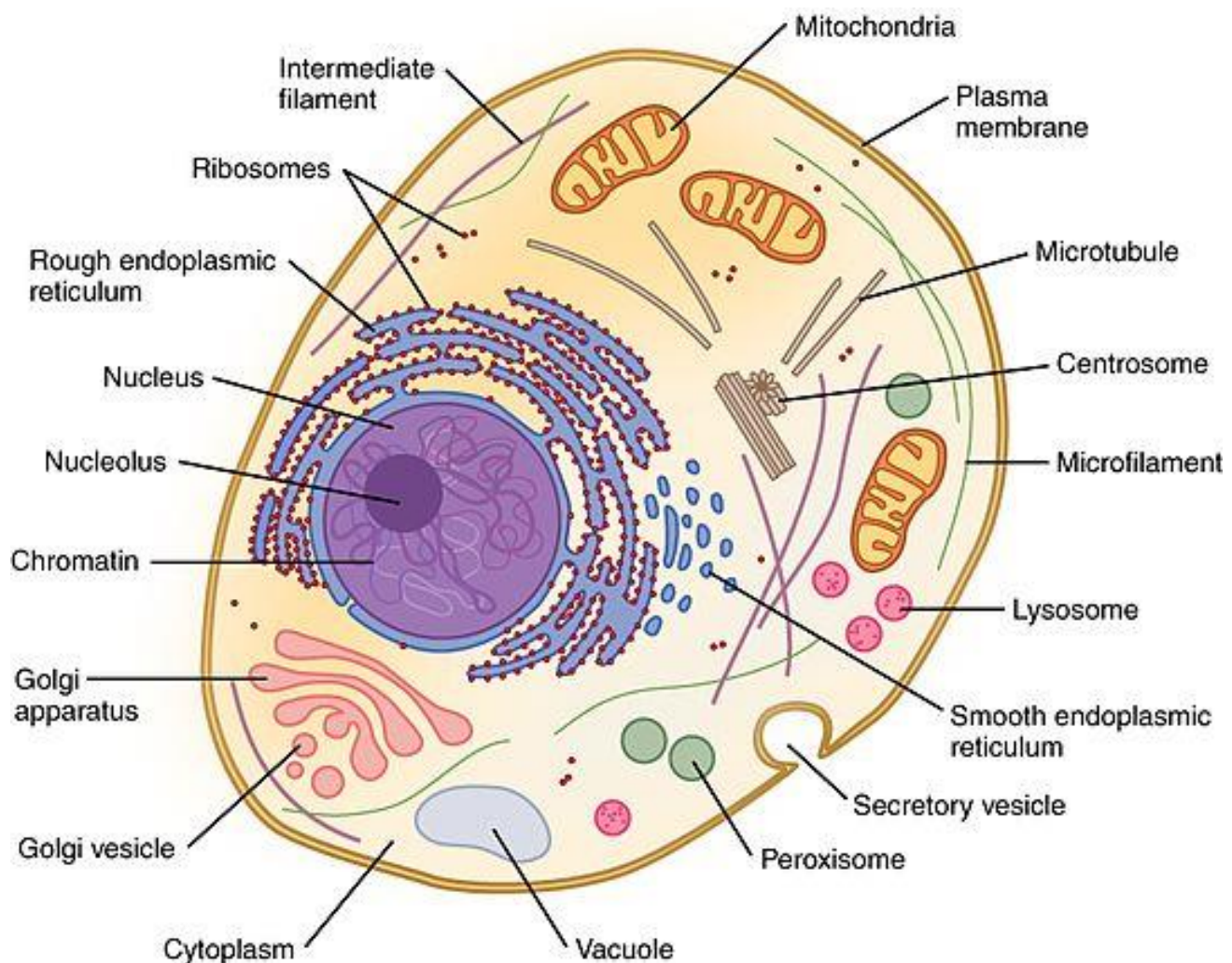


התא מבנה ופעילות

חוברת סיכומים

מתוך הקורס הווירטואלי- מטח



ערכה: לינוי יחיאל

רשימת הנושאים בחוברת:

1. מבנה התא והרכבו הכימי

2. קרום התא

3. פוטוסינתזה ונשימה

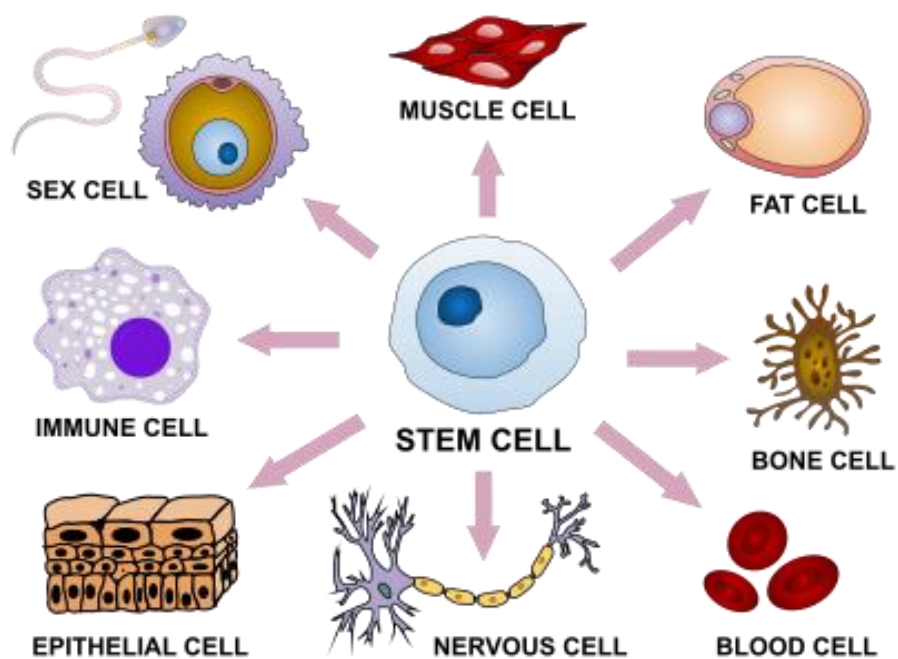
4. אנזימים

5. מבנה הדנ"א ושכפולו

6. מדנ"א לחלבון

7. תורשה מנדלית

8. תורשה רפואה וחברה



סיכום פרק מבנה התא והרכבו הכימי

תכנית הלימודים:

רעיון מרכזי: התא הוא יחידת המבנה והתפקוד ביצורים החיים. בכל היצורים ניכרת אחידות רבה במבנה הבסיסי של התאים, בהרכב שלהם ובתהליכי היסוד המתקיימים בהם, בצד שונות בצורה ובתפקוד.

בתא מתקיימת סביבה מימית. רוב החומרים הבונים את תאי היצורים החיים הם תרכובות פחמן אורגניות מסוגים שונים. בתאים מצויים גם מינרלים.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים	הערות, הסברים
מאפייני החיים ומבנה התא - מבט על (5-4 שעות) - הפרדה מהסביבה החיצונית סביבה פנימית יציבה, חילוף חומרים (מטבוליזם), התרבות, תגובה לגירוי, גדילה והתפתחות מאפיינים תאים.		יש לציין כי מאפייני החיים המאפיינים כל תא מאפיינים גם אורגניזם שלם רב תאי.
- תאים פרוקריוטים ותאים אאוקריוטים - מאפיינים אברוני התא ותפקודם - סוגי תאים ביצור רב תאי: דמיון, שוני, -התאמה בין מבנה לתפקוד. - נגיפים (וירוסים) - חיידקים	תא בעל חיים, תא חיידקי, תא צמח גרעין התא, דופן תא, חלולית, ליזוזומים, מיטוכונדריה, פלסטידות, ציטופלסמה, קרום התא, ריבוזומים, שלד תוך תאי.	חשיבות היחס בין שטח הפנים לנפח תודגש בהקשר לגודל התא ולמבנה חלק מהאברונים. יש לציין כי הנגיפים הם קבוצה ייחודית של טפילים בעלי מבנה בסיסי של מעטפת וחומר תורשתי – DNA או RNA שאינם מסוגלים להתרבות בעצמם. יש להדגיש את ההבדל העקרוני בין נגיפים שהם טפילים מוחלטים שלא מתקיים בהם חילוף חומרים, הם תלויים בתא המאכסן ומסוגלים להתרבות רק בתאי אורגניזמים אחרים, לבין חיידקים שהם אורגניזמים עצמאיים.
ההרכב הכימי של התא (5-6 שעות) - היסודות העיקריים הבונים את התרכובות האורגניות הם מועטים (C,H,O,N,P,S), ואף על פי כן מגוון התרכובות בכל תא גדול מאוד. - ההרכב והתכונות של פחמימות, ליפידים, חלבונים, חומצות גרעין.	דו סוכר, חד-סוכר, חומצות אמיניות, חומצות גרעין, חומרים אורגניים, אי-אורגניים, חלבונים, ליפידים, נוקלאוטידים, פחמימות, רב-סוכר, תאית, DNA, RNA.	
- חומרי תשמורת: חשיבות, מאפיינים, דוגמאות בצמחים ובבעלי חיים. - חשיבות המים והמינרלים.	חומרי תשמורת: גליקוגן, עמילן, שומנים.	

סיכומים על פרק מבנה התא והרכבו הכימי:

מבנה התא ומאפייני החיים שלו

- א. מבנה התא
- ב. מאפייני החיים של התא
- ג. היתרון בממדיהם הקטנים של התאים
- ד. נגיפים (וירוסים)

ההרכב הכימי של התא

- א. חומרים אורגניים ואי-אורגניים
- ב. מים ומינרלים
- ג. פחמימות
- ד. ליפידים
- ה. חלבונים
- ו. חומרי תשמורת

א. מבנה התא

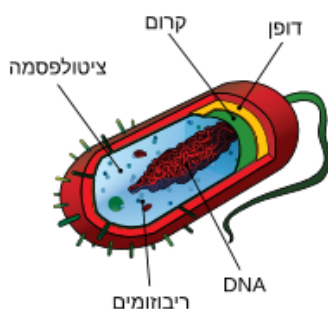
התא הוא יחידת החיים הבסיסית של כלל האורגניזמים בטבע. יש אורגניזמים חד-תאיים כמו סנדלית, ויש אורגניזמים רב-תאיים כמו האדם.

התאים בטבע נחלקים לשתי קבוצות עיקריות: **פרוקריוטים ואאוקריוטים**.

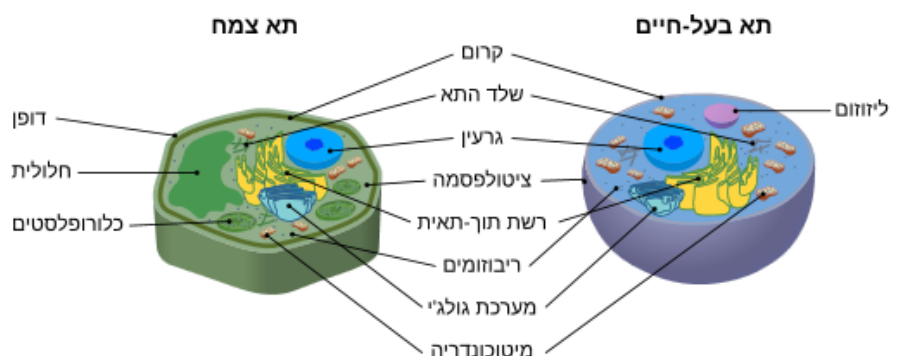
הפרוקריוטים הם אורגניזמים חד-תאיים בעלי מבנה תא פשוט וחסר אברונים. אין להם גרעין וה-DNA שלהם נמצא בציטופלסמה. האורגניזמים הפרוקריוטיים המוכרים יותר הם החיידקים (ויש גם קבוצה פחות מוכרת של פרוקריוטיים הנקראת ארכיאה).

האאוקריוטים הם אורגניזמים חד-תאיים ורב-תאיים שמבנה תאיהם מורכב. יש להם גרעין ואברונים נוספים המוקפים בקרום. התאים האאוקריוטיים גדולים בהרבה מהתאים הפרוקריוטיים. האורגניזמים האאוקריוטים שייכים לממלכות שונות בטבע: בעלי-חיים, צמחים, פטריות ויצורים חד-תאיים שאינם חיידקים (כגון סנדלית ואמבה).

תא פרוקריוטי – תא חיידק



תאים אאוקריוטיים



התאים הפרוקריוטיים קטנים בהרבה מהתאים האאוקריוטיים.

הרחבה: החיים על כדור הארץ התחילו מתא קדמון משותף. במהלך האבולוציה התפצלו מתא זה שלוש ממלכות שונות: שתיים מהן פרוקריוטים – החיידקים והארכאות, וממלכת האאוקריוטים.

החלקים המשותפים לכל סוגי התאים פרוקריוטים ואאוקריוטים

החלקים המשותפים לכל התאים הם: קרום תא, ציטופלסמה, ריבוזומים ו-DNA:

קרום תא: קרום העוטף את התא ומפריד אותו מהסביבה החיצונית. אמנם הוא גובל בסביבה מימית מצדו החיצוני ומצדו הפנימי, אך הקרום אינו מתמוסס מכיוון שהוא מורכב בעיקר מחומרים שומניים שאינם מסיסים במים. הקרום הוא בררני, כלומר לא כל חומר יכול לעבור דרכו, והוא מאפשר שמירה על סביבה פנימית קבועה.



ציטופלסמה: נוזל צמיגי במרקם של ג'לי הממלא את רוב נפח התא. הציטופלסמה מורכבת ברובה הגדול ממים, ומומסים בה חומרים שונים כגון מלחים וחלבונים. הציטופלסמה יוצרת סביבה פנימית מימית, החיונית לקיומם של התהליכים המתרחשים בתא.



ריבוזומים: "מפעלי" החלבונים של התא. בהם מיוצרים חלבונים בתהליך תרגום לפי מידע המגיע אליהם מהגרעין. חלק מהריבוזומים צמודים לקרום הרשת התוך-תאית, וחלקם נמצאים חופשיים בציטופלסמה. הריבוזומים אינם נחשבים לאברונים מכיוון שהם אינם מוקפים בקרום.



DNA: החומר התורשתי. בתאים אאוקריוטיים הוא נמצא בגרעין ומאורגן יחד עם מולקולות של חלבונים במבנה של כרומוזומים, ואילו בתאים פרוקריוטיים יש מולקולת DNA מעגלית אחת הנמצאת בציטופלסמה. ב-DNA יש גנים הקובעים את תכונות התא ותפקודיהן. הגנים הם למעשה מרשמים ליצירת חלבונים, והמידע הגנטי הדרוש ליצירתם מועבר באמצעות מולקולות של RNA המעבירות את המידע ליצירת חלבונים אל הריבוזומים. לפני חלוקת התא, מתרחש בו תהליך של



תאים אאוקריוטים

יתרונות המידור

התאים האאוקריוטיים מתאפיינים במידור (חלוקה לאזורים נפרדים); האברונים השונים בהם מוקפים בקרום בררני שהמבנה הבסיסי שלו דומה למבנה של קרום התא. קרומים אלה מפרידים בין האברונים לבין הציטופלסמה ומאפשרים יצירת תנאי סביבה שונים בתוך כל אחד מהאברונים. גם בציטופלסמה יש מערכת קרומים הנקראת רשת תוך-תאית, והיא יוצרת מידור בציטופלסמה.

מספר האברונים השונים בתא משתנה בהתאם לתפקוד התא. לדוגמה, ככל שהתא פעיל יותר מבחינה מטבולית, כך מספר המיטוכונדריה בתאים גדול יותר.

האברונים המשותפים לתאי צמח ולתאי בעלי-חיים:

גרעין התא: בגרעין נמצא החומר התורשתי – ה-DNA, המכיל את המידע על תכונות התא ועל תפקודיו. לכן גרעין התא חיוני לקיום התא ולהתחלקותו. הגרעין תחום במערכת כפולה של קרומים, ויש בו אזור בולט הנקרא גרעינון.



מיטוכונדריה: תחנות הכוח של התא. מתבצע בהם תהליך הנשימה האווירנית. אברון אחד נקרא מיטוכונדריון, וברבים – מיטוכונדריה. כל מיטוכונדריון מוקף בשני קרומים: קרום חיצוני וקרום פנימי. הקרום הפנימי מפותל, מה שמגדיל את שטח הפנים הפנימי ומייעל את תפקוד האברון.



שלד התא: רשת של סיבים דקים המצויה בציטופלסמה. השלד מקנה לתא יציבות ומתפקד כרשת ה"תחבורה" של התא; לאורך הסיבים מועברים אברונים ומרכיבים תאיים אחרים ממקום למקום בתא. כמו כן, יש לו תפקיד בהנעת התא כולו. לשלד אין מבנה קבוע – צורתו משתנה בהתאם לפעילות התא.



רשת תוך-תאית: רשת מסועפת של קרומים בררניים המצויה בציטופלסמה. לחלק מהקרומים צמודים ריבוזומים, המייצרים חלבונים המיועדים לפעילות בקרום התא או להפרשה אל מחוץ לתא. החלבונים מועברים מהרשת התוך-תאית לעיבוד במערכת גולג'י. הרשת התוך-תאית פעילה גם בייצור שומנים.



אברונים הנמצאים רק בתאי צמחים*

דופן התא: מבנה קשיח שעשוי מסיבי תאית, העוטף את תא הצמח מחוץ לקרום. הדופן מייצבת את התא, שומרת את צורתו ומגינה עליו מפגיעות ומלחץ. הדופן מאפשרת חדירת מים אל התא רק עד גבול מסוים, ובכך מונעת את התנפחות התא והתפוצצותו. בניגוד לקרום התא, הדופן אינה בררנית אלא מאפשרת לחומרים רבים לעבור דרכה.



כלורופלסטים: אברונים שבהם מתרחש תהליך הפוטוסינתזה. הכלורופלסטים מכילים צבען (פיגמנט) ירוק שנקרא כלורופיל, הקולט את אור השמש הנחוץ לקיום הפוטוסינתזה.



חלולית (וקואולה): חלל פנימי בתוך תא הצמח, המוקף בקרום ותופס חלק נכבד מנפחו של התא. על אף שמה, החלולית אינה חלולה, אלא מלאה במים ובחומרים שמומסים בהם, והיא מתפקדת כמאגר של נוזלים ושל חומרים שונים. לחלולית תפקיד חשוב בשמירה על מאזן המים בתא.



*דופן וחלולית נמצאים גם בחלק מהפטריות.

אברון שנמצא רק בתאי בעלי-חיים

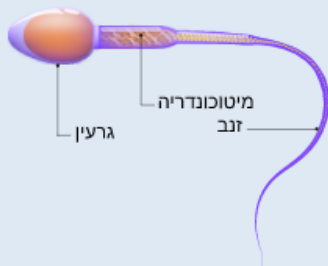
ליזוזום: מעין שקית הבנויה מקרום ומכילה אנזימי פירוק. התפקיד העיקרי של הליזוזום הוא פירוק חומרים או גופים זרים הנכנסים לתאים. כמו כן, מתפרקים בו אברוני תא פגומים או "זקנים". בליזוזום שורר pH חומצי, המתאים לפעילות האנזימים המצויים בו.



התאמה בין מבנה לתפקוד של תאים ספציפיים

למרות שהמבנה והתפקוד הבסיסיים של כל התאים דומים, התאים אינם אחידים בצורתם ובמבנם; יש התאמה בין מבנה התא לבין תפקודו המסוים.

מספר האברונים השונים בתא משתנה בהתאם לתפקוד התא. לדוגמה, מספר המיטוכונדריה בתאים עולה ככל שהתא פעיל יותר מבחינה מטבולית.



לדוגמה: תא הזרע קטן בממדיו – דבר המקל על תנועתו. יש לו שוטון שבעזרתו הזרע נע לעבר הביצית. המיטוכונדריה הרבים הנמצאים בבסיס השוטון, מאפשרים קיום קצב נשימה תאית גבוהה ואספקת אנרגיה (ATP) לתנועה.

מונחים מהסילבוס: תא בעל חיים, תא חיידק, תא צמח, גרעין התא, דופן תא, חלולית, ליזוזומים, מיטוכונדריה, פלסטידות, ציטופלסמה, קרום התא, ריבוזומים, שלד תוך תאי.

