים העליונים במקרה של כשל. כך שאם ה Sinus אינו מסוגל לייצר זרם חשמלי ה AV node יתפוס את מקומו. אם ה AV אינו מסוגל לייצר זרם יתפוס את מקומו סיבי הולכה נמוכים יותר. ככל שהרקמה המספקת את הזרמים ממוקמת בחלק תחתון יותר, מס' הפולסים החשמליים בדקה יהיה נמוך יותר.

- פיזיולוגיה של הלב -

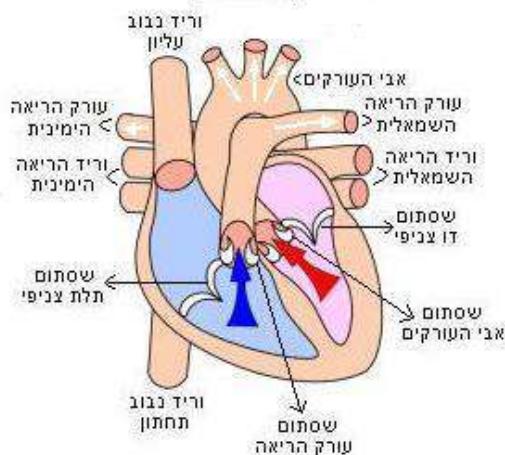
את פעילות הלב ניתן לחלק לשני שלבים עיקריים; כיווץ והרפיה. פעולות התכווצות הלב והרפייתו נקראות יחד פעימה. בכל פעימה מזרים הלב 60-100 סמ"ק דם, או 7000-9000 ליטר דם ביממה בזמן מנוחה. מטרת פעילותו היא לדחוף דם אל העורקים על מנת לספק חמצן לגוף ולשחרר את הגוף מפסולת כמו פחמן דו-חמצני. הלב אוסף דם עני בחמצן מכל הגוף ומזרים אותו לריאות, שם משתחרר פחמן דו-חמצני ונאגר חמצן. הלב קולט מהריאות את הדם המועשר בחמצן ומזרים אותו לכל רקמות הגוף.

**סיסטולה (Systole)** היא פעולת התכווצות הלב.

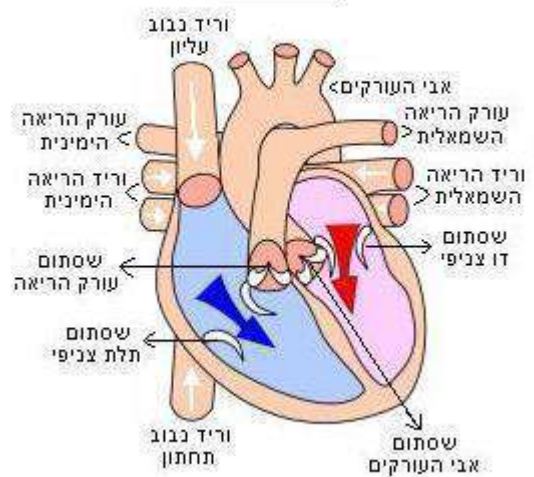
תהליך זה מתחיל כאשר הלב מלא בדם והמסתמים סגורים. החדרים מתכווצים והלחץ בחדרים עולה. כאשר הלחץ מגיע לשיאו נפתחים מסתמי הכיסים (שבין החדרים לכלי הדם) ודם מוזרם בחוזקה אל עורקי הריאה ואל אבי העורקים. פתיחת המסתמים המאוחרת נועדה לעלות את לחץ ההזרקה. משך הסיסטולה 0.28 שניות

**דיאסטולה (Diastole)**- הרפיית הלב. הדיאסטולה הינה פעולה פסיבית, בעלת חשיבות רבה לפעילות הלב. בזמן הדיאסטולה שריר הלב רפוי, המסתמים הצניפיים פתוחים, מסתמי הכיסים סגורים והלב מתמלא בדם. בסוף הדיאסטולה מתרחש כיווץ של העליות שמרוקנות את הדם שהצטבר בהן אל החדרים. הדם המגיע מהתכווצות העליות מהווה כ-15-20% מכמות הדם בחדרים. משך הדיאסטולה 0.52

התכווצות הלב - סיסטולה (systole)



הרפיית הלב - דיאסטולה (diastole)



### שלבי המילוי של הלב בדיאסטולה:

- א. הרפיית החדר, פתיחת מסתם מיטרלי וטריקוספידלי ומילוי מהיר של רוב נפח החדר.  
ב. המשך מילוי איטי יותר.  
ג. כיווץ קטן של העלייה שדוחס עוד כ- 15-20% מנפח המילוי הכללי (בשל היות הכיווץ כה קטן קיבל את שמו- **ATRIAL KICK**) יש לזכור כי עיקר נפח המילוי נובע מעוצמת ההרפיה ולא מכיווץ העלייה.

בכל פעימה 70 סמ"ק של דם יוצאים מהלב אל העורקים. נפח זה משתנה מאדם לאדם וממנוחה למאמץ. נפח זה נקרא *Stroke Volume*.  
נפח חדר מלא הוא כ 130 סמ"ק. מכאן, ש 60 סמ"ק דם נשארים בלב לאחר כל פעימה. הנפח הנשאר בחדר נקרא *End systolic volume*. היחס של נפח הפעימה מתוך הנפח הסוף דיאסטולי נמדד באחוזים. יחס זה נקרא *Ejection Fraction* והוא נע בממוצע בין 50-70%. ערך זה מהווה מדד לתפקודו של שריר הלב. כאשר שריר הלב פגוע נפח הפעימה יהיה קטן יותר וערך ה EF יהיה נמוך יותר אף הוא.