ב. היתרון בממדיהם הקטנים של התאים

רוב התאים בטבע קטנים מאוד, והדבר מקנה להם יתרון כפול:
יתרון א: ככל שהתא קטן יותר, שטח קרום התא גדול ביחס לנפח התא וכך מתאפשרת כניסה ויציאה מספיק מהירה של חומרים, ובכמות מספקת לצורך קיומו של התא.
יתרון ב: ככל שהתא קטן יותר, המרחק מקרום התא למרכז התא קטן יותר וכך החומרים יכולים להגיע במהירות לכל נפח התא.
הגדלה נוספת של שטח פנים יכולה להיווצר בגלל מבנה פחוס או שטוח של תאים או בגלל פיתולים ובליטות בקרום התא.
ליחס בין שטח הפנים לנפח יש משמעות עצומה בביולוגיה בכל הקשור לחילופי חומרים ואנרגיה עם הסביבה, לא רק בהקשר של תאים אלא גם בהקשר של איברים ומערכות שונות בגוף, ושל הגוף כולו.

ג. מאפייני החיים של התא

קשה להגדיר מהם חיים, קל יותר להגיד מה מאפיין יצורים חיים. כיום מקובל לחשוב כי החיים הם למעשה צירוף של פעולות המאפיינות יצורים חיים, ונהוג לכנותן: מאפייני החיים. אם כך, איננו מגדירים מהם חיים, אלא מהם המאפיינים של יצור חי.

מאפייני החיים העיקריים הם: חילוף חומרים (מטבוליזם), תגובה לגירויים, התרבות, גדילה והתפתחות, קיום סביבה פנימית יציבה הנפרדת מהסביבה החיצונית, ותנועה. מאפייני החיים של האורגניזמים השונים מאפיינים גם את התאים המרכיבים אותם.

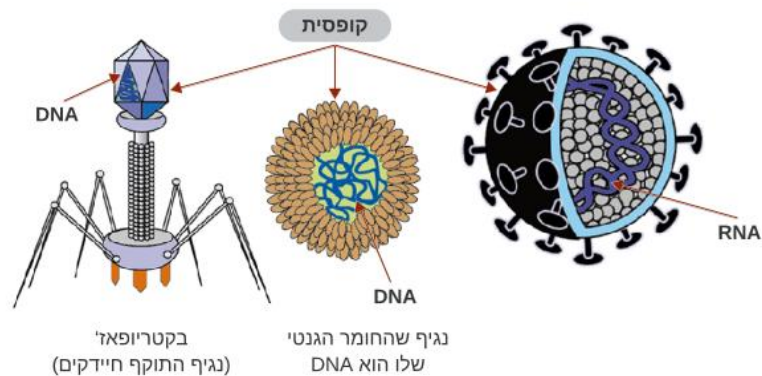
פירוט מאפייני החיים:

חילוף חומרים (מטבוליזם): תאים חיים קולטים מהסביבה חומרי מזון הכוללים חומרים אורגניים כגון פחמימות, שומנים וחלבונים. חומרים אורגניים המגיעים אל התאים מנוצלים לשתי מטרות עיקריות: בנייה והפקת אנרגיה. בנייה: החומרים משמשים חומר גלם ליצירת חומרים הנחוצים לבניית התאים ולתפקודם. לדוגמה: חומצות אמיניות מנוצלות לבניית חלבונים המתפקדים בין היתר כאנזימים. הפקת אנרגיה: חלק מהחומרים האורגניים (בעיקר גלוקוז) מתפרקים בתאים בתהליך של נשימה תאית. לחומרים האורגניים יש רמת אנרגיה גבוהה, וכשהם מתפרקים משתחררת אנרגיה זמינה לתהליכי חיים צורכי אנרגיה המתרחשים בתאים. עודפי חומרים הופכים בתאים מסוימים לחומרי התשמורת גליקוגן, עמילן ושומן, הנשמרים והמנוצלים בעת הצורך לבנייה ולתפקוד אנרגיה. כל התהליכים האלה של בנייה, של פירוק או שינוי של חומרים, מזורזים על ידי אנזימים ונקראים בשם הכולל: תהליכי חילוף חומרים (מטבוליזם). בתאים מתרחשים בו-בזמן אלפי תהליכי חילוף חומרים, בתיאום מופלא. **תגובה לגירויים:** קליטת מידע מהסביבה ותגובה אליו הן ממאפייני החיים של התאים, והן חיוניות לקיומם ולתפקודם התקין. התקשורת בין תאים היא בדרך כלל תקשורת כימית – קולטנים בקרום התא או בתוך התא מאפשרים קליטת אותות חיצוניים. דוגמאות: הורמונים שבעזרתם מתקיימת תקשורת בין מערכות בגוף, יצורים חד-תאיים כגון אמבה שמשוגלים לחוש במזון בעזרת הקולטנים. **התרבות, גדילה והתפתחות:** תאים מתרבים על ידי חלוקת תא (הנקראת בתאים אאוקריוטיים מיטוזה). לפני החלוקה, התאים גדלים בממדיהם ומשכפלים את החומר התורשתי, וכך תאי הבת שנוצרים בחלוקה מקבלים את מלוא המטען הגנטי. בתאים אאוקריוטיים, לאחר החלוקה, תאי הבת עוברים תהליכי התמיינות מורכבים וכך מתפתח מגוון תאים בעלי תפקודים שונים המרכיבים את הרקמות באיברי הגוף. תהליך החלוקה צריך להיות מבוקר בקפדנות. שיבושים בו עלולים לגרום למחלות כגון סרטן. **קיום סביבה פנימית יציבה – שמירה על ההומיאוסטזיס:** בתוך התא מתקיימת סביבה פנימית ייחודית השונה מן הסביבה החיצונית. סוגי החומרים המומסים וריכוז כל אחד מהחומרים אינם זהים בתוך התא ומחוצה לו. הרכב המומסים וריכוזם נשארים קבועים פחות או יותר ומשתנים בטווח שינויים צר. הדבר מתאפשר בשל בררנות הקרום ובשל תהליך של העברה פעילה המתבצע דרך משאבות הנמצאות בקרום (ראו פירוט ביחידות הלימוד של הפרק "קרום התא"). מצב זה חיוני לקיום התא ולתפקודו התקין, וכן לקיום היצור כולו. בתאים יש מנגנונים לשמירת הקביעות של גורמים רבים נוספים כגון דרגת החומציות (pH) והטמפרטורה. פעולתם של כל המנגנונים האלה חיונית לשמירת ההומיאוסטזיס בתאים ובגוף כולו. **תנועה:** אחד ממאפייני החיים של רבים מהתאים (אך לא בהכרח של כולם) הוא תנועה – תנועה של אברונים וחלקי תא אחרים בתוך התא, ובתאים מסוימים גם תנועה של התא כולו. לסיבי השלד התוך-

תאי (הנמצאים בתאים אוקריוטיים) יש תפקיד חשוב בתנועה – תזוזה שלהם קשורה לתנועת התא כולו, והם גם מהווים את רשת ה"כבישים" שדרכה מתנהלת העברת אברונים ממקום למקום בתא על ידי מנועים מולקולריים.

ג. נגיפים (וירוסים)

לנגיפים אין מבנה של תא. הם בנויים מחלק פנימי הכולל חומצת גרעין – DNA או RNA, ומוקף באזור חיצוני הנקרא קופסית. הקופסית בנויה מחלבונים והיא ייחודית לכל נגיף: היא כוללת חלבונים מסוג אחד או מכמה סוגים הייחודיים לנגיף. גם צורת הקופסית ייחודית לנגיף. יש מגוון גדול של צורות של נגיפים, ואחדות מהן מוצגות בתרשים:



בחומצת הגרעין של הנגיפים יש בעיקר גנים הקובעים את סוג החלבונים היוצרים את הקופסית. (ובמקרים רבים חומצת הגרעין הנגיפית כוללת גם גנים המקודדים לאנזימים הנחוצים להכפלת הנגיף). לחלק מהנגיפים התוקפים תאי בעלי חיים, יש גם מעטפת העוטפת את הקופסית. מקורה של המעטפת הוא בקרום של התא המאחסן או בקרום של אחד מאברוניו, והיא כוללת גם חלבונים של הנגיף.

הנגיפים הם טפילים מוחלטים המחדירים את החומר התורשתי שלהם לתוך תאים של יצורים אחרים, ומתרבים בתוכם. לצורך ההתרבות הם מנצלים את האנזימים של התא המאכסן, את החומרים ואת האנרגיה שלו כדי ליצור את מרכיבי הנגיף – הקופסית והחומר התורשתי. הנגיפים החדשים שנוצרים בתוך תא מאחסן פורצים ממנו, מדביקים תאים אחרים וחוזר חלילה... תנועת הנגיפים מתא לתא אינה אקטיבית – הם נעים עם תנועת הנוזל או האוויר שבו הם נמצאים. הנגיפים נחשבים על הגבול שבין החי לדומם מכיוון שהם אינם תאים, והם לא מקיימים את מאפייני החיים הנמצאים בשאר היצורים על פני כדור הארץ כשהם מחוץ לתא חי מארח/פונדקאי. עם זאת, כשהם בתוך תא חי הם כן מתרבים ומעבירים את המידע התורשתי שלהם מדור לדור.

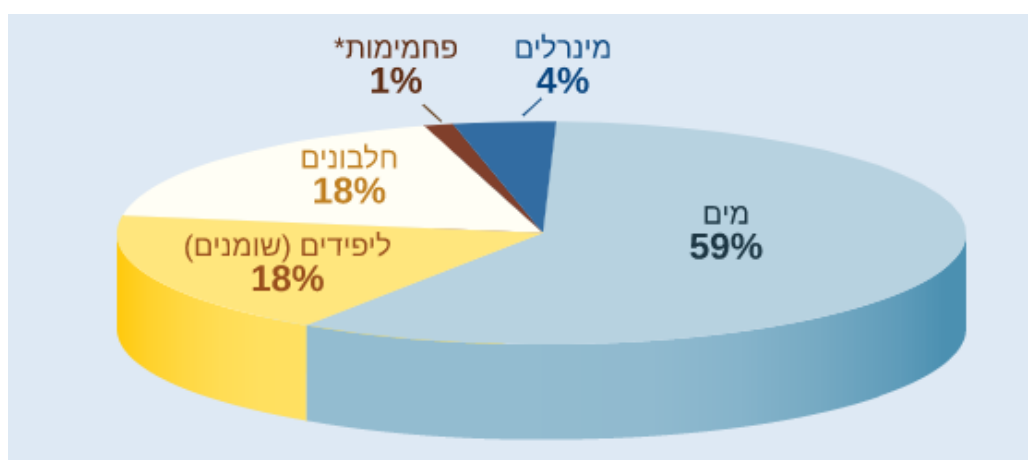
ההרכב הכימי של התאים:

ד. חומרים אורגניים וחומרים אי-אורגניים

הרכב החומרים בגוף

גופם של אורגניזמים מורכב בעיקר ממים ומחומרים אורגניים כגון פחמימות, חלבונים, ליפידים (שומנים) וחומצות גרעין, וכן מכמות קטנה יחסית של חומרים אי-אורגניים כגון יוני סידן, נתרן ומגנזיום. החומרים האורגניים העיקריים בתאי בעלי חיים הם חלבונים וליפידים, ואילו בתאי הצמחים החומר האורגני העיקרי הוא פחמימות. נוסף על החומרים האורגניים שהוזכרו, יש עוד קבוצה של חומרים אורגניים – הוויטמינים, המצויים בגוף בכמות קטנה אך פעילותם חיונית לתפקוד תקין של הגוף ולבריאותו.

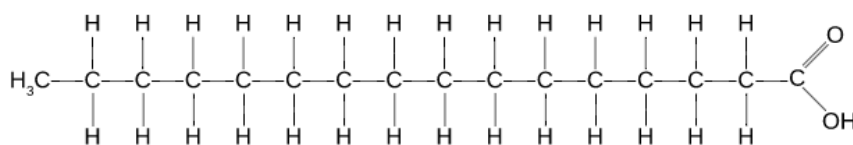
ההרכב הכימי של גוף האדם (באחוזים ממשקל הגוף):



חומרים אורגניים

חומרים אורגניים הם תרכובות שבנויות משלד של אטומי פחמן שאליהם קשורים אטומי מימן ולרוב גם אטומי חמצן. חלק מהחומרים האורגניים כוללים גם אטומים נוספים כגון חנקן, זרחן וגופרית. גודל המולקולות האורגניות הוא מגוון – ממולקולות קטנות כמו מולקולת גלוקוז ועד מולקולות ענק המורכבות מאלפי אטומים כמו מולקולת עמילן.

דוגמה למולקולה של חומר אורגני:



חומצת שומן פלמיתית – חומצת השומן העיקרית בשמן זית

החומרים האורגניים נוצרים בטבע רק באורגניזמים חיים או שהם תוצרי פעילותם של האורגניזמים. הם אינם נוצרים בסביבה הדוממת. כיום מפיקים חומרים אורגניים גם באופן סינתטי (לדוגמה: פלסטיק).

החומרים האורגניים הם מקור לאנרגיה בתאים חיים. כשהמולקולות הללו מתפרקות בתאים בתהליך הנשימה התאית משתחררת אנרגיה המנוצלת לתהליכי החיים של התאים.

חומרים אי-אורגניים

חומרים המורכבים מיסודות שונים ומגוונים שמקורם בסביבה הדוממת כגון מים, פחמן דו-חמצני ומינרלים. המולקולה שלהם בדרך כלל קטנה. הם נוצרים הן בתהליכים בגופם של אורגניזמים והן בטבע הדומם. לדוגמה: פחמן דו-חמצני נוצר בתהליך הנשימה התאית, אך נוצר גם בשריפה של חומרים אורגניים בטבע.

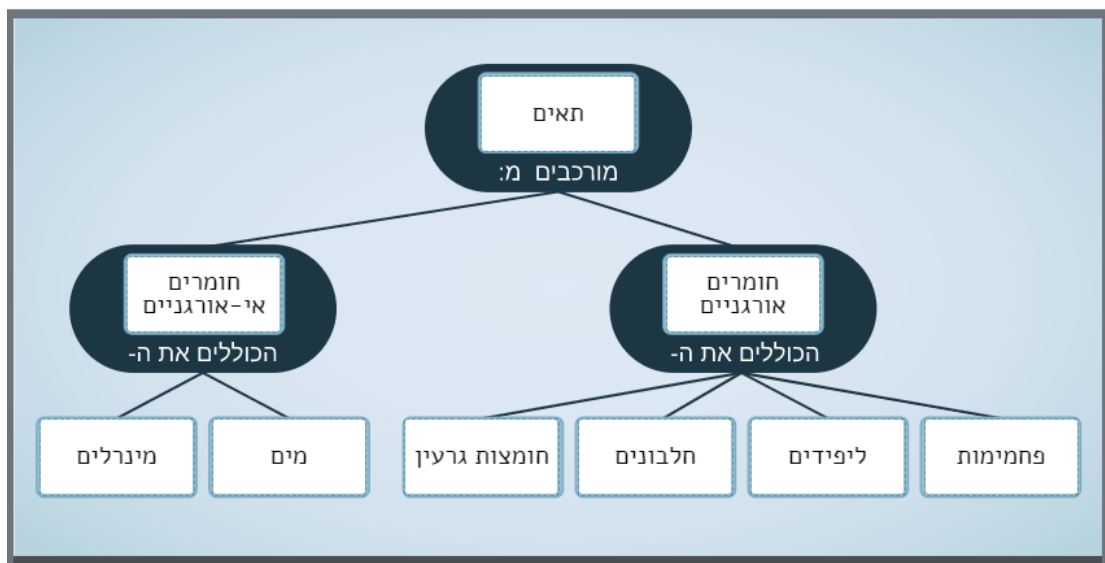
מקור החומרים האורגניים והאי-אורגניים

מקור החומרים המרכיבים את גוף האדם ושאר בעלי החיים הוא במזון ובמים. המזון מורכב מחומרים אורגניים ואי-אורגניים. מלבד המים, המזון כולל בעיקר חומרים אורגניים, והחומרים האי-אורגניים הם רק חלק מזערי ממנו.

חלק ניכר מהמולקולות המרכיבות את המזון הן גדולות ולכן הן אינן מסוגלות לעבור דרך קרומי התאים. במערכת העיכול מתפרקים החומרים האורגניים ליחידות המבנה שלהם, שנספגות אל הדם ומגיעות לתאים.

בתאים מנוצלים החומרים האורגניים הן כמקור לאנרגיה והן כחומרי מוצא לבניית רכיבי התא.

צמחים קולטים מהסביבה חומרים אי-אורגניים ומרכיבים מהם חומרים אורגניים בעזרת אנרגיית אור, וגם בצמחים החומרים האורגניים מנוצלים לבנייה ולהפקת אנרגיה.



ד. מים ומינרלים

מים

החומר האי-אורגני העיקרי המרכיב את גופם של אורגניזמים הוא מים.

למים יש תפקודים חשובים בגופם של אורגניזמים, והעיקריים הם:

המסת חומרים וסיפוק סביבה מימית: המים ממסים חומרים ומשמשים סביבה מימית המאפשרת תנועה של מולקולות, וכך מתאפשרת תנועה של חומרים דרך קרום התא ובתוך התא. גם התהליכים האנזימטיים מתאפשרים בזכות הסביבה המימית כי הם מותנים בתנועת מולקולות המגיבים ומולקולות האנזימים, וביצירת מגע ביניהן.

הובלת חומרים: באורגניזמים רב-תאיים כגון בני אדם, מועברים חומרים ממקום למקום בגוף דרך מערכות הובלה. המים מתאפיינים בצמיגות נמוכה ולכן הם זורמים בקלות אפילו בצינורות הצרים ביותר. כך מתאפשרת הובלה של חומרי מזון וחומרים חיוניים אחרים, וכן הובלה של חומרי פסולת באמצעות הדם, הלימפה והשתן. גם בצמחים המים זורמים בצינורות צרים במערכת ההובלה (עצה ושיפה).

ויסות טמפרטורת הגוף: למים יש תפקיד מרכזי בוויסות טמפרטורת הגוף בבעלי-חיים. המים קולטים את החום במקומות שבהם הוא נוצר בגוף, לדוגמה בשרירים, ומסיעים אותו אל פני השטח של הגוף, ומשם הוא מתפזר דרך העור לסביבה. פיזור עודפי חום נעשה גם באמצעות אידוי מים בזיעה ובאמצעות דרכי הנשימה. אידוי מים בתהליך דיות מונע התחממות יתרה גם בצמחים.

שמירה על סביבה פנימית קבועה: הודות למעבר שלהם דרך קרומי התאים בתהליך אוסמוזה, המים מונעים תנודות חדות בריכוז המומסים וב-pH.

מינרלים

מינרלים הם סוג של חומרים אי-אורגניים שמקורם במחצבים, בקרקע ובמים. חלק מהמינרלים הם מלחים. המלח הנפוץ ביותר בגוף הוא מלח הבישול (NaCl).

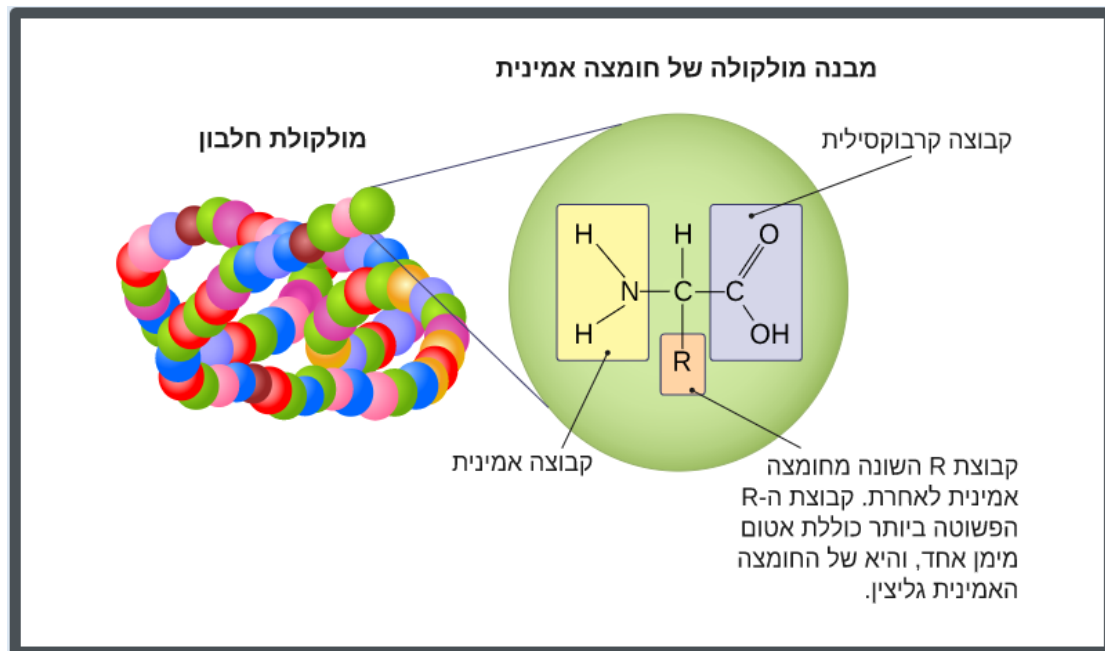
אף על פי שהמינרלים הם רק כ-4% מגוף האורגניזמים, הם חיוניים לקיומם. בעלי-חיים מקבלים אותם דרך מי השתייה ובמזון. צמחים קולטים את המינרלים יחד עם המים, דרך השורשים.