ערך נוסף שמהווה מדד לתפקודו של שריר הלב הוא תפוקת הלב- *Cardiac output*.  
תפוקת לב, נמדדת בסמ"ק או ליטר בדקה. מחושבת על פי: **Stroke volume X heart rate**.  
בזמן מאמץ ניתן להגדיל את תפוקת הלב ע"י הגדלת מספר הפעימות בדקה וקיצור זמן הדיאסטולה.

### - עצבוב ופיקוח על פעילות הלב -

כזכור, תפוקת הלב תלויה בקצב הלב ובנפח הפעימה. שני הפרמטרים נתונים לשינוי ע"פ דרישת הגוף ובהתאם לשינויים בסביבה.  
לקצב הלב באדם בריא טווח רחב, היכול להכפיל עצמו פי 3 מקצב הלב בזמן מנוחה.  
נפח הפעימה נתון לשינוי אף הוא, אך טווח השינוי קטן הרבה יותר, ואינו מהווה פרמטר מכריע בהגדלת תפוקת הלב.

הכרונוטרופיות, קצב הלב, נקבעת ע"י מערכת ההולכה של הלב, באינטראקציה עם המערכת הסימפטטית והפראסימפטטית.

- העצבוב הפראסימפטטי נעשה ע"י עצב הוואגוס. עצב קרניאלי שסעיפיו מעצבים את ה Sinus וה- AV node. כאשר העצב הפראסימפטטי מגרה את קצב הלב, הכרונוטרופיות יורדת.
- העצבוב הסימפטטי של קצב האותות החשמליים נקבע על ידי הורמונים שאותם משחרר הגוף אל זרם הדם. הורמונים סימפטומימטיים כגון אדרנלין גורמים להגברת קצב הלב. בזמן פעילות גופנית למשל משחרר הלב הורמונים הגורמים לו להתכווץ מספר פעמים רב יותר, זאת כדי לספק לשרירים את החמצן לו הם זקוקים בזמן מאמץ. לעיתים הלב פועם בעוצמה גם כאשר אנו מתרגשים או מפחדים תופעה זו נגרמת בשל שחרור של ההורמון אדרנלין שחלק מהשפעותיו הם הגברת קצב פעימות הלב.

האינוטרופיות, כוח ההתכווצות של הלב נקבעת ע"י מערכת ההולכה של הלב, ועצבוב של המערכת הסימפטטית. הרצפטור  $\beta_1$  הנמצא בשריר הלב ובמערכת ההולכה מופעל ע"י שליחים סימפטומימטיים.

### - כלי הדם -

כלי הדם מהווים מערכת שתפקידה להעביר לתאים באמצעות הדם את כל צרכי הקיום שלהם, משמשת כמערכת של "ייבוא ו"ייצוא" לתאים ומתווכת בין מערכות הגוף השונות. תנאי הכרחי לפעילות תקינה של המערכת הוא היותה מערכת סגורה.  
כלי הדם נחלקים ל- 3 סוגי צינורות:



- עורקים, Artery
- ורידים, Vein
- נימים, Capillary

-אנטומיה-

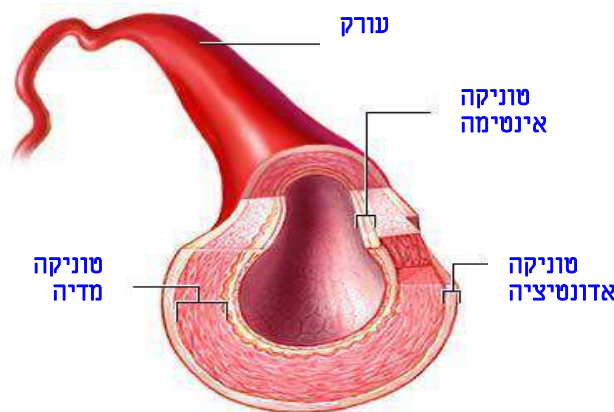
**עורקים:**

עורק הוא כלי דם שיוצא מן הלב אל שאר איברי הגוף. מווסת את הזרימה והופך זרימה מקוטעת (כמו זו שיוצר הלב בכל פעימה) לזרימה רציפה. העורק אוגר חלק מהדם המוזרם בכל סיסטולה ע"י שינוי הקוטר שלו. כאשר אין היענות עורקית או שקיימת היענות עורקית פחותה, הלב נאלץ לעבוד קשה יותר.

העורק בנוי מ-3 שכבות עיקריות:

- א. **טוניקה אדונטיציה**, (*Tunica adventitia*) - השכבה החיצונית. מקנה חוזק וצורה לכלי הדם.
- ב. **טוניקה מדיה**, (*Tunica media*) - השכבה האמצעית. עשויה שריר בעל יכולת אלסטית ואפשרות לשינוי קוטר כלי הדם.
- ג. **טוניקה אינטימה** (*Tunica intima*) - השכבה הפנימית ביותר. עשויה שכבת ציפוי חד-תאית צפופה של תאי אנדותל. הדופן הפנימית של האינטימה חלקה מאוד. לתכונה זו חשיבות רבה לתקינות כלי הדם.