המינרלים ממלאים תפקיד חשוב בכל מיני תהליכים, וכל מחסור בהם עלול להשפיע באופן ניכר על תפקוד הגוף. דוגמאות לתפקודי מינרלים בגוף: ברזל דרוש להרכבת מולקולת ההמוגלובין הנושאת את החמצן לתאים, יוני אשלגן ונתרן מעורבים בהעברת הדחף העצבי, יוני סידן קשורים בבניית עצמות ושיניים, זרחן משתתף בבניית חומצות הגרעין, כלור דרוש להרכבת החומצה המלחית היוצרת סביבה חומצית בקיבה, למינרלים נתרן, אשלגן וכלור יש תפקיד חשוב בוויסות הלחץ האוסמוטי בתאים, ואבץ, מנגן, נחושת וקובלט חיוניים לפעילות אנזימים.

ה. חלבונים

מבנה החלבונים

החלבונים הם חומרים אורגניים המצויים בכל האורגניזמים. מגוון החלבונים בטבע הוא עצום, וכולם בנויים מכ-20 יחידות מבנה – חומצות אמיניות. מולקולות החלבונים הן שרשראות של חומצות אמיניות, והן נבדלות זו מזו בהרכב החומצות האמיניות, ברצף שלהן ובמספר החומצות האמיניות בחלבון אחד (שיכול להגיע לאלפים במולקולה אחת). מגוון האפשרויות לצירופים של 20 החומצות האמיניות בחלבונים שאורכם שונה זה מזה הוא אין סופי, מה שמאפשר את המספר העצום של סוגי חלבונים הקיימים בטבע.



החלבונים נוצרים בריבוזומים, וסדר החומצות האמיניות נקבע על פי המידע הגנטי (DNA). לכל חלבון מבנה מרחבי ייחודי שנוצר עקב כוחות משיכה ואינטרקציות כימיות בין חומצות אמיניות במיקומים שונים במולקולה. תפקוד החלבון תלוי במבנהו המרחבי, ולעיתים די בשינוי בחומצה אמינית אחת (בשל שינוי ב-DNA מוטציה) כדי לגרום לשינוי במבנה המרחבי של החלבון ולפגיעה בתפקודו.

תפקודי החלבונים בתאים

לחלבונים יש חשיבות רבה ביצורים חיים. רוב החלבונים נמנים עם אחת משתי הקבוצות האלה: חלבונים תפקודיים וחלבונים מבניים. החלבונים התפקודיים מעורבים בכל תהליכי החיים: יש חלבונים שהם אנזימים, אחרים קשורים להעברת חומרים בקרומי התאים (תעלות, נשאים ומשאבות), ויש חלבונים שהם קולטנים, הורמונים, נוגדנים וחלבונים כיווץ בשרירים. החלבונים המבניים משמשים לבניית התאים והרקמות, לדוגמה, לבניית שלד התא. הם מצויים גם בנוזלי הגוף. החלבונים הם רוב מסת החלבונים בגוף. בבעלי-חיים, החלבונים מהווים כ-50% ממשקל הגוף בלי המים, ואילו בשיער ובציפורניים הם מהווים קרוב ל-100%.

מקור החלבונים בתאי בעלי-חיים הוא במזון. במערכת העיכול מתפרקים החלבונים לחומצות אמיניות שיכולות לעבור דרך קרומי התאים. החומצות האמיניות נספגות אל הדם ומועברות ממנו אל כל תאי

הגוף. בתאי הגוף נבנים מהחומצות האמיניות חלבונים שונים לפי המידע התורשתי, ובהתאם לצורכי התאים.

דנטורציה

כאשר חלבונים נחשפים לתנאי סביבה קיצוניים כמו טמפרטורות גבוהות, חומצות חזקות או מטען חשמלי, חל אצל מרביתם הרס של המבנה המרחבי. התהליך הזה נקרא דנטורציה. בתהליך הדנטורציה מתרופפים כוחות המשיכה שיש בין חומצות אמיניות שונות במולקולת החלבון, שגרמו להתקפלותו למבנהו המרחבי הייחודי, ועקב כך המולקולה "נפתחת ומתיישרת" ומאבדת את המבנה המרחבי הטבעי שלה, ובמקרים רבים היא מאבדת בשל כך את תפקודה הביולוגי. בתרשים מתואר באופן סכמתי תהליך דנטורציה של חלבון:



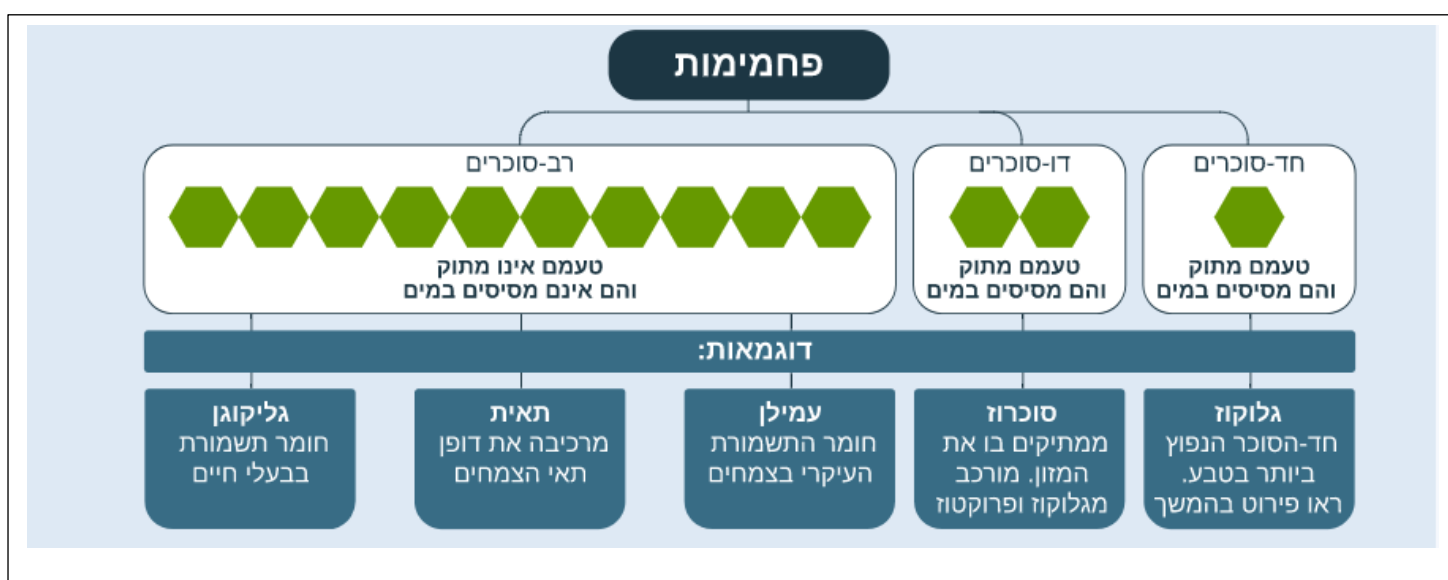
שינויים במבנה המרחבי של החלבונים עלולים לפגוע בפעילותם ולהסב נזק חמור לתאים. לכן לדוגמה, עלייה דרסטית בטמפרטורת הגוף (המכונה מכת-חום) עלולה לגרום למוות. בתאים של כל היצורים החיים יש מנגנונים הפועלים למניעת שינויים חדים בתנאי הסביבה, ולשמירת ההומיאוסטזיס. תנאי סביבה יציבים מסייעים לפעילות התקינה של החלבונים. לדוגמה, יש בתאים מערכות חומרים הנקראות מערכות בופר, המונעות שינוי ברמת ה-pH. יכולת השמירה על הומיאוסטזיס מתקיימת בתנאי שהשינויים בסביבה אינם קיצוניים.

1. פחמימות

סוגי הפחמימות

הפחמימות הן התרכובות האורגניות הנפוצות ביותר מבין החומרים האורגניים על פני כדור הארץ, והן מורכבות מן היסודות פחמן, מימן וחמצן.

מחלקים את הפחמימות ל-3 קבוצות עיקריות: חד-סוכרים, דו-סוכרים ורב-סוכרים.



שלושת הרב-סוכרים הנפוצים בטבע הם: תאית שמרכיבה את דופן תאי הצמחים, ועמילן וגליקוגן שהם חומרי תשמורת. שלושתם בנויים מיחידות רבות של גלוקוז המתחברות לשרשרת, אולם מספר ההסתעפויות של השרשרת ומיקומן שונה, ולכן החומרים שונים.

תכונות הפחמימות

מתיקות: החד-סוכרים והדו-סוכרים הם בעלי טעם מתוק, הרב-סוכרים חסרי טעם מתוק.

מסיסות: החד-סוכרים והדו-סוכרים מסיסים במים, הרב-סוכרים אינם מסיסים במים.

מעבר דרך קרומים: החד-סוכרים עוברים דרך קרומי תאים, הדו-סוכרים והרב-סוכרים אינם עוברים דרך קרומי התאים.

תפקודי הפחמימות בתאים

מקור לאנרגיה: הפחמימות מהוות באדם ובמרבית בעלי החיים את מקור האנרגיה העיקרי. רוב הפחמימות שבמזון מתפרקות בתאים בתהליך הנשימה, ומספקות אנרגיה זמינה לתהליכי החיים. גם בצמחים, חלק גדול מהגלוקוז המיוצר בפוטוסינתזה מתפרק בתהליך הנשימה התאית.

חומר מוצא לבניית חומרים המשמשים לבניית התאים ולתפקודם

בנוסף, הפחמימות משמשות חומר מוצא לסינתזה של חומרים המשמשים לבניית התאים ולתפקודם. לדוגמה, אחד ממרכיבי הנוקליאוטידים הבונים את ה-DNA הוא חד-סוכר שנקרא דיאוקסי-ריבوز.

חומרי תשמורת: חומרי תשמורת הם חומרים הנאגרים ברקמות מסוימות לשימוש עתידי. בעת הצורך הם מתפרקים ליחידות המבנה שלהם, המנוצלות לנשימה תאית ולבנייה. עמילן וגליקוגן הם חומרי תשמורת. גם מולקולות העמילן וגם מולקולות הגליקוגן הן שרשראות מסועפות שיוצרות יחד מבנה כדורי שתופס מקום מועט, ולכן מתאים לשמש כחומר תשמורת.

סיבים תזונתיים: תאית היא רב-סוכר שמרכיב את דופנות תאי הצמחים. המולקולה שלה מורכבת משרשראות גלוקוז שנקשרות ביניהן ויוצרות מבנה של סיבים חזקים המקנה חוזק וגמישות לדופנות התאים.

למרבית האורגניזמים, כולל האדם, אין במערכת העיכול את האנזים הדרוש לפירוק התאית, ולכן היא אינה מתעכלת ויוצאת כמות שהיא בצואה, אולם סיבי התאית מסייעים בפעולת העיכול.

ו. ליפידים

הליפידים (הנקראים בשפת היום-יום שומנים) כוללים כמה קבוצות של חומרים: טריגליצרידים, פוספוליפידים, סטרולים ועוד. המשותף לכל קבוצות הליפידים הוא שהם אינם מסיסים במים אלא הידרופוביים (= "פוחדים ממים").

תפקודי הליפידים

לליפידים יש תפקידים מגוונים, וביניהם:

חומר תשמורת ומקור לאנרגיה: אחרי הפחמימות, הליפידים הם החומר העיקרי שמתפרק בתהליך הנשימה התאית.

מאגר אנרגיה: ליפידים (בעיקר טריגליצרידים) הם חומר התשמורת העיקרי בבעלי חיים ובצמחים מסוימים. הערך האנרגטי שלהם גדול פי שניים מהערך האנרגטי של הפחמימות, ולכן מאגר קטן יותר של שומן ייתן אותה כמות אנרגיה כמו מאגר של גליקוגן או עמילן ששוקל הרבה יותר.

באדם ובבעלי חיים אחרים, מרבית הטריגליצרידים נאגרים כטיפות בציטופלזמה של תאי שומן. בעת מחסור במזון הם מתפרקים לגליצרול ולחומצות שומניות המועברים באמצעות מערכת הדם אל תאי הגוף ומנוצלים בהם לנשימה תאית. גם בצמחים מסוימים ליפידים מהווים חומר תשמורת, לדוגמה בזרעי חמנייה.

חומרי הגנה ובידוד: שכבות השומן מבודדות מן הסביבה ומקטינות את איבוד החום אליה, וכן מרפדות את הגוף ומספקות לו הגנה מפני פגיעות מכניות.

מרכיבים של קרום התא: הפוספוליפידים משמשים מרכיב עיקרי בקרומי התאים והקרומים התוחמים את אברוני התא.

חומרי מוצא לבניית חומרים שונים באורגניזמים.

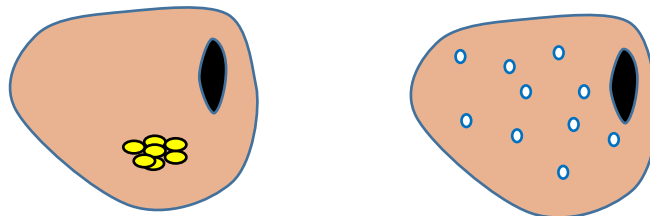
ו. חומרי תשמורת

חומרי תשמורת הם חומרים בעלי ערך אנרגטי גבוה שנוצרים בצמחים ובבעלי חיים ונאגרים ברקמות מיוחדות. בעת הצורך הם מתפרקים ליחידות המבנה שלהם שמוצלות בעיקר כמקור לאנרגיה; הן מתפרקות בתהליך הנשימה התאית, והאנרגיה המשתחררת מנוצלת לתהליכי החיים השונים.

חומרי התשמורת העיקריים בטבע: חומר התשמורת העיקרי בבעלי חיים הוא שומן. בנוסף, גליקוגן נאגר בתאי הכבד והשרירים. בצמחים חומר התשמורת העיקרי הוא עמילן. יש צמחים שאוגרים ליפידים (שומנים), בעיקר בזרעים.

חומרי התשמורת אינם מסיסים במים

תכונה זו מאפשרת אגירתם בתאים בכמויות גדולות בלי שריכוז המומסים בתאים יעלה. עלייה בריכוז המומסים בתאים האוגרים הייתה גורמת לחדירת מים אליהם מהתאים השכנים ומהנוזל הביו-תאי, ובמקרה של תאי בעלי חיים, הדבר היה עלול לגרום להתפוצצות התאים (ראו הרחבה על כך ביחידת הלימוד על אוסמוזה בפרק: קרום התא).



חומר שאינו מסיס במים

אינו מתפזר במים כמולקולות בודדות, אלא בגושים של מולקולות רבות יחד. כך שטח המגע שלו עם המים הוא הקטן ביותר.

חומר מסיס במים

מתפזר במים כמולקולות בודדות, ולכן גורם לעליית ריכוז החומרים המומסים בתא.

סיכום פרק קרום התא ומעבר חומרים דרכו

תכנית הלימודים:

רעיון מרכזי: קרום התא (ממברנה) מפריד בין הסביבה הפנימית לסביבה החיצונית של התא, דרכו מתקיים מעבר דו כיווני של חומרים.

בתוך תא אאוקריוטי יש קרומים התוחמים אברונים ויוצרים מידור בתא.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים
<u>מעבר חומרים אל התא וממנו (8-10 שעות)</u> -קרום התא, הוא מבנה דינמי, המאפשר קיום סביבה פנימית יציבה השונה מן הסביבה החיצונית של התא. -מבנה קרום התא והתאמה לתפקוד. -דרכים למעבר חומרים דרך קרום התא. -קליטת אותות מהסביבה החיצונית אל תוך התאים נעשית דרך קרום התא.	איזוטוני, בררנות, הומאוסטזיס, היפוטוני, היפרטוני, חדירות הקרום. חלבונים, משאבות, נשאים פוספוליפידים, קולטנים, תעלות. אוסמוזה, אנדוציטוזה, אקסוציטוזה, דיפוזיה, דפלסמוליזה, העברה פעילה, מפל ריכוזים, פלסמוליזה. קולטנים יחודיים
המידור בתא מאפשר פעילות מגוונת וקיום סביבות שונות בתוך התא ובתוך האברונים השונים.	כלורופלסטידות, מיטוכונדריה

סיכומים על פרק קרום התא ומעבר חומרים דרכו:

א. מבנה הקרום ותפקודיו

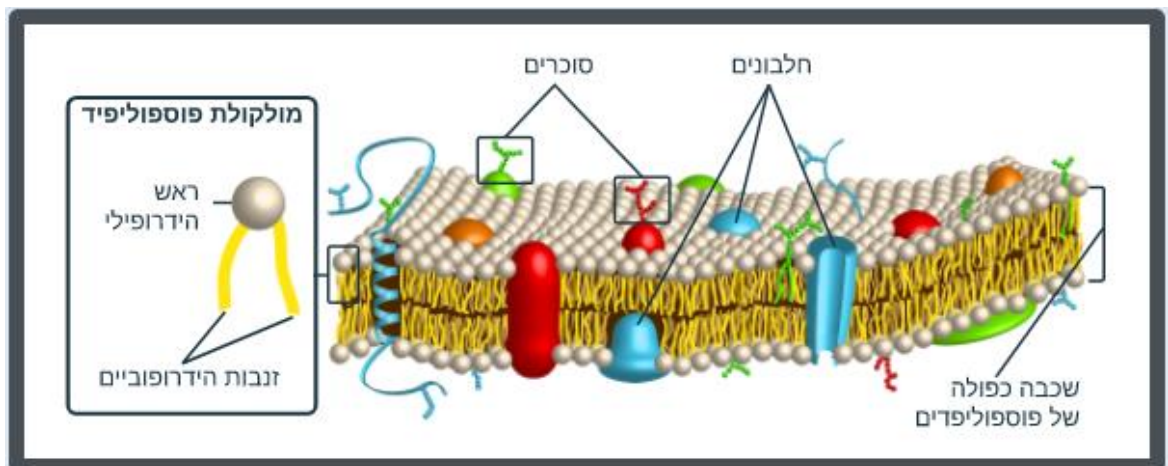
ב. מעבר מומסים דרך קרום התא – דיפוזיה והעברה פעילה

ג. מעבר מים דרך קרום התא – אוסמוזה

א. מבנה הקרום ותפקודיו

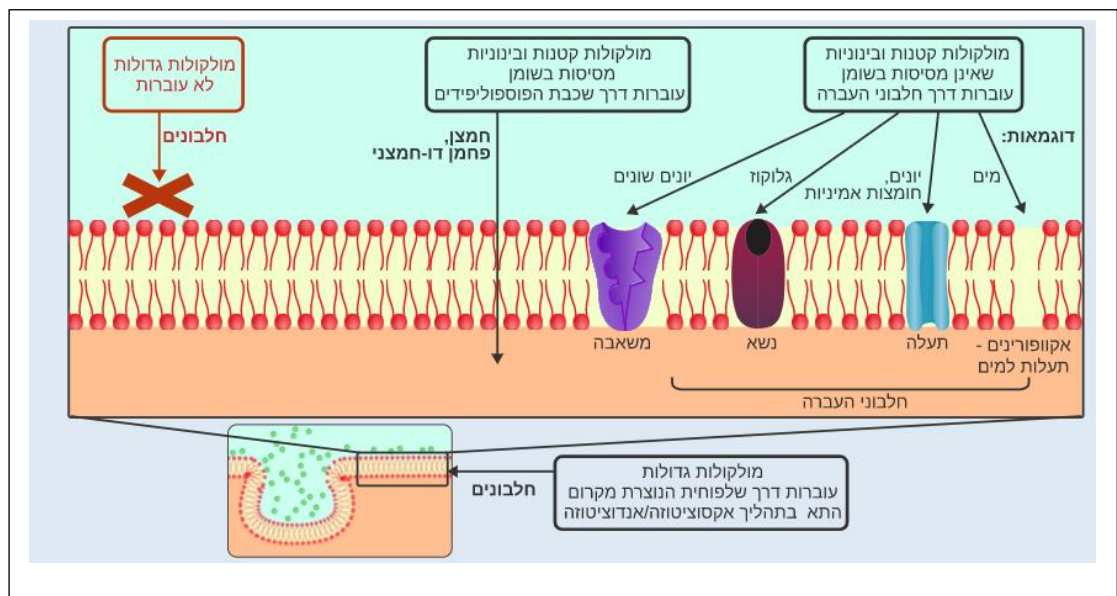
מבנה הקרום

המבנה הבסיסי של קרום התא הוא שכבה כפולה של פוספוליפידים. 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 תפקודים אחרים: קולטנים להורמונים, אנזימים ועוד. סוכרים הקשורים לחלבונים או לפוספוליפידים הם "טביעות האצבע" של התא (ולפיהם תאי הדם הלבנים מזדהים את התא כתא עצמי ולא תוקפים אותו).



מעבר חומרים דרך הקרום

קרום התא הוא בררני, כלומר לא כל החומרים עוברים דרכו. מולקולות גדולות מאוד כגון חלבונים אינן עוברות דרכו, למעט מעבר דרך שלפוחיות גדולות הנוצרות מקרום התא בתהליך הנקרא אקסוציטוזה או אנדוציטוזה. 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 וחמן 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). 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 – נדון בכך ביחידות הלימוד: דיפוזיה והעברה פעילה).

קרומי האברונים מאפשרים **מידור בתאים אאוקריוטיים**: האברונים השונים בתאים האאוקריוטיים מוקפים בקרום בררני בעל מבנה בסיסי הדומה לקרום התא. הקרום הזה חוצץ בין האברונים ובין הציטופלסמה. הקרום מאפשר יצירת תנאי סביבה שונים בתוך כל אחד מהאברונים, ותנאים השונים מהתנאים השוררים בציטופלסמה. המידור בתא מיעיל את פעילותו – לכל מדור יש מבנה המותאם לפעילותו, נמצאים בו האנזימים ושאר החומרים הדרושים, ושוררים בו תנאים המתאימים לפעילות שבה הוא מתמחה.

דרך הקרום נקלטים אותות מהסביבה החיצונית

תקשורת תאים עם סביבתם מתבצעת לעתים באמצעות חלבונים בשם קולטנים (רצפטורים) המצויים בקרום התא ובולטים מצדו החיצוני. אל הקולטנים נקשרים באופן ייחודי חומרים מסוימים כגון הורמונים. הקישור מעורר תגובה בתוך התא, לדוגמה: חלוקת התא. התקשורת עם הסביבה חיונית לתפקודם התקין של התאים ולשמירת ההומיאוסטזיס בהם.

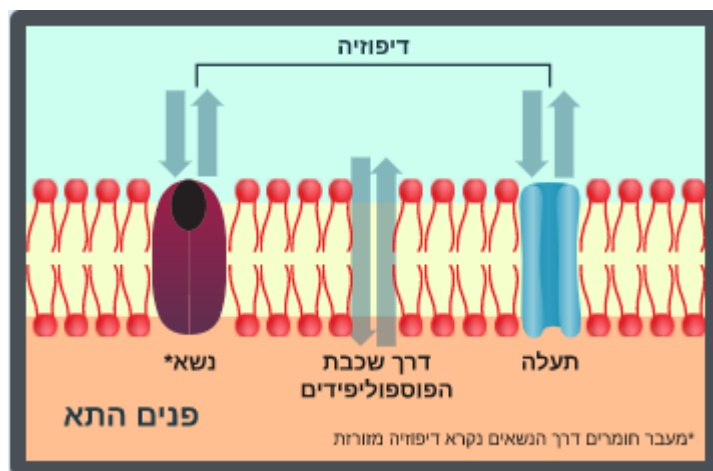
מונחים מהסילבוס: חדירות הקרום, חלבונים, משאבות, נשאים, פוספוליפידים, קולטנים ייחודיים, תעלות, הומיאוסטזיס.

ב. מעבר מומסים דרך הקרום – דיפוזיה והעברה פעילה

דיפוזיה

דיפוזיה היא מעבר של חומר בכיוון מפל הריכוזים שלו, כלומר ממקום שבו ריכוז החומר גבוה למקום שבו ריכוז החומר נמוך. בהיעדר השפעות אחרות, תהליך הדיפוזיה גורם לפיזור שווה של מולקולות החומר בכל חלקי התמיסה, כלומר למצב של שוויון ריכוזים. מולקולות כל החומרים נעות בתנועה אקראית והדיפוזיה נובעת מתנועה זו. הדיפוזיה היא תהליך פסיבי, כלומר היא מתרחשת באופן ספונטני בלי צורך בהשקעת אנרגיה.

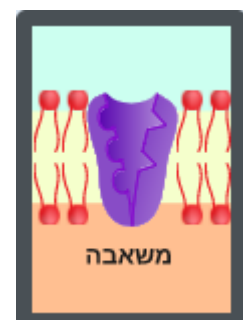
מעבר של חומרים בתהליך דיפוזיה מתרחש דרך שלושה מרכיבים של הקרום: דרך שכבת הפוספוליפידים עוברים חומרים מסיסים בשומן כגון חמצן ופחמן דו-חמצני, ודרך התעלות והנשאים עוברים חומרים מסיסים במים שאינם מסיסים בשומן, כגון גלוקוז, העובר דרך נשאים, ויוני נתרן וחומצות אמיניות העוברים דרך תעלות.



העברה פעילה (אקטיבית)

דרך משאבות:

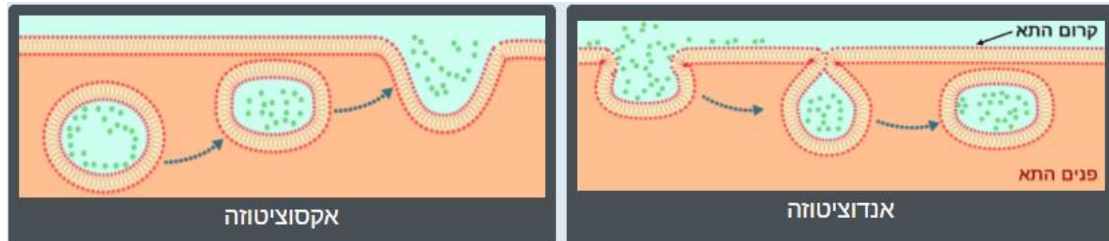
העברה פעילה (אקטיבית) היא העברה של חומר כנגד מפל הריכוזים שלו, כלומר מריכוז נמוך לריכוז גבוה. ההעברה הזאת נעשית באמצעות משאבות שהן סוג של חלבונים מעבר המצויים בקרום התאים. לצורך פעילות המשאבות נדרשת השקעת אנרגיה שמקורה בתהליך הנשימה התאית (אנרגיה מפירוק ATP).



בתהליך אקסוציטוזה/אנדוציטוזה:

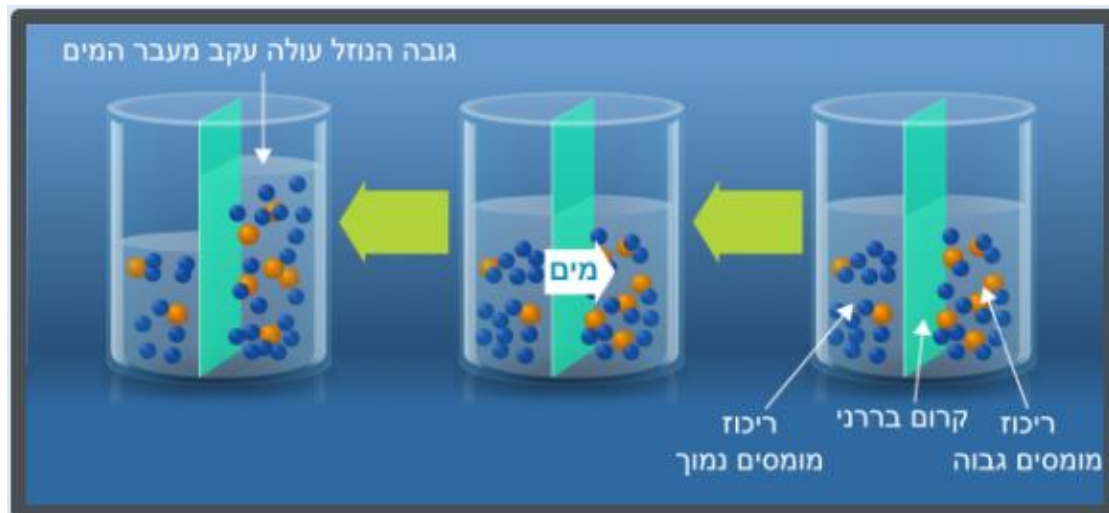
אקסוציטוזה ואנדוציטוזה הן מנגנון נוסף של העברה אקטיבית באמצעות שלפוחיות הנוצרות מקרום התא, ניתקות ממנו ושוקעות אל תוך התא (אנדוציטוזה), או מגיעות מפנים התא, מתאחות עם הקרום, נפתחות כלפי חוץ ומשחררות את תכולתן החוצה. מנגנון זה מאפשר הכנסה של מולקולות גדולות, כמו חלבונים, ואף חלקיקים גדולים* מהן – לתוך התא, או הוצאה שלהם מחוץ לתא.

* לדוגמה בליעה של חיידקים על ידי תאי דם לבנים בלעניים.



ג. מעבר מים דרך קרום התא – אוסמוזה

תהליך האוסמוזה הוא תנועה של מולקולות מים דרך קרום בררני, ממקום שבו ריכוז המומסים נמוך למקום שבו ריכוז המומסים גבוה. ריכוז המומסים של תמיסה הוא מעין תמונה משלימה לריכוז המים שבה: כשריכוז המומסים גבוה – ריכוז המים נמוך ולהיפך. במילים אחרות, בתהליך אוסמוזה המים עוברים ממקום שבו ריכוזם גבוה, למקום בו ריכוזם נמוך. כלומר, האוסמוזה היא מקרה פרטי של דיפוזיה.



תנועת מולקולות המים היא אקראית (כלומר אינה מכוונת לכיוון מסוים), אולם ההסתברות למעבר של מולקולות מים ממקום שריכוז המומסים נמוך למקום שריכוז המומסים גבוה, גדולה יותר מאשר ההסתברות למעברן בכיוון ההפוך, ולכן בתהליך האוסמוזה תנועת המים נטו היא ממקום שריכוז המומסים נמוך למקום שריכוז המומסים גבוה. תהליך האוסמוזה הוא תהליך סביל (פסיבי), והוא מתרחש באופן ספונטני ("מעצמו") בלי צורך בהשקעת אנרגיה.

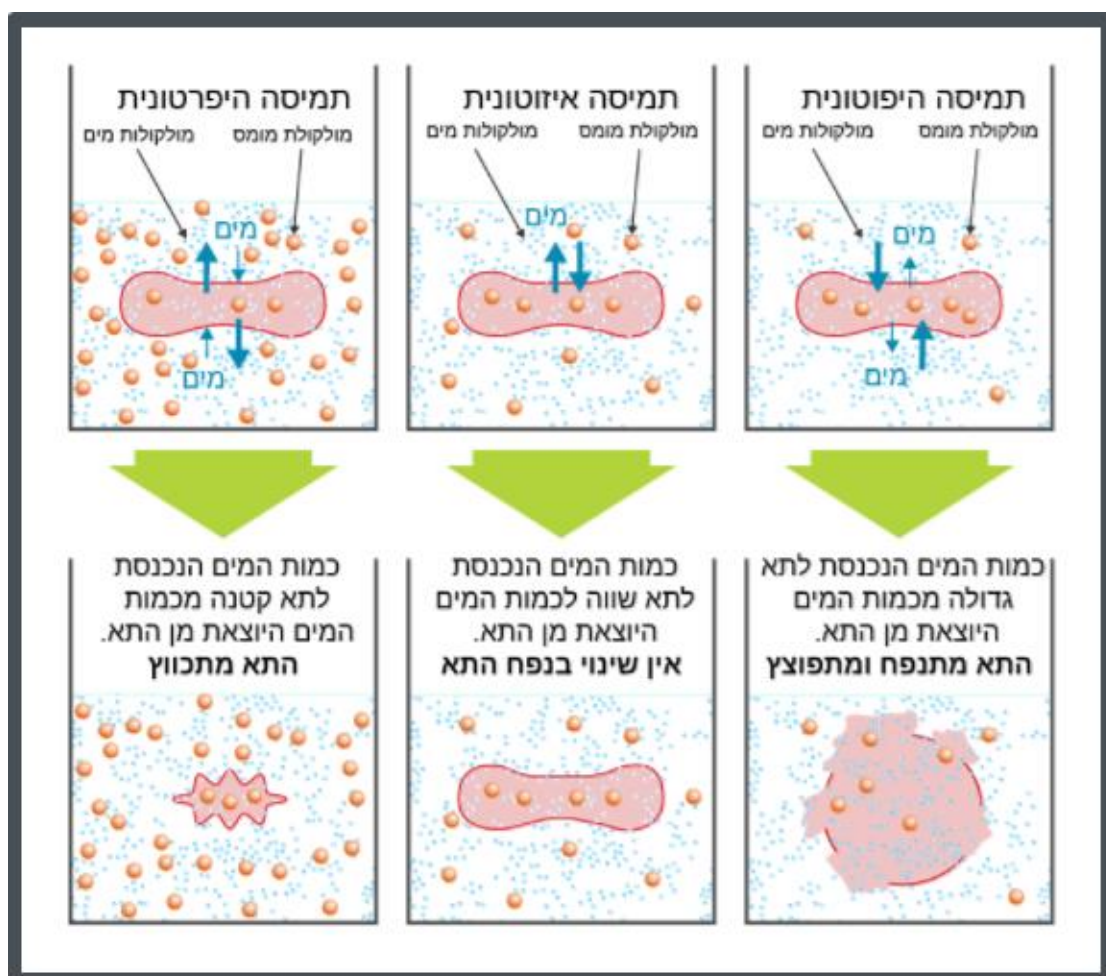
אוסמוזה בין התאים לסביבתם

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.

מעבר המים אל התאים או מהם החוצה תלוי ביחס בין ריכוז המומסים בתוך התאים וריכוז המומסים בסביבת התאים. שלושה מונחים משמשים לתיאור היחס הזה:
תמיסה **היפוטונית** (היפו = נמוך, מעט): תמיסה שריכוז המומסים בה נמוך מריכוז המומסים בתא.
תמיסה **איזוטונית** (איזו = שווה): תמיסה שריכוז המומסים בה שווה לריכוז המומסים בתא.
תמיסה **היפרטונית** (היפר = גבוה, הרבה): תמיסה שריכוז המומסים בה גבוה מריכוז המומסים בתא.

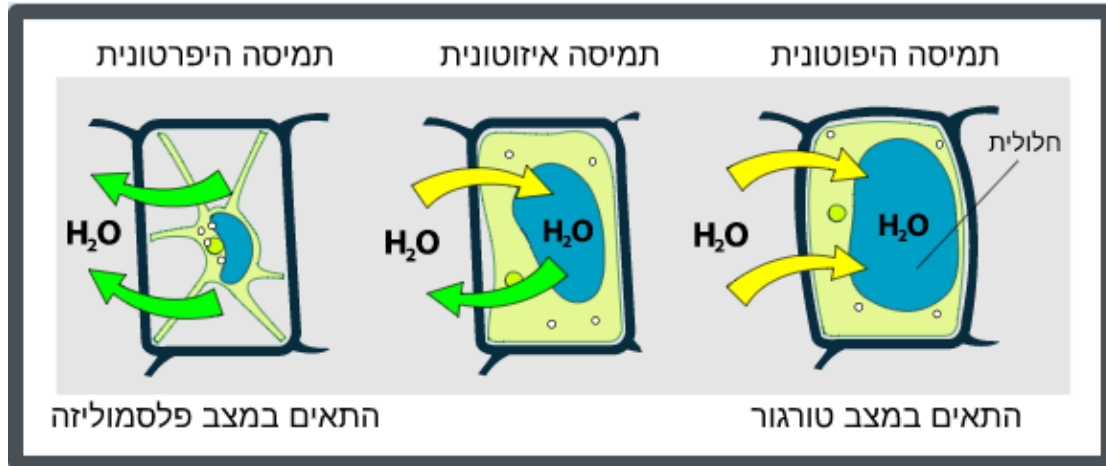
אוסמוזה בתאי בעלי-חיים

בתרשים מתוארים שינויים בנפח תאי בעל חיים (לדוגמה תאי דם אדומים) בתמיסות בריכוזים שונים:



אוסמוזה בתאי צמחים

בתאי צמחים, יש מסביב לקרום דופן עבה המאפשרת כניסת מים רק עד גבול מסוים בסביבה היפוטונית ולכן מונעת את התפוצצות התא. יציאת המים בסביבה היפרטונית גורמת לתופעת הפלסמוליזה - הינתקות קרום התא מהדופן, התכווצות והתרכזות תוכן התא במרכז התא. הפלסמוליזה היא תהליך הפיך: אם מעבירים את התאים במצב פלסמוליזה לתמיסה היפוטונית, לדוגמה, למים מזוקקים, יכנסו אליהם מים והם יתנפחו ויחזרו למצב טורגור. תהליך זה נקרא דפלסמוליזה.



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 בדם. תגובת המנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס (ירידה בהפרשת ההורמון ADH וכתוצאה מכך הקטנת הספיגה החוזרת של מים בכליות והפרשת כמות גדולה של שתן שריכוזו נמוך) גורמת לעלייה בריכוז המומסים בדם לערך תקין, וכך נמנעת סכנת התנפחות והתפוצצות של תאי הדם.

אכילת מלחים וספיגתם לדם גורמת לעלייה בריכוז המומסים בדם. תגובת המנגנונים לשמירת ההומיאוסטזיס (עלייה בהפרשת ההורמון ADH וכתוצאה מכך הגברת הספיגה החוזרת של מים אל הדם ונוסף לכך, הפעלת מנגנונים הורמונליים אחרים) גורמת לירידה בריכוז המומסים בדם לערך תקין, וכך נמנעת סכנת התכווצות של תאי הדם.

מונחים מהסילבוס: אוסמוזה, אנדוציטוזה, אקסוציטוזה, דיפוזיה, דפלסמוליזה, העברה פעילה, מפל ריכוזים, פלסמוליזה, איזוטוני, היפוטוני, היפרטוני, הומיאוסטזיס.

סיכום פרק: הזנה, פוטוסינתזה ונשימה תאית

תכנית הלימודים:

רעיון מרכזי: בתאים מתקיימים תהליכים כימיים של פירוק, בנייה ושינוי – חילוף חומרים (מטבוליזם). התהליכים הכימיים ביצור החי מזורזים על ידי אנזימים.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים	הערות
חילוף חומרים ושינויים אנרגטיים (9-10 שעות) -מקור החומרים המשמשים לתהליכי חילוף החומרים הוא הזנה הטרטרופית או אוטוטרופית. -תהליך הפוטוסינתזה כתהליך המרת אנרגיית אור לאנרגיה כימית, הניתנת לניצול על ידי יצורים חיים. -הנשימה התאית כתהליך אנזימטי רב-שלבי, שבו מופקת אנרגיה כימית, המשמשת לביצוע כל תהליכי החיים בתא. -חשיבות ה-ATP כמתווך בתהליכים צורכי אנרגיה כגון העברה פעילה, ושינויים כימיים	כלורופיל, כלורופלסטידות. אנרגיית חום, גליקוליזה, חד-10, מיטוכונדריה, נשימה אירובית, תסיסה, פוספט (זרחת), ADP, ATP.	בהוראת הנושא יש להתייחס לשני שלבים עיקריים: 1. שלב הגליקוליזה. 2. שלב נשימה תאית אווירנית (אירובית). בכל שלב יש להתייחס למגיבים, לתוצרים ולרווח אנרגטי יחסי. תסיסה לקטית ותסיסה כוהלית –יש להתייחס למגיבים, לתוצרים ולרווח אנרגטי.