העורק הגדול ביותר הינו אבי העורקים, Aorta. מוצאו מחדר שמאל והוא מספק דם לכל הגוף, בעזרת כלי דם קטנים יותר המתפצלים ממנו. כלי דם קטנים המתפצלים מעורקים נקראים עורקיקים.



**עורקיקים:**

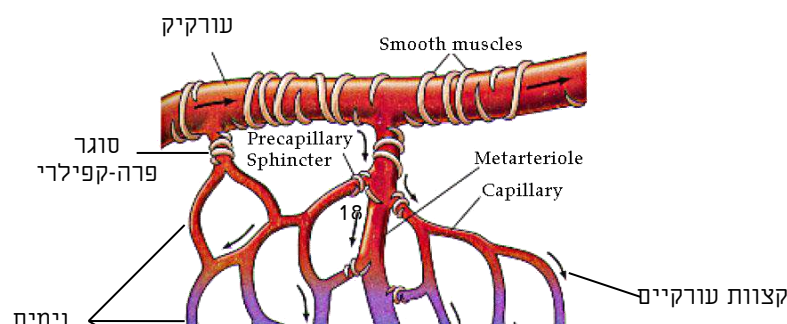
כלי דם המתפצל מעורק ודומה לו במבנהו ובתכונותיו. העורקיק נבדל מהעורק בגודלו וביכולת שלו לשנות את קוטרו בהתאם לדרישות הגוף.

בעורקיק קיימים שסתומים המתפקדים כווסתים הידראוליים. הווסתים מסוגלים לווסת את זרם הדם המגיע לנימים ע"י הרחבה והיצרות של קוטר העורקיק, ואפילו לחסום אותו לגמרי. השינויים בקוטר העורקיק מאפשרים קיום סביבה מתאימה לחילוף חומרים בנימים, ומווסתים את לחץ הדם בגוף.

**נימים:**

כלי דם קטן הבנוי משכבת תאי אפיתל אחת (שכבת האינטימה בלבד). תפקידו לבצע שיחלוף בין זרם הדם לבין התאים שבסביבתו. מידת חדירות הנימים אינה אחידה באזורים שונים בגוף (לדוגמה; בשרירים חדירות הנימים נמוכה, ובכבד- גבוהה), יחד עם זאת, ידוע כי מידת חדירותם עולה בקצוות הוורידיים של הנימים (אותן קצוות הסמוכים למקום השתלבותו של הנים לווריד). מידת חדירות הנים מושפעת מלחץ זרימת הדם, כמות המומסים וגורמים שונים כגון מחוללי מחלות.

קוטרם של הנימים אינו אחיד ופיזורם משתנה מרקמה לרקמה. מהירות זרימת הדם עומדת על 1 מ"מ בשנייה ואינה ניתנת לשליטה ישירה של הנימים (אינם יכולים לשנות את קוטרם), אולם, יש באפשרותם לשחרר הורמונים שונים שישנו את קוטר העורקיק שמזין אותם, וע"י כך לשנות את כמות הדם המגיעה אליהם.



## **ורידים:**

כלי דם שמנקזים דם מרקמות הגוף ומחזירים אל הלב. בכל רגע נתון 70% מנפח הדם נמצא במערכת הורידית, ולפיכך משמשים הורידים כמאגר של נפח דם. שני ורידים חשובים המובילים דם ורידי אל הלב הם וריד נבוב עליון ותחתון (Superior/Inferior vena cava). בד"כ מובילים הורידים דם עני בחמצן ועשיר בפחמן דו חמצני שנאסף מרקמות הגוף במטרה להביאו אל הלב ומשם לריאות. יוצא מן הכלל הוא וריד הריאה שמוביל דם עשיר בחמצן אל עלייה שמאל. בדומה לעורק, גם ורידים בנויים מ-3 שכבות; Tunica intima, Tunica media, Tunica adventitia, אולם בווריד שכבת השריר קטנה בצורה משמעותית מזו של העורק, ולכן יכולתם להתכווץ ולהתרפות מוגבלת יותר. בורידים קיימים מסתמים המסייעים לווסת את זרימת הדם בוורידים לכיוון אחד- אל הלב, (ולעיתים נגד כוח המשיכה). מלבד המסתמים, מושפעת החזרה הורידית מנפח הדם, לחץ הזרימה, פעילות שרירי השלד והנשימה (פעילותם מסייעת בהזרמת הדם לכיוון הלב) ופעילות השרירים החלקיים המקיפים את הוריד.

## **עצבוב ופיקוח**

כלי הדם מעוצבים ע"י מערכת העצבים האוטונומית ובראשם עצב הוואגוס, ועמוסים ברצפטורים המגורים ע"י הורמונים שונים. עצבוב תקין מאפשר את ויסות לחץ הדם והתאמתו לסביבה הפנימית והחיצונית של הגוף. מרכז השליטה על כלי הדם נמצא בגזע המול ומווסת את הלחץ במערכת. מרכז שליטה משני נמצא במוח השדרה.

## **- נוזל הדם -**

דם הוא נוזל הזורם בכלי דם. זרימתו נקראת מחזור הדם ומווסתת על ידי הלב. חלק ניכר מצרכי הגוף מתקבל באמצעות הדם אשר מספק לתאי הגוף חמצן וחומרי מזון ומסלק מהם פחמן דו-חמצני וחומרי פסולת נוספים לכיוון הריאות, הכליות ועוד, אשר מפרישים אותם אל מחוץ לגוף. הדם מהווה כ- 1/13 ממשקל הגוף במבוגר.