סיכומים על פרק הזנה, פוטוסינתזה ונשימה תאית:

א. הזנה אוטוטרופית והטרטרופית

ב. פוטוסינתזה

ג. השוואה בין פוטוסינתזה לנשימה תאית

ד. נשימה תאית אירובית

ה. תסיסה

א. הזנה אוטורופית והטרורופית

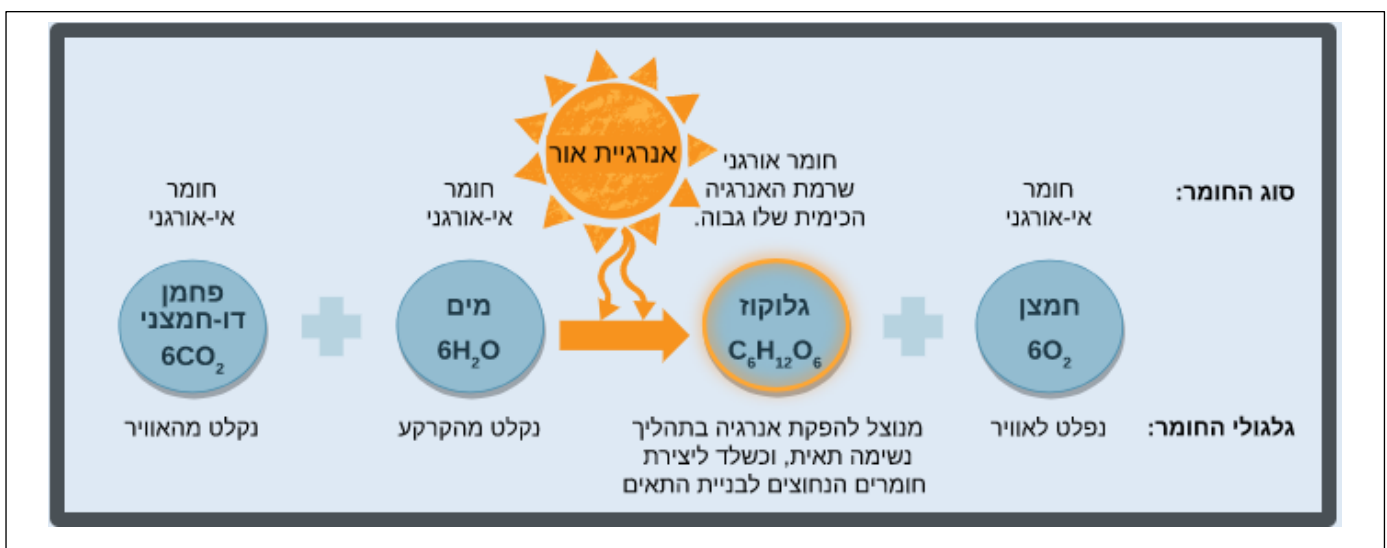
כל אורגניזם חי זקוק לחומרים אורגניים כדי לחיות. החומרים האורגניים מנוצלים משמשים לבניית התאים, וכמקור לאנרגיה המשתחררת בתהליך הנשימה התאית.

אולם האורגניזמים נבדלים בדרך הזנתם, כלומר באופן שבו הם משיגים חומרים אורגניים, יש כאלה המייצרים אותם בעצמם ונקראים אוטורופיים, ויש כאלה שצריכים לקבל אותם במזון ונקראים הטרורופיים.

הטרורופיים	אוטורופיים	
אורגניזמים שאינם מסוגלים לייצר חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים, והם מקבלים את החומרים האורגניים במזון – על ידי אכילת אורגניזמים אחרים או על ידי אכילת שרידי אורגניזמים מן הסביבה.	אורגניזמים הקולטים מהסביבה חומרים אי-אורגניים ובונים מהם חומרים אורגניים. רוב האוטורופיים מייצרים חומרים אורגניים תוך ניצול אנרגיית האור בתהליך פוטוסינתזה.	הגדרה:
הטרו = שונה, טרופי = ניזון, כלומר ניזונים מאחרים.	אוטו = עצמי, טרופי = ניזון, כלומר מייצרים את מזונם בעצמם.	מקור השם הוא בשפה היוונית:
האורגניזמים ההטרורופיים הם בעלי חיים, פטריות, אורגניזמים חד-תאיים ורוב מיני החיידקים.	האורגניזמים האוטורופיים הם צמחים, אצות, אורגניזמים חד-תאיים ירוקים מסוימים, וקבוצות של חיידקים.	נמנים עליהם:

ב. פוטוסינתזה

בתהליך הפוטוסינתזה נוצר חומר אורגני עתיר אנרגיה – גלוקוז, מחומרים אי-אורגניים פשוטים – פחמן דו-חמצני ומים. בתהליך מנוצלת אנרגיית השמש, המומרת לאנרגיה כימית, האצורה בחומרים האורגניים.



התהליך מתקיים באברונים ייחודיים לקיום התהליך הנקראים כלורופלסטים. בכלורופלסטים מצוי הכלורופיל, שהוא פיגמנט ירוק המקנה לעלים ולגבעולים את הצבע הירוק.

הכלורופיל הוא הפעיל בבליעת אנרגיית האור ובניצולו בתהליך הפוטוסינתזה. תהליך בליעת האור הוא השלב הראשון בתהליך הפוטוסינתזה.

הגלוקוז הנוצר בפוטוסינתזה מנוצל לבנייה ולנשימה תאית: הוא משמש כשלד לבניית חומרים אורגניים אחרים הנחוצים לבניית תאי הצמח, והעודפים הופכים לחומרי תשמורת כגון עמילן. חלק מהגלוקוז מתפרק בתהליך הנשימה התאית המתרחש בתאי הצמח (בציטופלסמה ובמיטוכונדריה). בתהליך משתחררת אנרגיה המנוצלת לצורכי החיים של התאים (מנוצלת לבניית ATP).

בעלי החיים הניזונים מהצמחים במישרין (הצמחונים) ובעקיפין (הטורפים) וכן המפרקים (חיידקים ופטריות), מנצלים את החומרים האורגניים המרכיבים את תאי הצמחים לאותם צרכים/שימושים: בנייה והפקת אנרגיה, כלומר, החומר האורגני הנוצר בתהליך הפוטוסינתזה הוא הבסיס והתנאי לקיומם של כמעט כל האורגניזמים בעולם.

ג. נשימה תאית אירובית

מקור האנרגיה לתהליכי החיים הוא בפירוק חומרים אורגניים עתירי אנרגיה בתהליך הנשימה התאית.

בתהליך הנשימה התאית האווירנית מתפרק גלוקוז 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.

החומר העיקרי המתפרק בנשימה הוא גלוקוז, אך גם פחמימות אחרות, שומנים וחלבונים יכולים להיות מקור לאנרגיה.

ATP - מתווך במעברי אנרגיה התאים

מעבר האנרגיה בין תהליכי הנשימה התאית לתהליכים צורכי אנרגיה בתא נעשה בעזרת מולקולה מתווכת הנקראת ATP (אדנוזין-טרי-פוספט). ה-ATP הוא מתווך האנרגיה העיקרי בתאים של מרבית האורגניזמים הקיימים בעולם.

כשליש מהאנרגיה הנפלטת בתהליך מנוצל ליצירת ATP מ-ADP ומ-Pi. כשני שלישים מהאנרגיה המשתחררת נפלטת כאנרגיית חום.

האנרגיה הנפלטת מפירוק הגלוקוז מנוצלת ליצירת מולקולות ATP מ-ADP ו-Pi. מולקולות ה-ATP מתפזרות בתא, וכאשר הן מתפרקות ל-ADP (אדנוזין די-פוספט) ו-Pi, משתחררת אנרגיה המנוצלת לתהליכים צורכי אנרגיה.

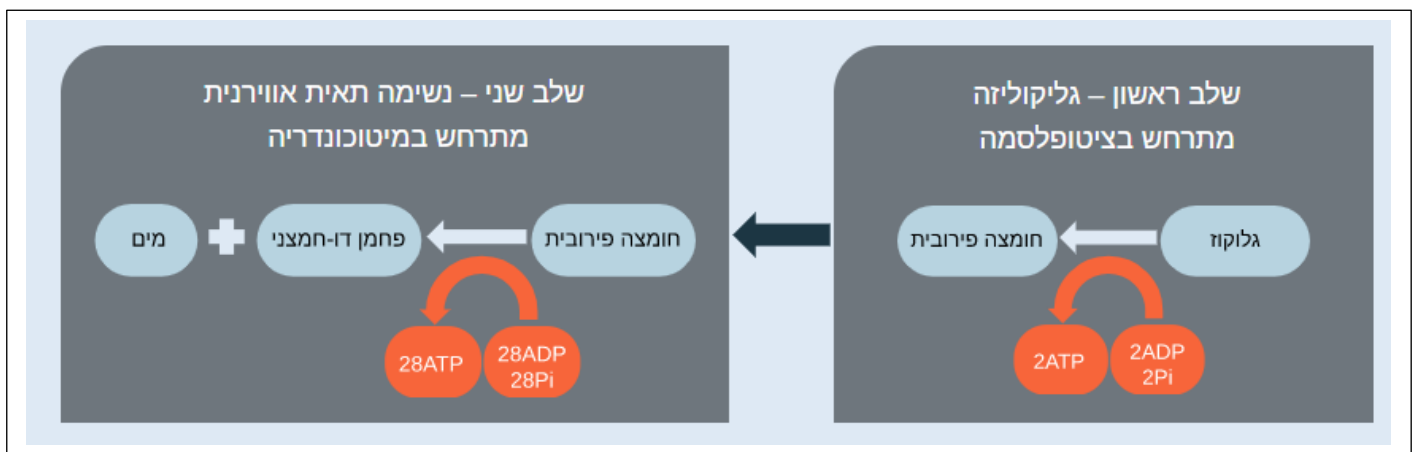


חלקו הראשון של תהליך הנשימה התאית מתרחש בציטופלזמה ונקרא גליקוליזה. במהלכו מתפרקת מולקולת הגלוקוז לשתי מולקולות של חומצה פירובית ומופקות נטו שתי מולקולות של ATP* – רווח אנרגטי קטן. (*בתהליך נוצרות 4 מולקולות של ATP, אולם שתיים מושקעות בהנעת התהליך, ולכן הרווח נטו הוא של שתי מולקולות של ATP).

חלקו השני של התהליך, החלק האירובי שבו משתתף החמצן, מתרחש במיטוכונדריה (ובתאים פרוקריוטים הוא מתרחש בקרום התא). החומצה הפירובית נכנסת למיטוכונדריה ומתפרקת.

בשלבים הסופיים משתתף החמצן. מהתרכבותו עם אטומי מימן שמקורם בגלוקוז נוצרות מולקולות של מים. הרווח האנרגטי בשלב זה גדול: מכיוון שהחומצה הפירובית מתפרקת לחומרים שרמת האנרגיה שלהם נמוכה (פחמן דו-חמצני ומים), נפלטת כמות אנרגיה גדולה המספיקה לייצור כ-28 מולקולות ATP* נוספות. כלומר, בשלב השני של הנשימה הרווח האנרגטי גבוה.

בסך הכל בעזרת האנרגיה הנפלטת מפירוק מולקולת גלוקוז אחת מיוצרות כ-30 מולקולות של ATP, אולם יש לציין שמדובר ברווח נטו. (הרחבה: באופן תיאורטי האנרגיה המשתחררת מפירוק מולקולת גלוקוז אחת מספיקה ליצירת 38 מולקולות של ATP, אולם התהליך אינו כה יעיל ובפועל נוצרות פחות מולקולות, בנוסף, יש השקעה של שתי מולקולות של ATP להנעת תהליך הגליקוליזה, לכן, בסך הכל, הרווח האנרגטי בכל התהליך הוא של כ-30 מולקולות של ATP).



מונחים (מהסילבוס): אנרגיית חום, גליקוליזה חד-סוכר, מיטוכונדריה, נשימה אירובית, פוספט (זרחה), ADP, ATP.

ג. השוואה בין תהליך הפוטוסינתזה ותהליך הנשימה התאית

קריטריון	תהליך הנשימה התאית	תהליך הפוטוסינתזה
תפקודו בתאי הצמח	הפקת אנרגיה	יצירת חומרים אורגניים
זמן התרחשות התהליך לאורך היממה	לאורך כל היממה	רק ביום
מקום התרחשות התהליך בתא	ציטופלסמה ומיטוכונדריה	כלורופלסט
המגיבים בתהליך	גלוקוז וחמצן	פחמן דו-חמצני ומים
התוצרים הסופיים בתהליך	פחמן דו-חמצני ומים	גלוקוז וחמצן
האורגניזמים המבצעים את התהליך	צמחים ובעלי חיים	צמחים
מקור האנרגיה לתהליך	חומרים אורגניים	אנרגיית אור

היחס בין עוצמת הפוטוסינתזה ועוצמת הנשימה התאית בצמח

תוצרי הפוטוסינתזה משמשים בצמח הן לנשימה תאית והן לבנייה, לכן, בסך הכול ביממה אחת, עוצמת הפוטוסינתזה בצמח גדולה מעוצמת הנשימה, ובסיכום שני התהליכים – הצמח קולט פחמן דו-חמצני מהאוויר ופולט חמצן.

בעבר עוצמת הפוטוסינתזה שבוצעה בכדור הארץ הייתה שווה לעוצמת הנשימה התאית של כל האורגניזמים, ולכן ריכוז החמצן וריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר היו קבועים. בהשפעת האדם שצמצם את שטחי היערות והגביר תהליכי שריפה של דלקים ופחם, במאות השנים האחרונות עולה ריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר, ותהליך זה גורם להגברת "אפקט החממה" ולהתחממות כדור הארץ.

ד. תסיסה – סוג של נשימה תאית ללא חמצן

סביבות חסרות חמצן או דלות חמצן (כמו מעמקי האדמה ומעמקי ביצה) מקיימים אורגניזמים (חיידקים ופטריות מסוימים) סוגים שונים של תהליכי נשימה תאית ללא חמצן, שאחת הנפוצות שבהן היא תסיסה.

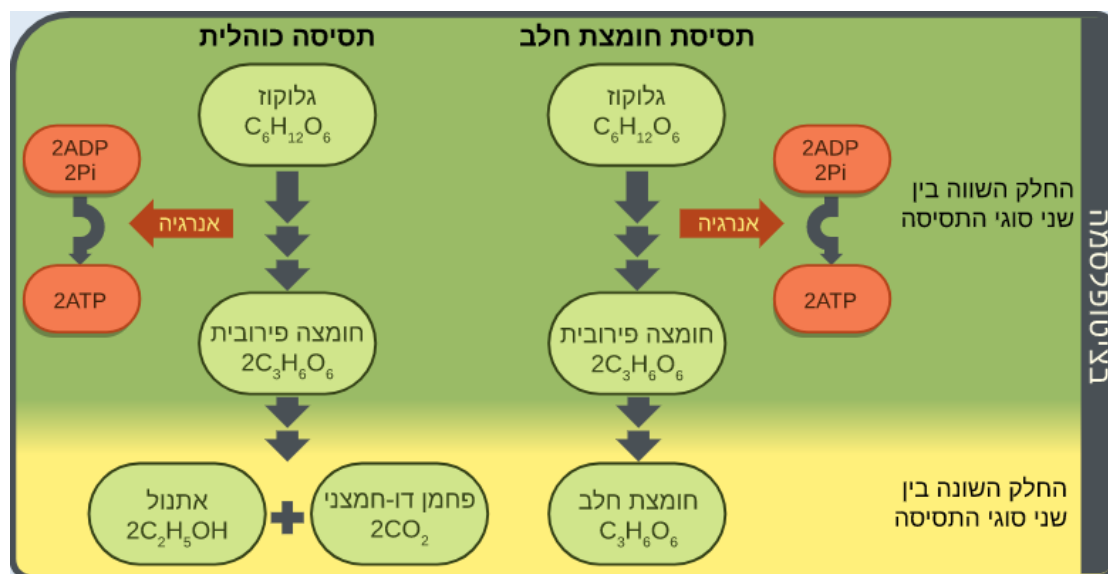
תהליך התסיסה הוא תהליך אנזימטי רב-שלבי שמתרחש כולו בציטופלזמה, ובמהלכו מתפרק חומר אורגני, בדרך כלל גלוקוז. השלב הראשון בתהליך הוא גליקוליזה.

בשלב השני ממשיך תוצר הגליקוליזה – החומצה פירובית – לעבור שינוי כימי. בכל סוג של תסיסה התוצרים הסופיים שונים. תסיסה כוהלית ותסיסה לקטית הם שני תהליכי תסיסה נפוצים:

בתסיסה כוהלית החומצה הפירובית הופכת לכוהל (אתנול) ולפחמן דו-חמצני (הפחמן הדו-חמצני הנפלט כבועות גז הוא המקור לשם הכללי – תסיסה).

בתסיסה לקטית החומצה הפירובית הופכת לחומצה לקטית (חומצת חלב).

בשלב הגליקוליזה הרווח האנרגטי נטו הוא 2 מולקולות של ATP מכל מולקולת גלוקוז שמתפרקת. בשלב השני אין רווח אנרגטי נוסף. בכל סוגי התסיסה כל התוצרים הסופיים או חלקם הם חומרים אורגניים שרמת האנרגיה שלהם נמוכה במעט מרמת האנרגיה של הגלוקוז. משמעות הדבר היא שבתסיסה משתחררת כמות אנרגיה קטנה יחסית לכמות האנרגיה המשתחררת בנשימה אירובית, שבה חל פירוק מלא של הגלוקוז לחומרים אי-אורגניים.



בזמן פעילות גופנית, בתאי השרירים של האדם מתקיימת במקביל לנשימה האירובית גם תסיסה לקטית. בדרך זו השריר מפיק אנרגיה זמינה נוספת מלבד זו המופקת בנשימה האירובית.

תהליכי התסיסה מנוצלים בתעשיות השונות לייצור מוצרי חלב, ירקות ופירות מוחמצים, משקאות אלכוהוליים ומאפים.

השוואה בין תהליך הנשימה התאית האווירנית (אירובית) ובין תהליך התסיסה

הקריטריון	נשימה תאית אירובית (כולל הגליקוליזה)	תסיסה
לביצוע התהליך נדרש חמצן	נכון	לא נכון
בתהליך יש פירוק של חומר אורגני	נכון	נכון
בתהליך מופקות כ-30 מולקולות ATP מכל מולקולת גלוקוז	נכון	לא נכון
השלב הראשון בתהליך הוא שלב הגליקוליזה	נכון	נכון
כל שלבי התהליך מתבצעים בציטופלזמה	לא נכון	נכון
אחד מתוצרי הביניים בתהליך הוא חומצה פירובית	נכון	נכון
במהלך התהליך נפלטת גם אנרגיית חום	נכון	נכון
התהליך מזורז על ידי אנזימים	נכון	נכון
התוצרים הסופיים של התהליך, כולם או חלקם, הם חומרים אורגניים	לא נכון	נכון

סיכום פרק: אנזימים

תכנית הלימודים:

רעיון מרכזי: בתאים מתקיימים תהליכים כימיים של פירוק, בנייה ושינוי – חילוף חומרים (מטבוליזם). התהליכים הכימיים ביצור החי מזורזים על ידי אנזימים.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים
אנזימים (4-5 שעות) - האנזימים כזרזים ביולוגיים, המאפשרים את קיומם של התהליכים בתא. -פעולת האנזימים מושפעת מגורמים שונים, כמו pH, טמפרטורה, ריכוז סובסטרט (מצע), ריכוז אנזים ומעכבים.	אתר פעיל, מבנה מרחבי, ספציפיות. בופר, דנטורציה, מעכב

סיכומים על פרק אנזימים:

א. האנזימים – מבנה ותפקוד

ב. הגורמים המשפיעים על פעילות האנזימים

- טמפרטורה
- pH
- ריכוז הסובסטרט
- ריכוז האנזים
- מעכבים

א. האנזימים – מבנה ותפקוד

החשיבות של פעילות האנזימים

בתאים חיים מתרחשים תהליכי חילוף חומרים (מטבוליזם) כימיים של פירוק, בנייה או שינוי של חומרים. כל התהליכים האלה מזורזים על ידי אנזימים. בתאים פועלים אלפי סוגים של אנזימים שרובם המוחלט הם חלבונים.

תהליכים שללא האנזימים היו מתרחשים בקצב אפסי במשך מאות ומיליוני שנים, או שלא היו יכולים להתרחש כלל בגלל תנאי הטמפרטורה השוררים בתאים, מתרחשים על ידי האנזימים באלפיות שנייה וללא צורך בחימום! האנזימים יכולים להגביר את מהירותם של התהליכים פי מיליארד ואף יותר. במילים אחרות – פעילות האנזימים מאפשרת את החיים.

אופן פעילות האנזימים

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". בזמן ההתקשרות ויצירת התצמיד אנזים-סובסטרט מתרחש השינוי הכימי – הסובסטרט עובר תהליך פירוק, הרכבה או שינוי אחר. לאחר מכן חלה הפרדה בין האנזים ובין התוצרים. לאחר ההפרדה, האנזים חוזר לצורתו המקורית.



מאפייני פעולת האנזימים

ייחודיות

אפשר לדמות את ההתאמה המרחבית שבין האנזים ובין הסובסטרט להתאמה שבין מפתח למנעול: כשם שרק מפתח אחד פותח מנעול מסוים, כך רק אנזים ייחודי יכול להיקשר לסובסטרט "שלו". ואולם הקשר ביניהם אינו נוקשה; כאשר הסובסטרט נקשר לאתר הפעיל של האנזים, הקישור יוצר שינויים באתר הפעיל, וכך נוצרת התאמה מושלמת בין האנזים לסובסטרט - מנגנון זה נקרא "התאמה מושרית".

פעילות חוזרת ונשנית

האנזימים אינם משתתפים בעצמם בתגובה שהם מזרזים וגם אינם מתפרקים. ריכוזם אינו משתנה במהלך התגובה שהם מזרזים, ולאחר התגובה, הם חוזרים לצורתם המקורית ויכולים לחזור ולפעול על מולקולות סובסטרט נוספות מאותו סוג. לכן, די בייצור כמויות קטנות יחסית של כל אחד מהאנזימים הרבים הפועלים בתאים.

פעילות גם מחוץ לתאים

כמו שאר החלבונים, אנזימים נוצרים בתאים, אולם מסוגלים לפעול גם מחוצה להם, כמו לדוגמה אנזימי מערכת העיכול.

מונחים (מהסילבוס)

מבנה מרחבי, אתר פעיל, ספציפיות, זרזים ביולוגיים.

ב. הגורמים המשפיעים על פעילותם של אנזימים

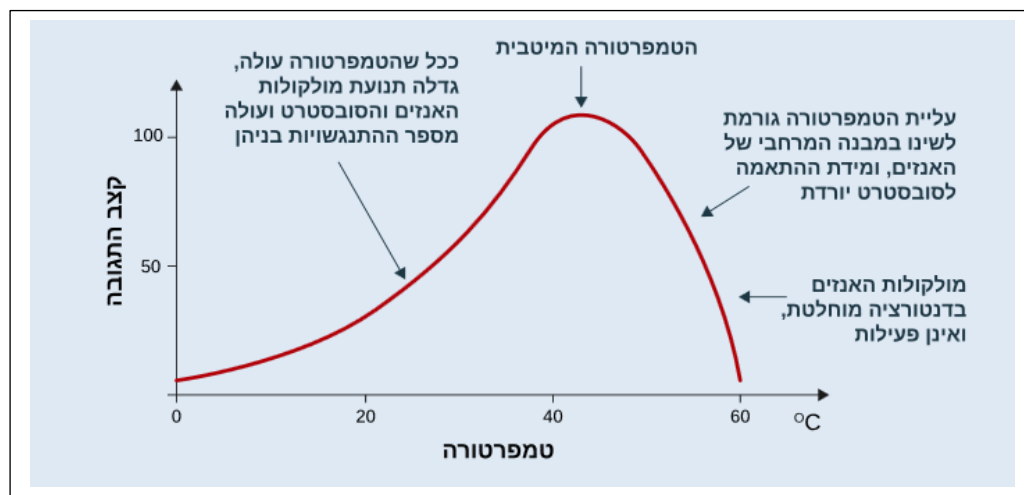
פעולת האנזימים מושפעת מגורמים שונים. למשל, ריכוז הסובסטרט וריכוז האנזים, הטמפרטורה ודרגת החומציות, כל אלה יכולים להשפיע על קצב תנועת מולקולות האנזים והסובסטרט ולכן גם על מספר ההתנגשויות ביניהן, או על המבנה המרחבי של האנזים וכתוצאה מכך על מידת ההתאמה שלו לסובסטרט.

ניתן למדוד את קצב פעילות האנזימים על ידי מדידת קצב יצירת התוצר או קצב היעלמות הסובסטרט. הגורמים העיקריים המשפיעים על קצב התגובה האנזימטית הם: טמפרטורה, דרגת החומציות - pH, ריכוז סובסטרט וריכוז האנזים.

טמפרטורה

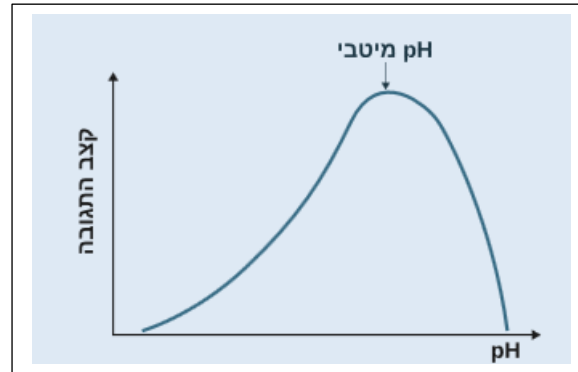
ככל שהטמפרטורה עולה, כך עולה מהירות תנועת מולקולות האנזים והסובסטרט, וגדלים סיכויי המפגש ביניהן. הטמפרטורה המיטבית היא זו שבה קצב פעילות האנזים מקסימלי. טמפרטורה גבוהה מהטמפרטורה המיטבית גורמת לשינוי באתר המרחבי (דנטורציה) של האנזים. כתוצאה מכך מידת ההתאמה בין האתר הפעיל לסובסטרט קטנה, ולכן פעילות האנזים יורדת. בטמפרטורות גבוהות חלה דנטורציה מוחלטת של האנזים והוא הופך לבלתי פעיל.

לאנזימים שונים טמפרטורות אופטימליות שונות. בדרך כלל הטמפרטורה המיטבית מותאמת לטמפרטורת גופו של האורגניזם שבו פועל האנזים בטבע.



דרגת החומציות - pH

רמת החומציות (pH) היא מדד לריכוז יוני ההידרוניום בתמיסה. לכל אנזים יש רמת pH אופטימלית שבה מבנה האנזים מצוי בצורה המרחבית המתאימה להתחברות לסובסטר. רמת pH נמוכה או גבוהה מהרמה האופטימלית גורמת לשינוי המבנה המרחבי של האתר הפעיל ולירידה בפעילות האנזים.



בופר

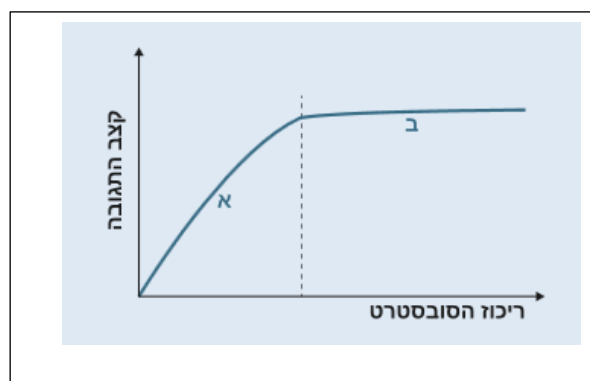
בתהליכי חילוף החומרים המתרחשים בתאים, נוצרות חומצות העלולות לשנות את ה-pH ולפגוע בפעילות האנזימים. תמיסות הנקראות בופר מאפשרות שמירה על pH יציב שמשתנה שינויים קטנים מאוד בתוך תחום צר. למערכות הבופר יש תפקיד חשוב בשמירה על ההומיאוסטזיס.

ריכוז סובסטרט

בריכוזי סובסטרט נמוכים (קטע א), סיכויי ההתנגשויות בין האנזים לסובסטרט נמוכים. ככל שמעלים את ריכוז הסובסטרט כך עולים סיכויי המפגש בין האנזים לסובסטרט. בריכוזים אלה הסובסטרט הוא גורם המגביל* (הגורם הקובע את קצב התהליך), מכיוון שכל העלאה של ריכוז הסובסטרט מעלה את קצב התגובה האנזימטית.

בשלב מסוים, עם עליית ריכוז הסובסטרט, רוב מולקולות האנזים תפוסות במולקולות סובסטרט (כלומר פועלות בקצב המקסימלי שלהן). במצב כזה ריכוז הסובסטרט מפסיק להיות גורם מגביל, וגם אם הוא ימשיך לעלות (קטע ב) קצב התגובה יישאר קבוע מכיוון שאין מולקולות אנזים להתקשר אליהן, ולכן ריכוז האנזים הוא הגורם המגביל.

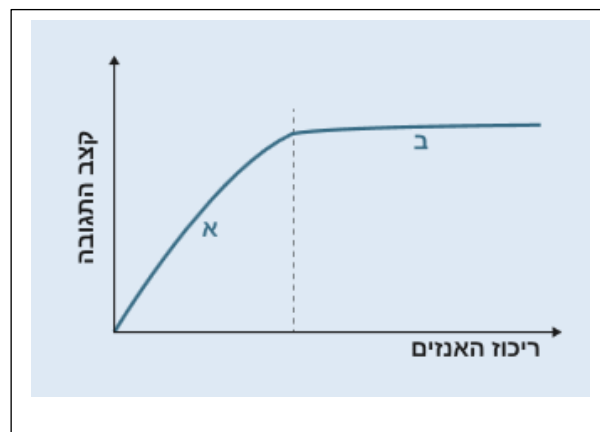
*ראו הסבר על גורם מגביל בסוף.



ריכוז האנזים

בריכוזי אנזים נמוכים (קטע א), ככל שמעלים את ריכוז האנזים, כך יש יותר מולקולות אנזים שאליהן יכולות מולקולות סובסטר להתקשר ולכן עולה גם קצב התגובה. כלומר ריכוז האנזים הוא הגורם המגביל את קצב התהליך.

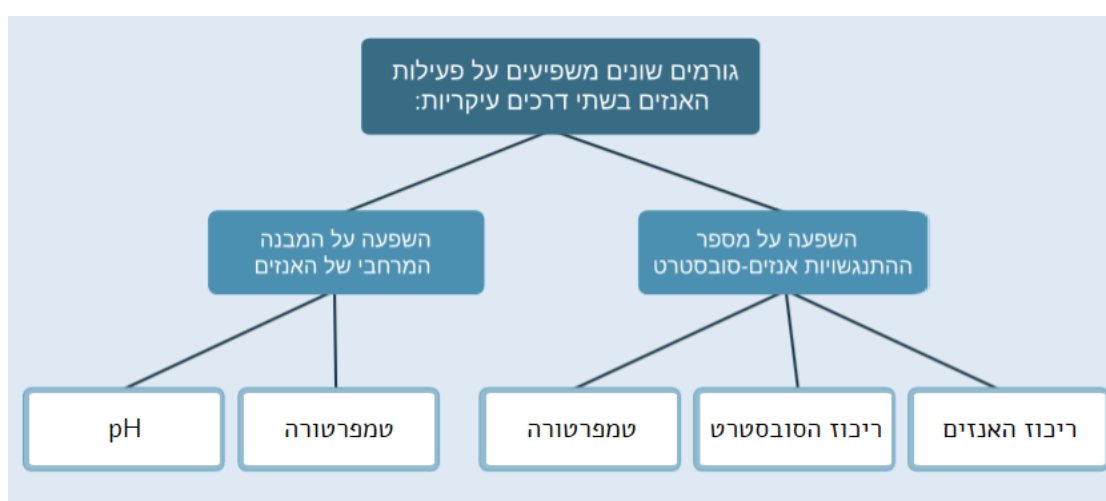
בשלב מסוים אין מספיק מולקולות סובסטר שיכולות להתקשר למולקולות האנזים הפנויות, ולכן גם אם ריכוז האנזים עולה (קטע ב), קצב התגובה נשאר קבוע, כלומר האנזים מפסיק להיות גורם מגביל. הגורם המגביל בנקודה זו הוא ריכוז הסובסטר.



גורם מגביל

גורם מגביל הוא הגורם הקובע את קצב התהליך. כשמסתכלים על גרף המתאר את השפעת גורם כלשהו (המתואר בציר X) על קצב פעילות האנזים: התחום שבו הגרף עולה או יורד הוא התחום שבו הגורם הוא הגורם המגביל, בתחום שבו הגרף אופקי, הגורם אינו הגורם המגביל, אלא גורם אחר (שבמקרים רבים הוא הגורם שכמותו מוגבלת).

סיכום: הגורמים המשפיעים על פעילות האנזימים:



מעכבי אנזימים - מעכבים תחרותיים ומעכבים לא-תחרותיים

מעכבי אנזימים הם חומרים שמקטינים את קצב התגובה האנזימטית או מונעים אותה, על ידי עיכוב פעילות האנזים. קיימים שני סוגי מעכבים:

מעכב תחרותי: המולקולה של מעכב כזה דומה במבנה המרחבי שלה למולקולת הסובסטרט בחלק המתקשר לאתר הפעיל של האנזים, ולכן היא מתקשרת אליו במקום הסובסטרט. מכיוון שהאתר הפעיל אינו זמין להתקשרות עם הסובסטרט, קצב פעילות האנזים פוחת.

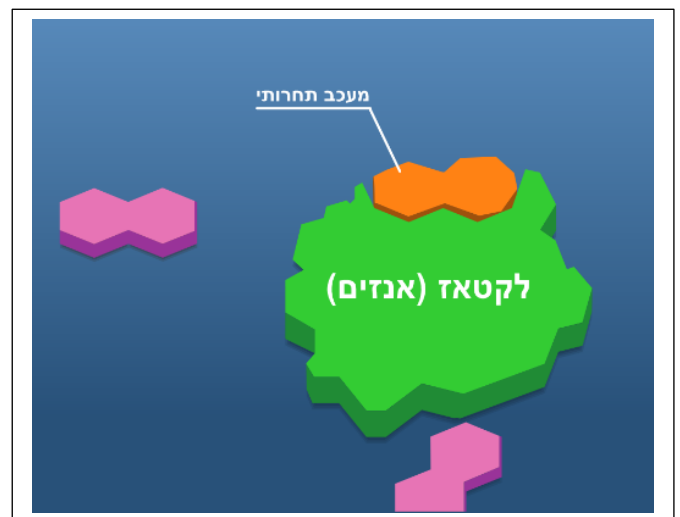
מולקולת המעכב מתחרה עם מולקולת הסובסטרט על האתר הפעיל, ולכן ככל שריכוז הסובסטרט עולה, כך יעלה הסיכוי לקישור מולקולת סובסטרט לעומת קישור מולקולת המעכב.

מעכב לא-תחרותי: מעכב כזה מתקשר למולקולת האנזים לא באתר הפעיל, אולם ההתקשרות גורמת לשינוי המבנה המרחבי של האנזים. בין היתר, משתנה גם המבנה המרחבי של האתר הפעיל, ולכן מידת ההתאמה של האנזים לסובסטרט פוחתת וקצב פעילות האנזים פוחת.

מעכב לא תחרותי



מעכב תחרותי



שימושים במעכבי אנזימים ברפואה ובמחקר המדעי (הרחבה)

הקטנת קצב פעולת אנזימים באמצעות מעכבי אנזימים המוספים מבחוץ, יכולה לסייע בטיפול במחלות שונות הנגרמות מפעילות עודפת של אנזימים מסוימים. במחלות הנגרמות על ידי חיידקים אפשר להשתמש במעכבי אנזימים של החיידקים, ובכך למנוע את התרבות או הישרדות החיידקים.

גם במחקרים מדעיים משתמשים לעיתים במעכבי אנזימים.

גם בתוך התאים, באופן טבעי, קצב של תהליכים אנזימטיים מווסת במקרים רבים על-ידי מעכבים. לדוגמה: הצטברות של ATP בתא גורמת לעיכוב של אנזים מסוים בתהליך הגליקוליזה. הצטברות ATP בתא מעידה על מצב של פעילות נמוכה (לכן ה-ATP אינו מנוצל, ומצטבר). במצב כזה יש יתרון בהאטת קצב הנשימה התאית מכיוון שאין צורך בייצור מולקולות ATP נוספות.

מונחים (מהסילבוס): בופר, דנטורציה, מעכב.

סיכום פרק: מבנה ה-DNA ושכפולו

תכנית הלימודים:

רעיונות מרכזיים: החומר התורשתי בכל היצורים הוא ה-DNA

בתאים אאוקריוטים ה-DNA מאורגן בכרומוזומים.

כל תא נוצר מתא קודם. לפני חלוקת התא ה-DNA משוכפל ומועבר בצורה מדויקת (לרוב) לתאי הבת.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים
מבנה ה-DNA ומאפייניו (4-5 שעות) -מבנה ה-DNA. -מאפייני ה-DNA: • בעל הרכב אופייני למין וייחודי לפרט; • נשמר (ברובו) במעבר בין הדורות; • יציב מאוד • יכול לעבור שינויים (מוטציות). -מבנה הכרומוזום	בסיס חנקני, גדיל, גדיל משלים, גן, דאוקסי-ריבוז, זרחה, חומצות גרעין, נוקלאוטיד, סליל כפול, ריבוז. מוטציה אדנין (A), גואנין (G), ציטוזין (C), תימין (T) כרומטידות, צנטרומר
שיכפול DNA (1-2 שעות)	אנזים משכפל DNA

סיכומים על פרק מבנה ה-DNA ושכפולו:

א. מבנה ה-DNA ומאפייניו

- מבנה ה-DNA
- מאפייני ה-DNA

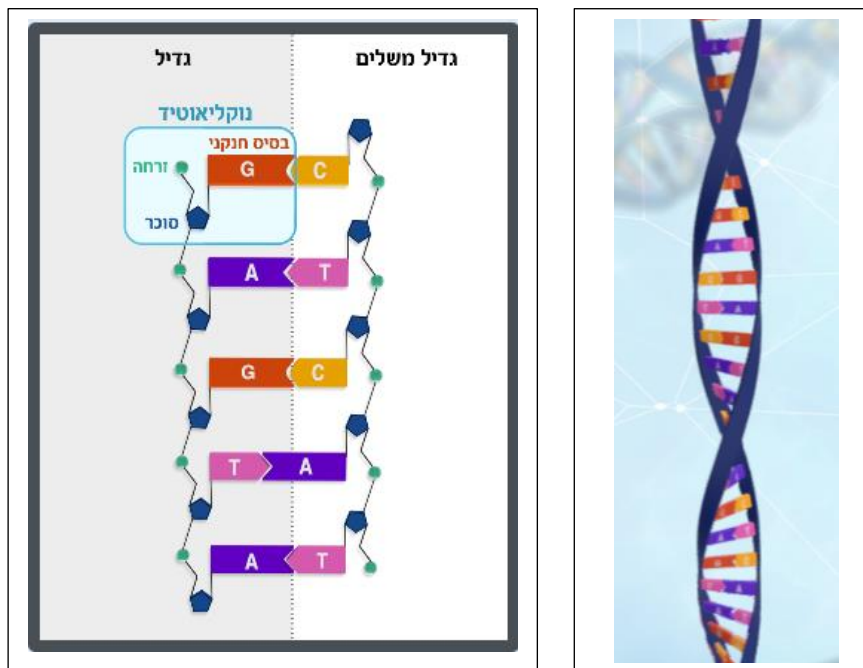
ב. מחזור התא ושכפול ה-DNA

- מחזור התא
- שכפול ה-DNA
- ארגון ה-DNA במבנה של כרומוזום

א. מבנה ה-DNA

ה-DNA היא מולקולת ענק המכילה את המידע התורשתי.

הנוקליאוטיד הוא יחידת המבנה של ה-DNA. כל נוקליאוטיד בנוי משלושה רכיבים: זרחה, סוכר ובסיס חנקני. כל מולקולת DNA מורכבת ממספר עצום של נוקליאוטידים. מולקולת ה-DNA מורכבת משני גדילים שכל אחד מהם מורכב משרשרת של נוקליאוטידים. הגדילים קשורים ביניהם בקשרי מימן דרך הבסיסים החנקניים: A קשור ל-T ו-C קשור ל-G. הגדילים מאורגנים במרחב בצורה לוליינית כסליל כפול. בשל המבנה הדו-גדילי של מולקולת ה-DNA יש המכנים אותה "הסליל הכפול".