הדם מורכב מ-55% פלסמה (החלק הנוזלי). 45% החלק התאי (גופיפים שונים, כדוריות דם, הורמונים ועוד).

☞ פלסמה: מהווה את החלק הנוזלי במערכת ומאפשרת את תנועת התאים לכל מקום. יחסה מכלל נפח הדם הינו כ- 55%.

☞ תאי הדם: כדוריות אדומות, כדוריות לבנות, טסיות דם. יחס החלקיקים מנפח הדם הינו כ- 45%.

המטוקריט (*Hematocrit*) מהווה את היחס החלקי של הכדוריות מכלל נפח הדם. המטוקריט ממוצע בגבר הינו כ- 45% ובאשה כ- 42%.

## **פלסמה הינה נוזל**

## **פלסמה:**

שקוף בגוון צהבהב הזורם בכלי הדם. הפלסמה עשויה בעיקר מים פיזיולוגיים המהווים כתשעים אחוז מהרכבה, וכן חלבונים שונים כגון: גלובולין, אלבומין ופיברינוגן, מלחים כגון: סידן, זרחן, נתרן, אשלגן ועוד. בפלסמה אין תאי דם. הסרום (serum) הוא הפלסמה של הדם ללא גורמי הקרישה (כגון פיברין).

### מרכיבי הפלסמה:

- **מים** - מהווים 90-93% מנפח הפלסמה, ומשמשים כממסים לחלק ממרכיבי הפלסמה הנוספים.
- **אלקטרוליטים** - חלקיקים טעונים חשמלית כמו אשלגן K, נתרן Na, כלור Cl.
- **חלבונים** - לחלבוני הדם תפקיד חשוב בשמירה על נפח הדם בכלים ובתהליכי קרישה ופירוק. הפלסמה מכילה 3 סוגי חלבונים עיקריים:
  - אלבוּמין, (*Albumin*) - החלבון הנפוץ ביותר (4.2g/100cc), מהווה הנשא העיקרי של מומסים שונים בפלסמה כמו הורמונים, שומנים, אנזימים, ויטמינים ואף תרופות. מהווה חלק מכריע בשמירה על לחצים אוסמוטיים בכלי הדם.
  - גלובולין, (*Globulin*) - (2.8g/100cc) בונה חלק מפקטורי הקרישה, מהווה פרקורסור לאנזימים שונים (פרקורסור הינו שם כולל לחומר מוצא ממנו מיצר הגוף חומרים שונים). ממלאים תפקיד חשוב במערכת החיסונית של הגוף.
  - פיברינוגן, (*Fibrinogen*) - חלבון הנוצר בזמן תהליך קרישת הדם.
- **גזים** - חלק מהגזים המועברים בזרם הגם משתמשים בפלסמה כממס, רובם עוברים על גבי כדוריות דם אדומות. גזים לדוגמא; חמצן-O<sub>2</sub>, חנקן-N, פחמן דו חמצני-CO<sub>2</sub>.
- **גלוקוז** - חד סוכר המהווה חומר דלק נוח לשימוש (במזון הסוכרים הינם "רב סוכרים", מולקולה שלא נוחה לשימוש התאים כחומר דלק זמין, ולכן הגוף מפרק את הסוכר למולקולות הנוחות לו).
- **ויטמינים.**
- **כולסטרול.**
- **הורמונים.**
- **תוצרי פירוק** - אוריה (פירוק חלבונים), קראטינין (מפירוק קראטין), חומצה אורית (פירוק חומצות גרעין), בילירובין (תוצר פירוק של המוגלובין).



### תאי הדם

החלק התאי - ההמטוקריט - ריכוז כדוריות הדם 40%-45%. מקור כל גופיפי הדם הינו במח העצמות.

**99% תאי דם אדומים** - תאים אלו חסרים גרעין והם נושאים את המוגלובין של הדם שאחראי לקשירת החמצן בדם.  
**0.6-1% טסיות דם** - בעלות תפקיד בתהליך קרישת הדם.  
**0.2% תאי דם לבנים** - מהווים חלק מהמערכת החיסונית.

### אריטרוציטים, (*Erythrocyte*)

99% מכלל הכדוריות, כ- 6-8 מליון/ממ"ק, בעלת צורת דיסקוס, קוטרה כ- 7 מיקרון (מיקרון הינו אלפית המילימטר). לכדוריות הדם האדומות קרום גמיש מאוד בכדי לאפשר מעבר בנימים שהם כלי דם קטנים אף מכדוריות הדם האדומות. תפקידן העיקרי הוא נשיאת חמצן לרקמות הגוף ופינוי פחמן דו חמצני.

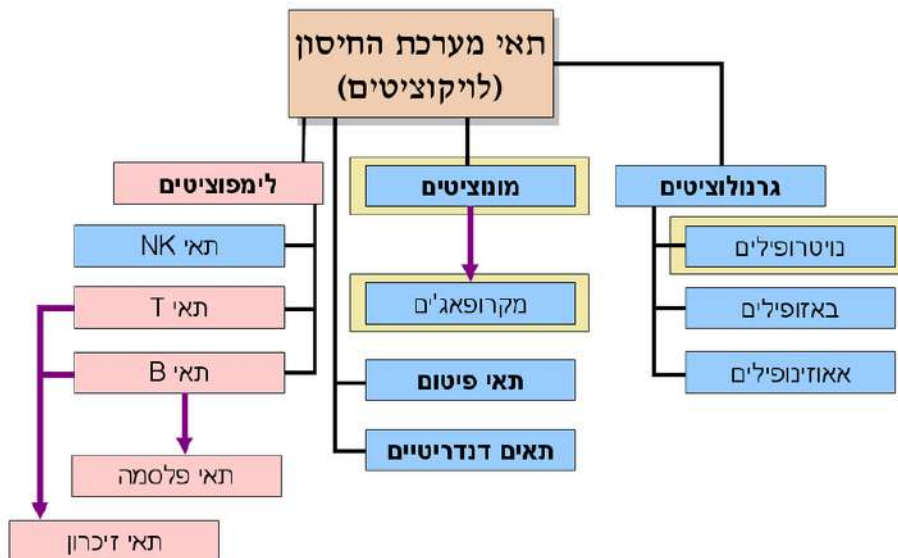
כדוריות הדם האדומות נוצרות במח העצם בתאי מוצא. ייצור אריטרוציטים מבוקר על ידי הכליות. הכליה רגישה לירידה באספקת החמצן הנישא על ידי האריטרוציט. הדבר גורר שחרור הורמון כלייתי בשם "אריטרופואטין" - הגורם לגירוי של מח העצם ליצר תאים חדשים. במהלך ההבשלה הן מאבדות את גרעיניהן. מחזור חיים של כדורית הינו כ 120 ימים שבסופן היא מתפרקת בטחול.

המוגלובין הינו החלבון החשוב באריטרוציט, מורכב מ- 4 תת יחידות. כל יחידה בנויה מ- HEM (שמכיל אטום ברזל) שאליו קשור החלבון Globin. בסה"כ בכל מולקולת המוגלובין 4 אטומים שקושרים 4 מולקולות חמצן.

אוקסימוגלובין (HbO<sub>2</sub>) - המוגלובין הקשור לחמצן.  
דאוקסימוגלובין - המוגלובין שאינו קשור לחמצן.

## לויקוציטים, (Leukocytes)

תא דם לבן או לויקוציט הוא תא דם השייך למערכת החיסון, כלומר רכיב בדם המשתתף בהגנת גופנו מפני פולשים ומזיקים. תאי דם לבנים נמצאים גם במערכת הלימפה וברקמות מיוחדות. רובם נוצרים במח העצם ומספרם נע בין 5000-9000/ממ"ק.



### גרנולוציטים:

- נאוטרופילים: ביצוע פגוציטוזה (בלענות) של פולשים וכו', שחרור כימיקלים בתהליכים דלקתיים.
- בזופילים: אשר תפקידם העיקרי הרחבת כלי הדם בזמן זיהום. מפרישים הפרין (מפרק קרישים)
- אאוזונופילים: חיסול פרזיטים, פועל מיידית בתגובה אלרגית.

### מונציטים:

- מייצר מקרופאגים (לצורך פגוציטוזה). מפרישים חומרים נוגדי שכפול וירוסים.

### לימפוציטים:

- לימפוציט B - ייצור נוגדנים, מיצר תאי פלסמה.
- לימפוציט T – משתתפים בתגובה החיסונית. נחלקים למס' תתי סוגים שמטרתם לחסל מחוללי מחלה ותאים נגועים:
  - תאי T צטוטוקסיים - תאים שתפקידם להרוג תאים נגועים בנגיפים ותאים הנמצאים בתהליכי התמרה סרטנית.
  - תאי T עוזרים - תאים שתפקידם להפעיל תאים אחרים במערכת החיסון.
  - תאי T רגולאטורים - תאים שתפקידם לדכא את המערכת החיסונית כדי למנוע דלקת כרונית ומחלות אוטואימוניות.
  - תאי NKT - תאים המציגים רצפטורים של תא NK ושתפקידם לעורר את המערכת החיסונית.

## טרומבוציטים, (Thrombocytes, Platelets)

תפקיד הטסיות הוא בקרישת הדם. הטסיות מצטברות במקום בו כלי הדם נפרץ או נקרע, סותמות את החור כמו "פקק" ומפרישות חומרים המעודדים את הדם להיקרש.

טסיות הדם נוצרות במח העצם ביחד עם כדוריות הדם האדומות ותאי הדם הלבנים. הטסיות עצמן אינן תאים; הן נוצרות מהתפוצצות או שבירה של תאי ענק במח העצם (מגהקריוציטים), והן מורכבות למעשה משברי תאים.

ריכוזן של הטסיות בדם נע בין רבע לחצי מיליון טסיות למיקרו ליטר (מילימטר מעוקב) דם. הן מהוות את רכיבי הדם הקטנים ביותר, וקוטרן נע בין מיקרומטר בודד ל-5 מיקרומטר. אורך חיי הטסיות נע בין שבוע ל-10 ימים.

מחלות מסוימות נובעות ממבנה לא תקין של טסיות הדם. מחלות אלו גורמות לקרישה מוגברת או לקרישה מועטה מדי של הדם. מחלת הטסיות הידועה ביותר היא המופיליה.

### תהליך קרישת הדם:

תחילת התהליך קשור בנזק מקומי ברקמה מסוימת ובאנדוהל של כלי הדם בה. טרומבוציטים לא פעילים בדם מזהים את האנדוהל הפגוע ונצמדים אליו. תוך כדי כך משתחררים חומרים שונים ביניהם "סרטונין" הגורמים לכיווץ כלי הדם.