מאפייני ה-DNA

יציב מאד: המספר העצום של קשרי המימן בין שני גדילי ה-DNA מקנה למולקולה יציבות (אף שכל קשר מימן כשלעצמו אינו קשר חזק). יציבות ה-DNA חשובה לקיום החיים ולהעברת התכונות התורשתיות לדורות הבאים.

נשמר (ברובו) במעבר בין הדורות: עקב יציבות המולקולה ותהליך שכפולה המדויק (ראו יחידת לימוד מיוחדת לנושא), ה-DNA נשמר בשלמותו בתאים הבונים את הגוף, וגם בצאצאים.

בעל הרכב אופייני למין וייחודי לפרט המבנה הבסיסי של מולקולות ה-DNA של האורגניזמים השונים הוא דומה. הן נבדלות זו מזו ברצף הבסיסים ובמספר זוגות הבסיסים.

יכול לעבור שינויים (מוטציות): למרות יציבותה, מדי פעם בפעם חלים שינויים במולקולת ה-DNA (שינויים ברצף הבסיסים או שברים במולקולה). שינויים אלו נקראים מוטציות* (ראו יחידת לימוד מיוחדת לנושא). המוטציות גורמות ליצירת מגוון תכונות באוכלוסייה ומאפשרות את השתנות המינים במהלך האבולוציה בתהליך הברירה הטבעית.

מונחים (מהסילבוס)

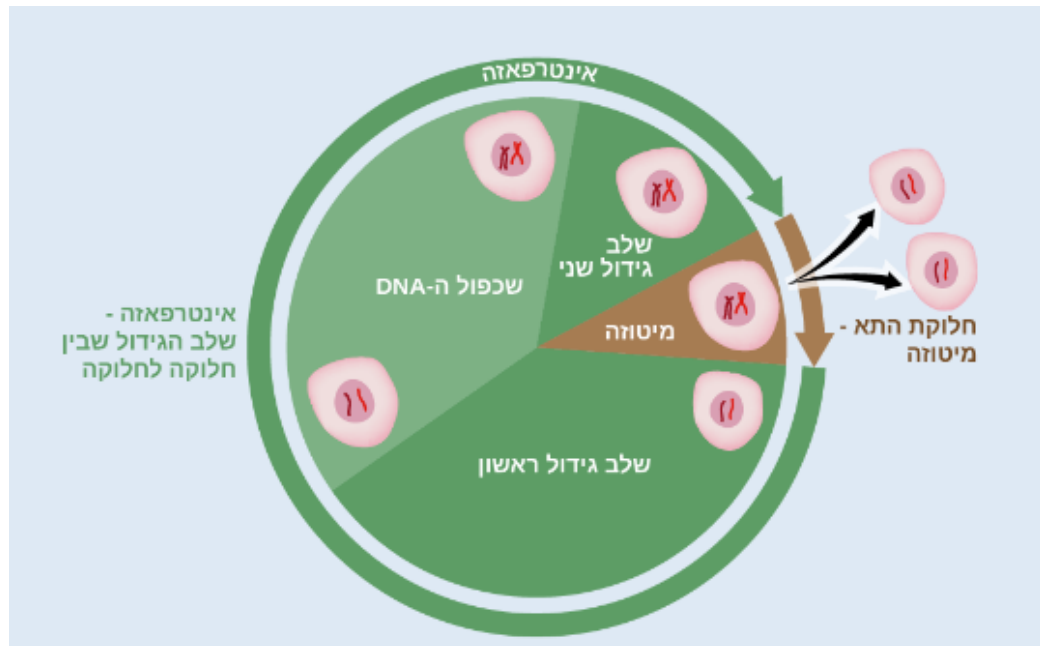
בסיס חנקני, גדיל, גדיל משלים, דאוקסי-ריבוז, זרחה, חומצות גרעין, נוקליאוטיד, סליל כפול, מוטציה.

ב. שכפול ה-DNA

תאים בגוף מתרבים בדרך של חלוקת תא. מחזור החיים של תא הוא ההתרחשויות בתא מרגע שהוא נוצר ועד שהוא מתחלק. מחזור החיים של התא נחלק לשני שלבים עיקריים:

אינטרפאזה: השלב שבין חלוקה לחלוקה במהלכו התאים גדלים בממדיהם, משכפלים את החומר התורשתי ומתכוננים לחלוקה.

מיטוזה: שלב חלוקת התא (למיטוזה מוקדשת יחידת לימוד נפרדת).

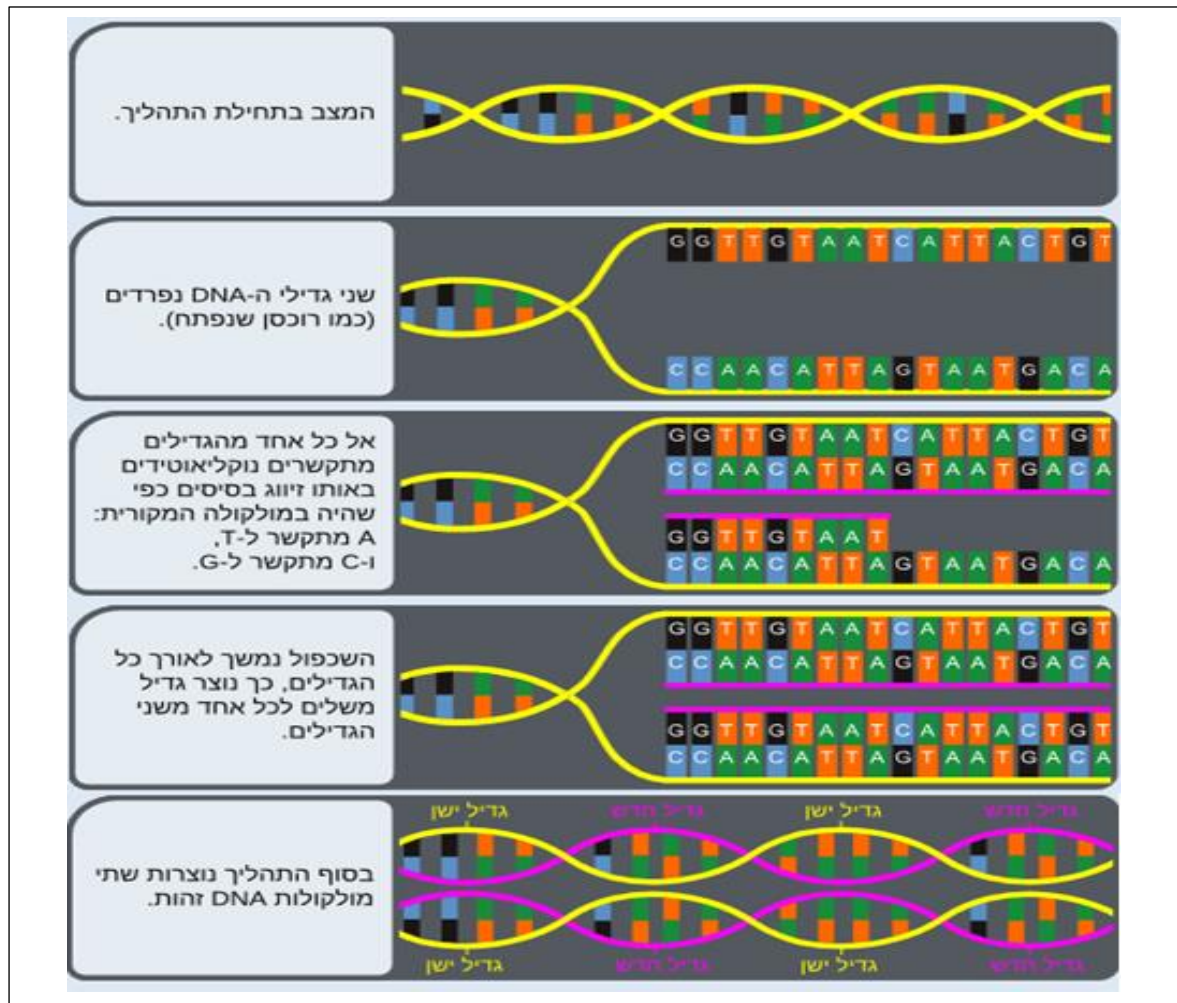


שכפול ה-DNA

לפני חלוקת התא מתרחש שכפול של ה-DNA. מכל מולקולת DNA נוצרים שני העתקים זהים שבעת חלוקת התא ייפרדו וכל אחד מהם יגיע לתא בת אחר. כך שני תאי הבת יקבלו מערך שלם של כל 46 מולקולות ה-DNA, והמידע הגנטי יישמר בשלמותו.

בתאים שאינם מתחלקים, כמו רוב תאי העצב, לא מתרחש שכפול של ה-DNA.

השכפול מבוצע על ידי אנזימים ייחודיים, והתאים משקיעים בו אנרגיה רבה.

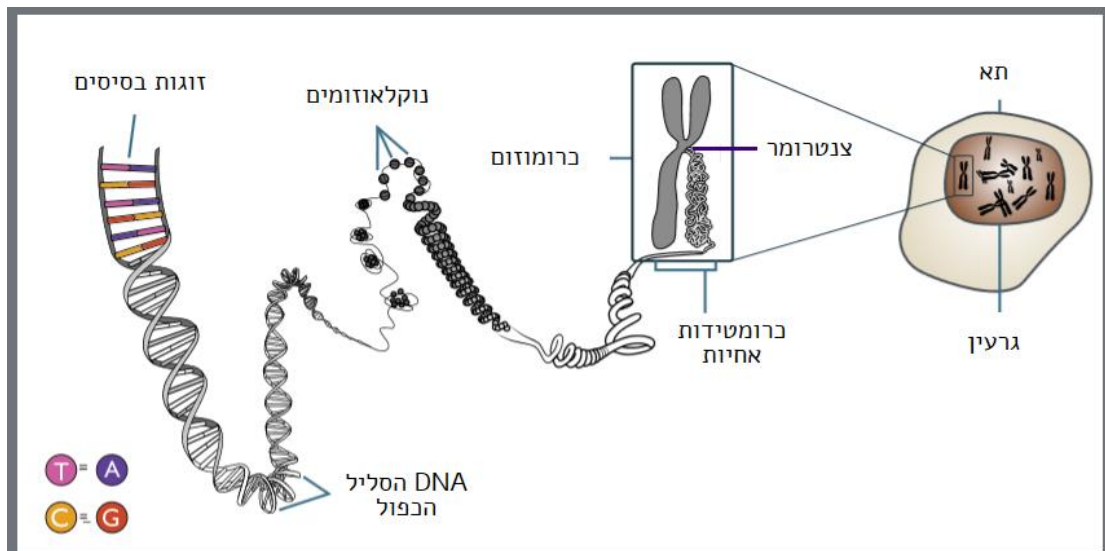


השכפול מבוצע על ידי **אנזימי שכפול** שמוסיפים בסיסים משלימים לכל אחד מהבסיסים בשני גדילי ה-DNA.

ארגון ה-DNA בכרומוזום

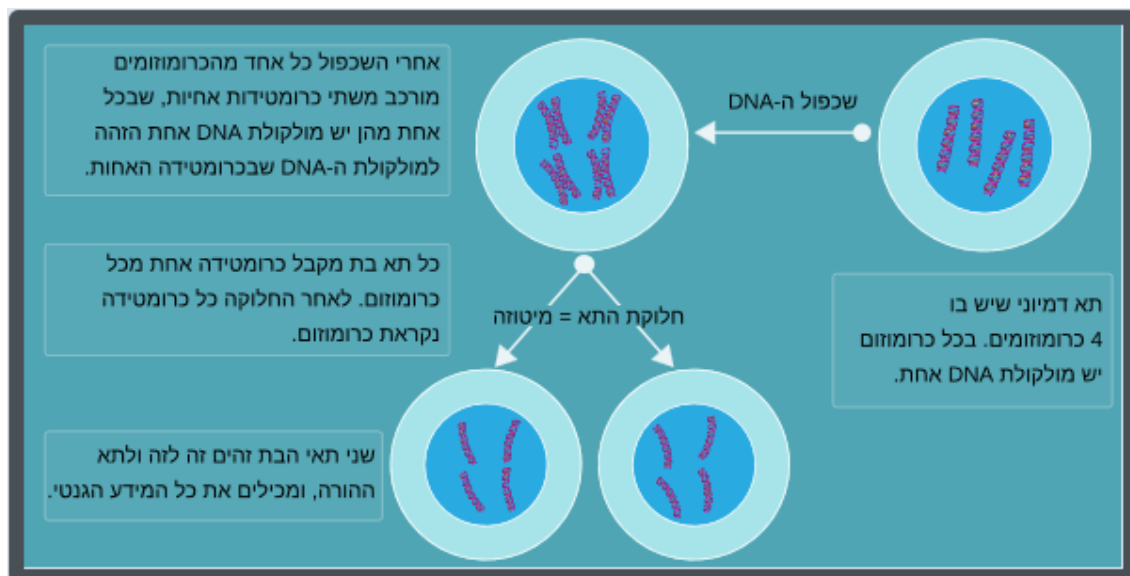
בתאים אאוקריוטיים כגון תאי האדם, מולקולת ה-DNA מאורגנת במבנה של כרומוזומים המצויים בגרעין התא. כל כרומוזום מורכב ממולקולת DNA אחת ארוכה, מפותלת, מסולסלת ודחוסה, ומחלבונים שונים התומכים בה כפיגום. מולקולות ה-DNA מלופפות ביעילות סביב צברי חלבונים דמויי חרוזים. ונדחס למבנה צפוף ומאורגן הנקרא כרומוזום. מבנה זה מסייע לארוז את ה-DNA בתוך גרעין התא שקוטרו כעשר אלפיות המילימטר, כלומר קטן פי 200,000 מהאורך הכולל של מולקולות ה-DNA.

בתאים פרוקריוטיים יש מולקולת DNA בעלת מבנה בסיסי דומה למולקולות ה-DNA של האאוקריוטיים. היא נמצאת בציטופלסמה, ויש לה לרוב מבנה מעגלי.



בתחילת מחזור החיים של התא, כל כרומוזום מורכב ממולקולת DNA אחת. לקראת חלוקת התא, הכרומוזומים משתכפלים. כל כרומוזום שהוכפל מורכב משתי כרומטידות אחיות שבכל אחת יש מולקולת DNA אחת הזזה למולקולת ה-DNA שבכרומטידה האחות. שתי הכרומטידות מחוברות זו לזו באזור הנקרא צנטרומר. בזמן חלוקת התא לשני תאים, הכרומטידות האחיות נפרדות ומגיעות כל אחת לתא-בת אחר.

בתאים שאינם מתחלקים לא מתרחש שכפול של ה-DNA.



סיכום פרק מיטוזה ומיוזה

תכנית הלימודים

רעיון מרכזי: כל תא נוצר מתא קודם. לפני חלוקת התא ה-DNA משוכפל ומועבר בצורה מדויקת (לרוב) לתאי הבת.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים	הערות, הסברים
מחזור התא (8-10 שעות) -שכפול ה-DNA (נושא זה מפורט בפרק מבנה ה-DNA ושכפולו בקורס) מיטוזה -מתרחשת בתאי גוף (תאים סומטיים) -חשיבות התהליך: גדילה, התמיינות, רבייה אל זוויגית. -עיקרון החלוקה: יצירת שני תאי בת זהים לתא האם. מיוזה: חלוקת הפחתה -הבסיס התאי של הרבייה הזוויגית. -עיקרון החלוקה: יצירת תאי בת המכילים מחצית ממספר הכרומוזומים. -חשיבות התהליך: יצירת תאים הפלואידיים; הגדלת השונות הגנטית. שגיאות בהיפרדות כרומוזומים	אנזים משכפל DNA כישור, כרומוזומים, דיפלואיד, הפלואיד, הפרדה בלתי תלויה, הפריה, זיגוטה, כרומוזומים הומולוגיים, תא רבייה (גמטה), תא ביצה, תא זרע תסמונת דאון	במחזור התא יש להתייחס לגידול בנפח התא, לסינתזת DNA ולמיטוזה. אין צורך להכיר את שמות שלבי המיטוזה.

סיכומים על פרק מיטוזה ומיוזה:

מבנה התא ומאפייני החיים שלו

- א. מחזור התא
- ב. חלוקת המיטוזה
- ג. חלוקת המיוזה
- ד. השוואה בין המיטוזה למיוזה

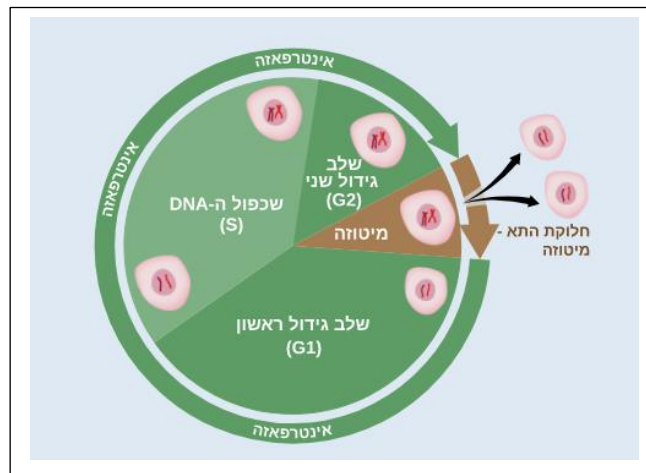
א. מחזור התא

תאים בגוף מתרבים בדרך של חלוקת תא. **מחזור החיים של תא** הוא ההתרחשויות בתא מרגע שהוא נוצר ועד שהוא מתחלק. אורך מחזור התא שונה בין תאי הגוף השונים, ויש תאים שאינם מתחלקים כלל מרגע שנוצרו. מחזור החיים של התא נחלק לשני שלבים עיקריים:

שלב הגידול ושכפול ה-DNA – אינטרפאזה

- השלב שבין חלוקה לחלוקה, שבמהלכו (בשלב הגידול הראשון - G1) התאים גדלים בממדיהם ומבצעים תהליכי חילוף חומרים נמרצים. בשלב S הם משכפלים את החומר התורשתי, ובשלב הגידול השני (G2) הם מתכוננים לחלוקה על ידי יצירת חומרים הדרושים לחלוקה. הגידול בנפח התא מבטיח שגודל התאים יישמר קבוע ולא ילך ויקטן, ושכפול ה-DNA מבטיח את הישמרות מלוא המטען הגנטי בתאי הבת הנוצרים בחלוקה.

מיטוזה: שלב חלוקת התא

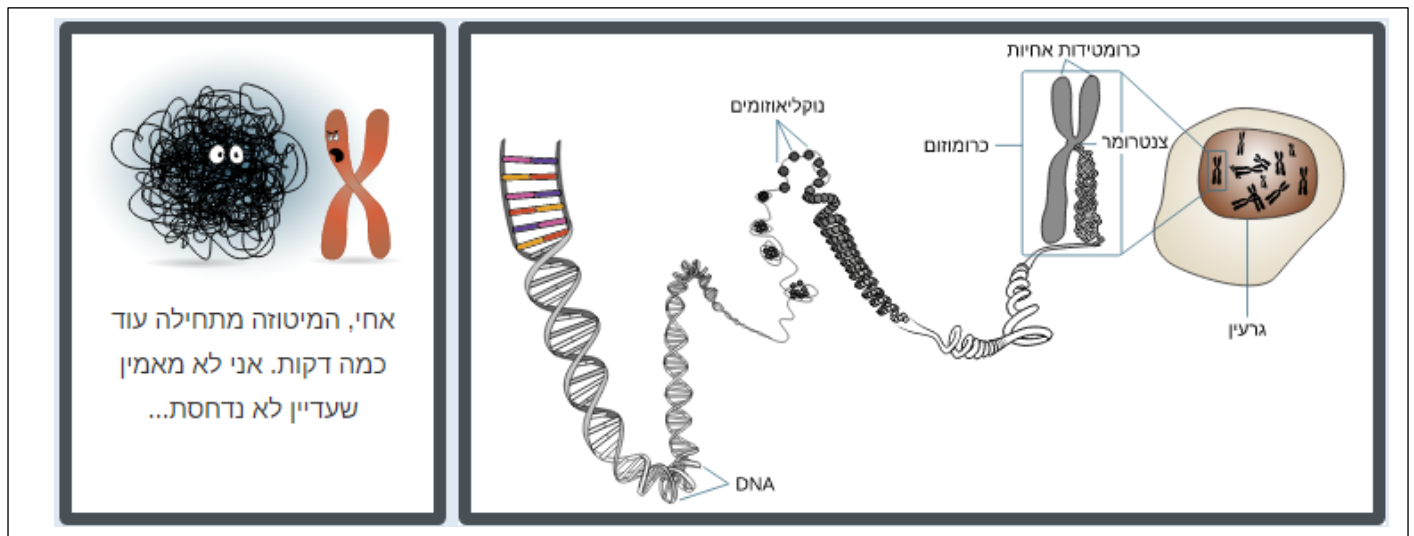


לא כל תאי הגוף מתחלקים. תאים שאינם מתחלקים נשארים כל חייהם בשלב הגידול הראשון של האינטרפאזה, והם אינם משכפלים ת ה-DNA.