קריש הדם הינו תוצר סופי של הפעלת גורמי קרישה שונים בפלסמה (רוב הפקטורים הינם חלבונים לא פעילים המופעלים לצורך ובעזרת אלקטרוליטים וויטמינים). החלבון האחרון בשרשרת הוא הפיברין- FIBRIN- חלבון זה יוצר באזור המדמם רשת חזקה הלוכדת כדוריות דם הנקרות בדרכה, אוגדת אותם ויוצרת קריש.

כמו בכל מערכת אחרת בגוף גם למערכת הקרישה ישנה מערכת מנוגדת לה והיא המערכת הפיברינוליטית אשר יודעת לפרק קרישי דם. פיברינוליזיס- פירוק פיברין, (מערכת זו עובדת גם כן עם חלבונים לא פעילים המחכים לאקטיבציה על ידי אות מיוחד- החלבון החשוב במערכת זו נקרא פלסמינוגן הופך לפלסמין). מערכת הנשימה- respiratory system

### הקדמה:

חמצן (O<sub>2</sub>) הוא האלמנט הבסיסי שהתא צריך כדי לקיים מטבוליזם (חילוף חומרים), פחמן דו חמצני (CO<sub>2</sub>) הוא תוצר הפירוק של תהליך זה. האיברים של מערכת הנשימה ושל המערכת הקרדיווסקולארית מוליכים את החמצן אל כל חלקי הגוף ומצד שני מעבירה את הפחמן הדו חמצני מהתאים חזרה אל הריאות ומשם בעזרת תהליך הנשימה, החוצה. מערכת הנשימה מהווה מרכיב חשוב ומהותי בגוף והיא אחת משלושת המערכות המרכזיות שבלעדיה אין חיים!

### אנטומיה:

חלקי מערכת הנשימה מחולקים לשני חלקים עיקריים- דרכי נשימה עליונות ותחתונות. ה- Larynx (ראה מפה) מהווה את הגבול בין שני החלקים. כל חלקי המערכת הנמצאים מעל הם דרכי הנשימה העליונות וכל מה שמתחתיו נחשב לתחתונות.

### דרכי נשימה עליונות Upper Airway Structure –

גם כאן ישנה חלוקה פנימית של אזורים- חלל האף- Nasal Cavity, חלל הפה- Oral Cavity והגרון/לוע- Pharynx. חשוב לדעת ולהכיר את כל מבני המערכת ואת חלקיה הפנימיים כדי להבין את מנגנון הנשימה.

#### Nasal Cavity - חלל האף

החלק העליון ביותר של דרכי האוויר, מורכב מ-3 קונוכיות שעליהן שערות קטנות. הקונוכיות נהנות מאספקת דם מרובה וזאת כדי לחמם וללחלח את האוויר הנכנס לריאות, בנוסף לסינון שהוא עובר על יד השערות.

#### Oral Cavity - חלל הפה

נחתם על ידי הלחיים, החיך הקשה והרך מלמעלה ומלמטה נחתם על ידי הלשון והלסת.

#### Pharynx - גרון, לוע

מתחיל מהפתח האחורי של האף (מאחורי הקונוכיות) וממשיך עד לקנה הנשימה ולפתח הושט. תפקידיו הם לאפשר ולווסת מעבר של אויר אל מערכת הנשימה דרך קנה הנשימה (Trachea) ומעבר של מזון אל מערכת העיכול דרך הושט (Esophagus).

ה- Pharynx מחולק גם הוא ל-3 חלקים-

\*Nasopharynx- החלק העליון ביותר של הגרון, המתחיל בחלק האחורי של האף וממשיך עד החיך הרך.



\*Oropharynx- מתחיל מהחירך הרך וממשיך עד ל- Epiglottis (ראה איור) זהו בעצם החלק האחורי של חלל הפה (מכיל את הענבל והשקדים).  
\*Laryngopharynx- החלק התחתון של הגרון, נחתם בין ה- Epiglottis ועד למיתרי הקול (שזה בעצם סוף דרכי הנשימה העליונות).

#בין החלוקה של דרכי נשימה עליונות ותחתונות יש את ה-Larynx, שזה הגבול שממנו והלאה מתחיל קנה הנשימה. ל- Larynx יש שלושה תפקידים מרכזיים: 1. הוא מעביר את האוויר מה- Pharynx לראות.  
2. הוא מהווה מסתם המונע מעבר של מוצקים ונוזלים לתוך הריאות.  
3. הוא מעורב ביצירת הקול.

### דרכי נשימה תחתונות Lower Airway Structures-

מה-Larynx ומטה מתחיל המבנה התחתון של מערכת הנשימה. החלק התחתון כולל בתוכו- קנה נשימה (Trachea), סמפונות (Bronchial), נאדיות (Alveoli) ואת הריאות (Lungs).

#### Trachea קנה הנשימה-

קנה הנשימה הוא בעצם צינור המעביר את האוויר מהלוע אל תוך הריאות. הקנה מסתיים בנקודת הפיצול לסמפונות (Carina). הקנה מורכב מרקמות חיבור ומשריר חלק (שריר לא רצוני) והוא מחוזק על ידי 15-20 טבעות לאורכו בצורת C (טבעות לא סגורות), למעט הטבעת הראשונה שהיא שלמה ומקיפה את כל קוטר הקנה (Cricoid).  
הטבעות הללו שעוטפות את הקנה, תפקידן לשמור עליו פתוח לאוויר כל הזמן ומתן הגנה על הקנה מפני חבלות.  
באדם מבוגר קוטר הקנה הוא בממוצע 1.5cm ואורכו 9-15cm. הקנה ממוקם קדמית לוושט והוא מגיע עד לצלע חמישית באורכו. בתוך הקנה ישנן ריריות ושערות קטנטנות הנקרות- Cilia.  
ה-Cilia מגנה על דרכי הנשימה התחתונות על ידי הוצאת מוקוס ובקטריות בעזרת שיעול החוצה לאוויר.

#### Bronchial Tree העץ הסימפוני-

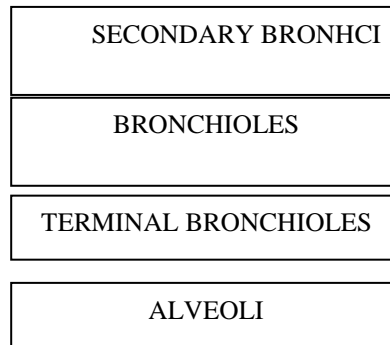
הקנה מתפצל לעץ סמפונות שהולך ונהיה צר וקצר יותר ככל שמתקדמים פנימה עד שמגיעים לנאדיות.  
הקנה מתפצל בתחילה לשני סמפונות- ימני ושמאלי, אלה הם הסמפונות הראשוניים והגדולים ביותר והם נקראים- Primary Bronchi. נקודת הפיצול מהקנה לסמפונות הראשוניים נקרא- Carina.  
כמו הקנה גם הסמפון הראשוני מכוסה בשכבת Cilia וגם עליו ישנן טבעות סחוסיות. ככל שמתקדמים פנימה אל תוך הריאות כמות הטבעות הסחוסיות פוחתת והסמפון נהיה יותר ויותר שרירי עד שאין טבעות בכלל.  
הסמפון הראשוני ממשיך ומתחלק לסמפון שניוני- Secondary Bronchi שהוא נכנס לריאה הימנית והשמאלית ומשם ממשיכים עוד ועוד פיצולים (כמות טבעות הסחוס הולכת ופוחתת) עד שהסמפון השניוני הופך ל- Bronchioles. הברונכיולים בנויים משריר היכול להתכווץ ולהתרפות בהתאם לגירויים חיצוניים ולצורכי הגוף.  
הברונכיולים ממשיכים להתפצל עד שהם מגיעים ל"סמפון הנושם"- Terminal Bronchioles. הברונכים הטרמינלים הם בעצם החלק הנושם, המבנה ממשיך להתפצל עד ליחידה הקטנה ביותר ששם מתבצע חילוף הגזים מהריאות לדם (O<sub>2</sub>) ומהדם לריאות (CO<sub>2</sub>).

#### Alveoli נאדיות-

הנאדיות הן היחידה התפקודית של מערכת הנשימה. חילוף הגזים של CO<sub>2</sub> ו-O<sub>2</sub> מתבצע בנאדיות. על הנאדיות ישנה מערכת מסועפת של קאפילרות (נימים) עורקיים וורידיים שלשם מועברים הגזים. שטח הפנים הגדול של הנאדיות ושל הנימים הצמודים אליהן הוא זה שמאפשר מעבר תקין ומספיק של גזים. בתוך הנאדיות ישנו חומר נוזלי הנקרא- Surfactant (המיוצר בתוך הנאדיות) שתפקידו לשמור את הנאדיות פתוחות כלומר שלא יעברו תמט.

#### לסיכום- העץ הסמפוני

PRIMARY BRONCHI

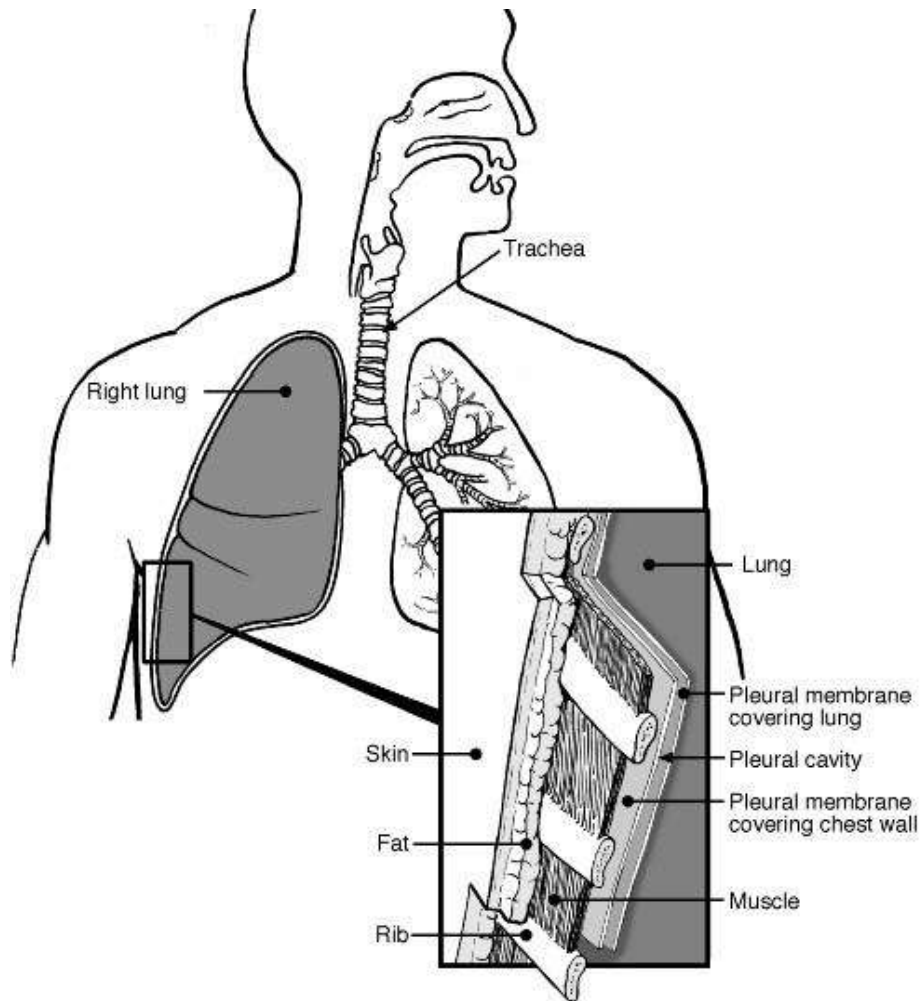


### **Lungs- ריאות**

הריאות הן רקמות רכות הממוקמות בבית החזה- מקו עצם הבריח ועד לצלע השמינית. הריאות הם רקמה דמוי ספוג המתנפחות עם הכנסת האוויר ומתכווצות בהוצאת האוויר. הריאות מחולקות לאונות (חלקים), ריאה שמאל מחולקת לשתי אונות וימין לשלוש אונות.

לריאות קרום העוטף אותן- קרום הפלאורה. הקרום מורכב משתי שכבות וביניהן נמצא נוזל- נוזל הפלאורה (ישנו תת לחץ בין שני הקרומים). קרום הפלאורה אחד עוטף את הריאה והשני דבוק לדופן בית החזה הפנימי (לחלק הפנימי של הצלעות). תפקיד הקרומים בין היתר למשוך את הריאות ביחד עם התרוממות בית החזה ובכך ליצור תת לחץ ולכניס אויר.

**איור המתאר את קומי הפלאורה:**



**Lung showing pleura**

### **תהליך הנשימה-**

הנשימה מבוקרת בעיקר על ידי המוח, הוא זה שקובע, בהתאם לצרכיו ולתנאים סביבתיים, את תדירות ועומק הנשימה.

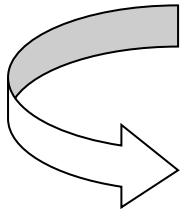
בפעולת הנשימה משתתפים כמה שרירים עיקריים המזיזים את בית החזה בזמן השאיפה-הכנסת אויר, ובזמן הנשיפה-הוצאת האויר, ובכך מאפשרים פעילות תקינה של הנשימה.

### **השרירים המשתתפים בנשימה-**

- Intercostals Muscles - שרירים בין צלעיים
- Dorsal Respiratory Group - שרירים גביים
- Ventral Respiratory Group - שרירים קדמיים
- Sterno Cladio Mastoid - שרירי הצוואר
- Diaphragm - סרעפת
- Accessory Muscles - שרירי עזר

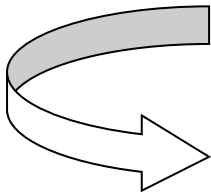
פעולת הנשימה מתחלקת לשני חלקים:  
\*שאיפה- INSPIRIUM- הכנסת אויר לריאות.  
\*נשיפה- EXPIRIUM- הוצאת אויר מהריאות.

**השאיפה** היא תהליך אקטיבי, ישנה הפעלת שרירים בבית החזה כדי להרחיב את כלוב בית החזה וכתוצאה מתת הלחץ שנוצר בריאות האוויר יכנס התהליך:



השרירים הבין צלעיים והסרעפת מתכווצים  
בית החזה מתרחב  
הריאות (שצמודות לבית החזה) נמשכות ומתרחבות  
הלחץ בתוך הריאות יורד  
כניסה של אויר מבחוץ לשם השוואת לחצים

**הנשיפה** לעומת זאת היא תהליך פסיבי. כל שרירי בית החזה והסרעפת מתרפים, הלחץ בתוך הריאות עולה וכתוצאה מזה אוויר ננשף מהריאות. התהליך:



השרירים הבין צלעיים והסרעפת מתרפים  
בית החזה והריאות קטנים  
הלחץ בריאות עולה  
אוויר ננשף מהריאות

### מושגים מערכת הנשימה:

Ventilation- אוורור, תנועת אויר לתוך וחוצ לריאות.  
Respiratory Rate- קצב נשימה בדקה, נע בין 12-20 בדקה.  
Tidal Volume- נפח מתחלף, כמות האוויר המתחלף בכל נשימה, כ- 500cc.  
Dead Space Air- נפח האוויר אשר אינו מתחלף- כ 150cc.  
Alveolar Air- נפח האוויר הנמצא בנאדיות, כ-350cc.  
Total Lung Capacity- נפח מקסימאלי בריאה לאחר שאיפה מקסימאלית, כ- 6 ליטר.  
Minute Volume- נפח האוויר המתחלף בדקה (TVxRR).  
Expiratory Reserve Volume- נפח אויר הניתן לדחוף בנשיפה מאומצת בממוצע, 1000-1200cc.  
Inspiratory Reserve Volume- נפח אויר הניתן להכניס בשאיפה מאומצת בממוצע, 3000-3300cc.  
Residual Volume-נפח שארית, הנפח שנשאר בריאה לאחר הנשיפה, 1200cc.