כרומוזמים וכרומטידות

מולקולות ה-DNA מלופפות ביעילות סביב צברי חלבונים דמויי חרוזים. מבנים אלו וה-DNA הכרוך סביבם נקראים נוקלאוזומים. הנוקלאוזומים מתארגנים למבנה הנקרא כרומוזום. במהלך האינטרפאזה הכרומוזומים פרושים בגרעין, ולכן הם דקים מאוד ולא ניתן להבחין בהם דרך המיקרוסקופ.

לקראת המיטוזה הכרומוזומים נדחסים ונעשים עבים, וניתן לראותם במיקרוסקופ. בשלב זה ניתן לראות כי כל כרומוזום מורכב משתי כרומטידות זהות – כרומטידות אחיות. בכל אחת מהן מולקולת DNA מפותלת ודחוסה.



ג. חלוקת התא – מיטוזה

תהליך המיטוזה הוא תהליך חלוקת תא, שבו נוצרים מתא אחד שני תאים זהים לחלוטין במידע הגנטי לתא שממנו נוצרו וזהים זה לזה. התאים הנוצרים בחלוקה זו באורגניזמים רב-תאיים הם תאי גוף (תאים סומטיים) שאינם תאי רבייה.

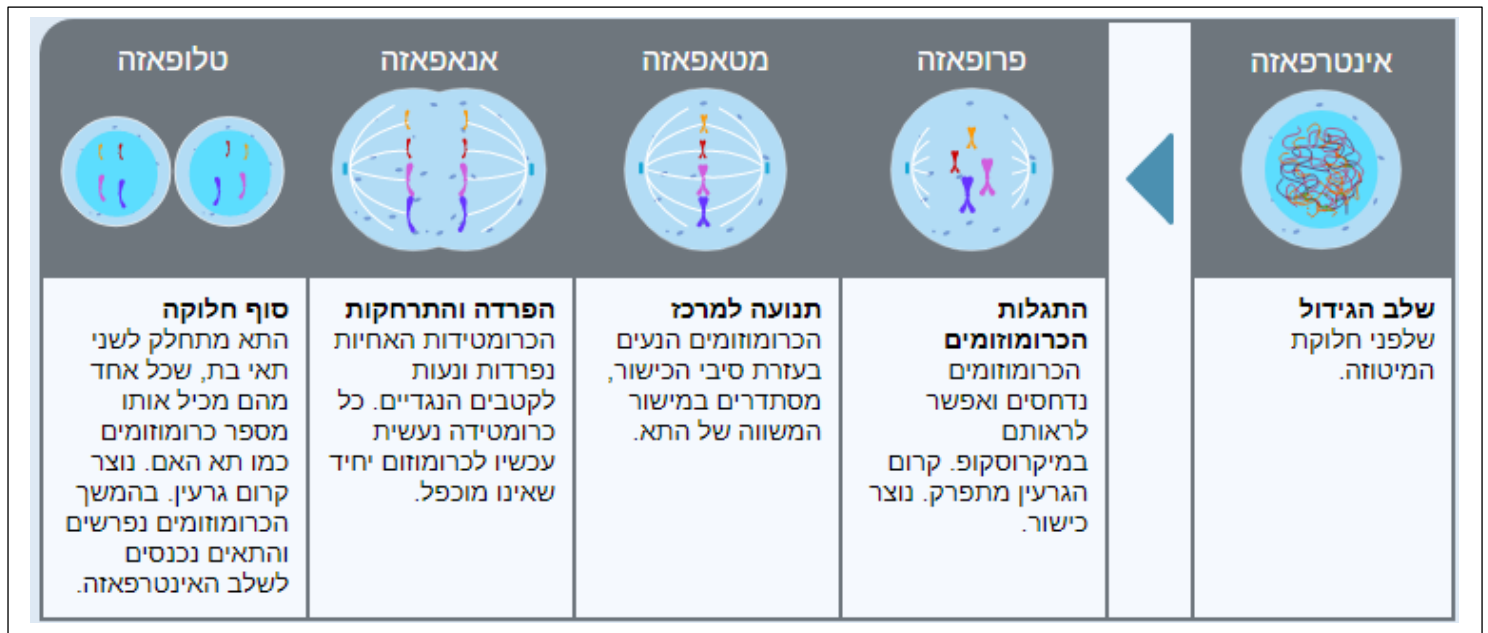
תהליך זה מהווה באורגניזמים רב-תאיים בסיס לגדילה, לצמיחה, לתיקון רקמות פגועות, לחידוש רקמות ולהתפתחות עוברית. ובאורגניזמים חד-תאיים אאוקריוטיים בסיס לרבייה (אל-מינית).

תאים פרוקריוטיים מתרבים בתהליך חלוקה אחר שאינו מיטוזה.

תיאור התהליך

בתחילת התהליך הכרומוזומים נדחסים וניתן לראותם במיקרוסקופ. קרום הגרעין נעלם, ונוצרת מערכת סיבי כיסור. הכרומוזומים הנעים בעזרת סיבי הכיסור, מסתדרים במישור המשווה של התא. הכרומטידות האחיות של כל כרומוזום נפרדות ונעות, בעזרת סיבי הכיסור, לכיוונים מנוגדים. בהמשך

התא מתחלק. בסיום התהליך מתקבלים מכל תא אם שני תאי בת זהים זה לזה, וזהים לתא האם שממנו נוצרו במספר הכרומוזומים ובמטען הגנטי.



*על פי הסילבוס אין חובה לדעת את שמות שלבי המיטוזה השונים.

בקרת מחזור התא (הרחבה)

מחזור התא צריך להיות מבוקר בקפדנות בהתאם לצורכי הגוף. קצב חלוקה איטי מדי או מהיר מדי מהדרוש עלול לגרום לנזקים קשים לגוף. לדוגמה: קצב חלוקה איטי מדי של תאי הגזע במח העצם עלול לגרום למחסור בתאי דם אדומים, תאי דם לבנים ובלוחיות הדם, מה שיגרום לפגיעה באספקת החמצן לתאים, לירידה בהתנגדות הגוף לגורמי מחלות ולירידה ביכולת הקרישה של הדם. לעומת זאת, קצב חלוקה מהיר ובלתי מרוסן יביא להיווצרות גידולים שיגרמו נזק לרקמות שבהן הם נמצאים, ואפילו למוות.

גורמי הבקרה: קצב חלוקת התאים נקבע על ידי גורמי בקרה (כגון הורמונים או חומרים הנקראים גורמי גידול), המתקשרים לקולטנים בתאים ומשפיעים על קצב החלוקה. גורמי הגידול יכולים להיות מופרשים מרקמות רחוקות או קרובות ולהגיע אל התאים דרך הדם. לעתים הם נמצאים בקרום תאים סמוכים ומשפיעים כאשר נוצר מגע בין התאים.

ג. חלוקת המיזזה

מעגל הרבייה

באורגניזמים המתרבים ברבייה זוויגית (מינית), מתרחשת בבלוטות הרבייה (לדוגמה באדם - בשחלות בנקבה ובאשכים בזכר) חלוקת תא שונה מחלוקת המיטוזה. חלוקה זאת נקראת מיזזה, ומתקבלים בה תאי הרבייה (גמטות). בעוד שבחלוקת המיטוזה נשמר בתאי הבת מספר הכרומוזומים שהיה בתא האם, בתאי הרבייה המתקבלים במיזזה יש מחצית ממספר הכרומוזומים שהיו בתאי האם שמהם נוצרו.

בהפריה מתלכדים תאי הרבייה משני ההורים ונוצרת זיגוטה – ביצית מופרית, המתחלקת בסדרת חלוקות מיטוזה עוקבות, וממנה מתפתח עובר שבכל תאיו מספר הכרומוזומים זהה למספר הכרומוזומים בתאי הגוף של ההורים. במהלך ההתפתחות, תאי העובר מתמיינים לתאים שונים, המרכיבים רקמות ואיברים שונים. כך נוצרות בעובר כל מערכות הגוף.

תאים דיפלואידים ותאים הפלואידים

תאי הגוף המכילים מערכת כפולה של כרומוזומים נקראים דיפלואידים, ונהוג לסמן אותם: $2n$. לעומת זאת, תאי הרבייה (הזרע והביצית באדם) מכילים מחצית ממספר הכרומוזומים, הם נקראים הפלואידים וסימונם הוא n .

באדם, לדוגמה, כל תאי הגוף הם דיפלואידים ויש בהם 46 כרומוזומים, ואילו בתאי הרבייה יש 23 כרומוזומים. לסוס יש 64 כרומוזומים בתאי הגוף ו-32 בתאי הרבייה, ליונה יש 16 כרומוזומים בתאי הגוף ו-8 בתאי הרבייה. כלומר, מספר הכרומוזומים אופייני לכל מין (Species).

כרומוזומים הומולוגיים

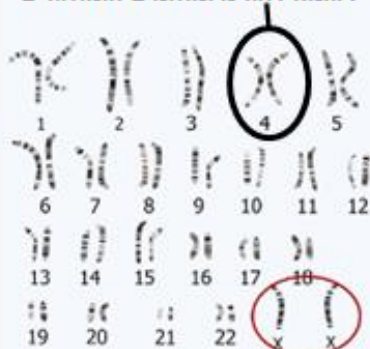
בכל תאי הגוף הדיפלואידים של אורגניזמים המתרבים ברבייה זוויגית, יש מערכת כפולה של כרומוזומים המורכבת מזוגות של כרומוזומים הנקראים הומולוגיים, ולכן מספר הכרומוזומים בתאים אלה הוא תמיד זוגי.

בכל זוג הומולוגיים, מקור כרומוזום אחד הוא באבא ומקור בן זוגו הוא באימא. כל זוג של כרומוזומים הומולוגיים תואמים בגנים שלהם, בצורתם, באורכם ובמיקום הצנטרומר. בכל זוג כרומוזומים הומולוגיים מצויים אותם גנים, אך לא בהכרח אותם אללים. לדוגמה, בשניהם עשוי להיות גן הקובע את צבע העיניים, אך באחד מהם יהיה אלל הקובע עיניים חומות, ובבן הזוג ההומולוגי (שמקורו בהורה השני) יהיה אלל הקובע עיניים כחולות.

בתאי הרבייה ההפלואידים יש רק נציג אחד מכל זוג כרומוזומים הומולוגיים.

קריטיפ – תמונת הכרומוזומים של האדם

דוגמה לזוג כרומוזומים הומולוגיים



נקבה

לאדם יש 23 זוגות של כרומוזומים הומולוגיים. ב-22 מהם אין הבדל בין זכרים ונקבות, ואילו הזוג ה-23 שונה בין המינים: בנקבות הוא כולל שני כרומוזומי X, שהם כרומוזומים הומולוגיים, ואילו בזכר הוא כולל שני כרומוזומים שונים, כרומוזום X וכרומוזום Y. הכרומוזומים בתמונות נצבעו בצביעה מיוחדת המקנה להם פספוס אופייני. הם צולמו בזמן חלוקת התא וסודרו בזוגות הומולוגיים לפי גודלם, מזוג הכרומוזומים הגדול מס' 1 ועד הזוג הקטן מס' 22.



זכר

שימו לב! תלמידים נוטים להתבלבל בין המונחים כרומטידות אחיות ובין המונחים כרומוזומים הומולוגיים. שימו לב שאתם מבחינים בין המונחים האלה.

שלבי המיזוזה

חלוקת המיזוזה כוללת שתי חלוקות עוקבות, כפי שמתואר בתרשים:

תא אם של יצור שיש לו 4 כרומוזומים:
זוג כרומוזומים גדולים, זוג כרומוזומים קטנים.



החלוקה הראשונה של המיזוזה

הכרומוזומים מסתדרים בזוגות הומולוגיים במישור המשווה של התא, ולאחר מכן חלה הפרדה בין בני הזוג.



נוצרים שתי תאים הפלואידים, שכל אחד מהם מכיל כרומוזום אחד מכל זוג כרומוזומים הומולוגיים.

החלוקה השנייה של המיזוזה

(הדומה למיטוזה), חלה הפרדה בין הכרומטידות האחיות של כל כרומוזום.



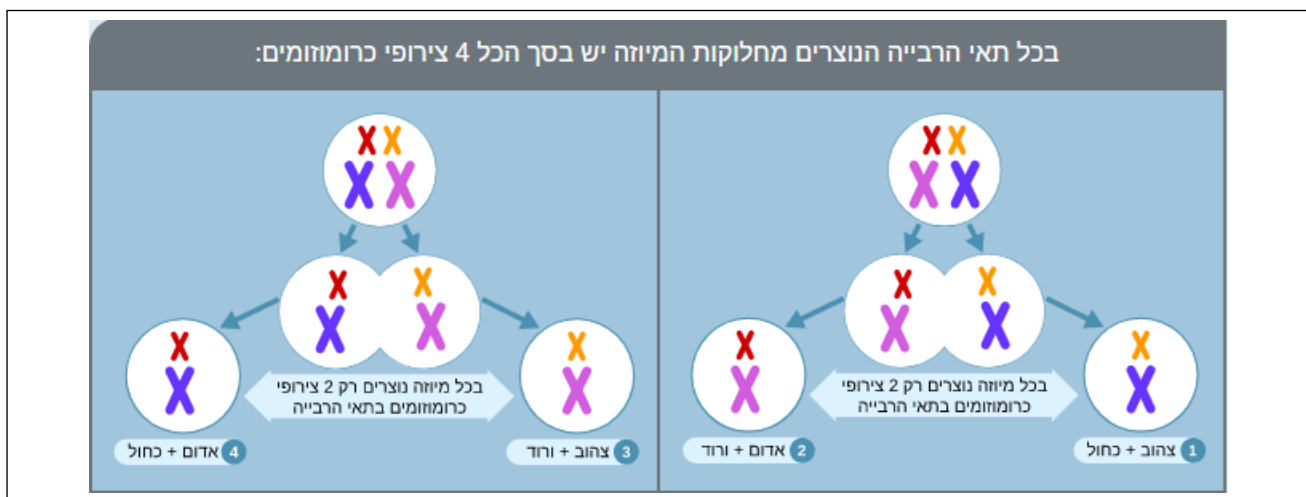
נוצרים 4 תאים הפלואידים, שכולם או חלקם מתפתחים להיות תאי רבייה.

השונות הגנטית בין תאי הרבייה וחשיבותה

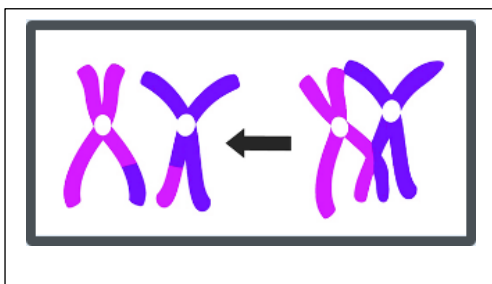
בין תאי הרבייה של אותו פרט קיימת שונות גנטית רבה. מקורות השונות העיקריים הם:

א. ההפרדה הבלתי תלויה של הכרומוזומים ההומולוגיים: כל זוג כרומוזומים הומולוגיים נפרד זה מזה ללא תלות בהפרדות הזוגות האחרים, וכתוצאה מכך נוצר מגוון עצום של צירופי כרומוזומים בתאי הרבייה. לאדם יש 23 זוגות של כרומוזומים הומולוגיים, ויותר מ-8.5 מיליון צירופי כרומוזומים אפשריים שונים בתאי הרבייה. אולם בכל מהלך של חלוקת מיזזה ניתן לקבל רק שתיים מבין מיליוני צירופים אלה.

לדוגמה: בתאי הרבייה של יצור שיש לו שני זוגות של כרומוזומים הומולוגיים נוצרים בכל מיזזה 2 צירופי כרומוזומים שונים. אבל בכל חלוקות המיזזה שמתרחשות באברי הרבייה שלו נוצרים בסך הכל 4 צירופים של כרומוזומים בתאי הרבייה:



ב. תהליך השחלוף:



החלפה של קטעים תואמים בין כרומוטידות של זוג כרומוזומים הומולוגיים. התהליך מתרחש בעת היצמדות הכרומוזומים ההומולוגיים בתחילת החלוקה הראשונה של המיזזה. בכרומוטידות שעברו שחלוף נוצרים צירופים חדשים של אללים של הגנים הנמצאים לאורך הכרומוזום.

*המונח שיחלוף אינו נכלל בסילבוס.

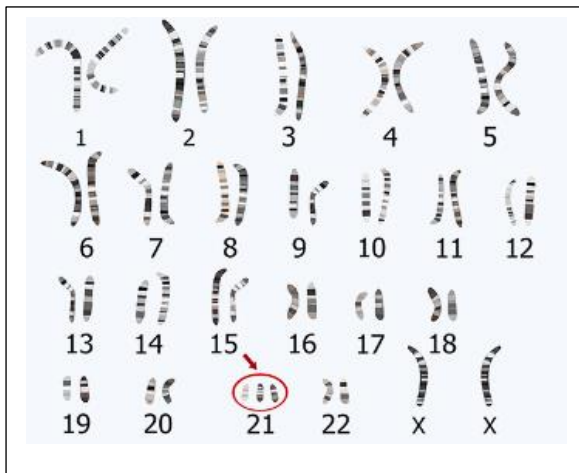
החשיבות האבולוציונית של השונות בין תאי הרבייה

בתאי הרבייה יש מספר עצום של צירופי גנים חדשים (כלומר יש שונות רבה), ולכן יש שונות גנטית רבה גם בין הצאצאים. השונות מקנה יתרון אבולוציוני עצום המתבטא בגמישות וביכולת של האוכלוסייה להתאים את עצמה לתנאי הסביבה, להשיג מזון ולהימלט מטורפים גם כאשר חלים שינויים בתנאי הסביבה. לפרטים באוכלוסייה המותאמים יותר לתנאים החדשים יש יתרון על פני בני מינם השונים מהם גנטית, והם ישרדו ויתרבו יותר מהם. בהדרגה יגדל מספרם של הפרטים המותאמים מתוך האוכלוסייה כולה.

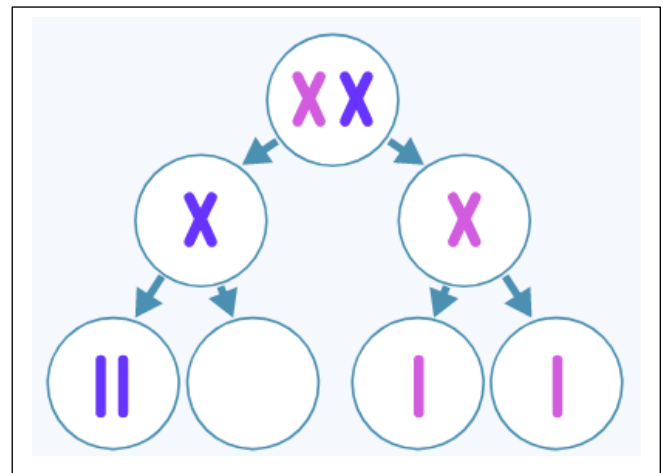
לעומת זאת, אוכלוסיות של יצורים המתרבים ברבייה אל-מינית בדרך של חלוקות תאים (מיטוזה) מתאפיינות באחידות גנטית, משום שהצאצאים זהים להורה שממנו הם נוצרו. אם תנאי הסביבה משתנים, והאוכלוסייה אינה מותאמת לתנאים החדשים, יש סיכוי גבוה להיכחדות האוכלוסייה כולה.

שגיאות בהפרדת הכרומוזומים

אי הפרדה בין הכרומוזומים ההומולוגיים בחלוקה הראשונה של המיטוזה, או אי הפרדה בין הכרומוטידות האחיות של כל כרומוזום בחלוקה השנייה, עלולות לגרום ליצירת גמטות בעלות מספר לא תקין של כרומוזומים (עודף או חוסר) ולהיווצרות עובר הסובל מליקויים שונים. לדוגמה, תסמונת דאון נובעת מעודף של כרומוזום מספר 21.



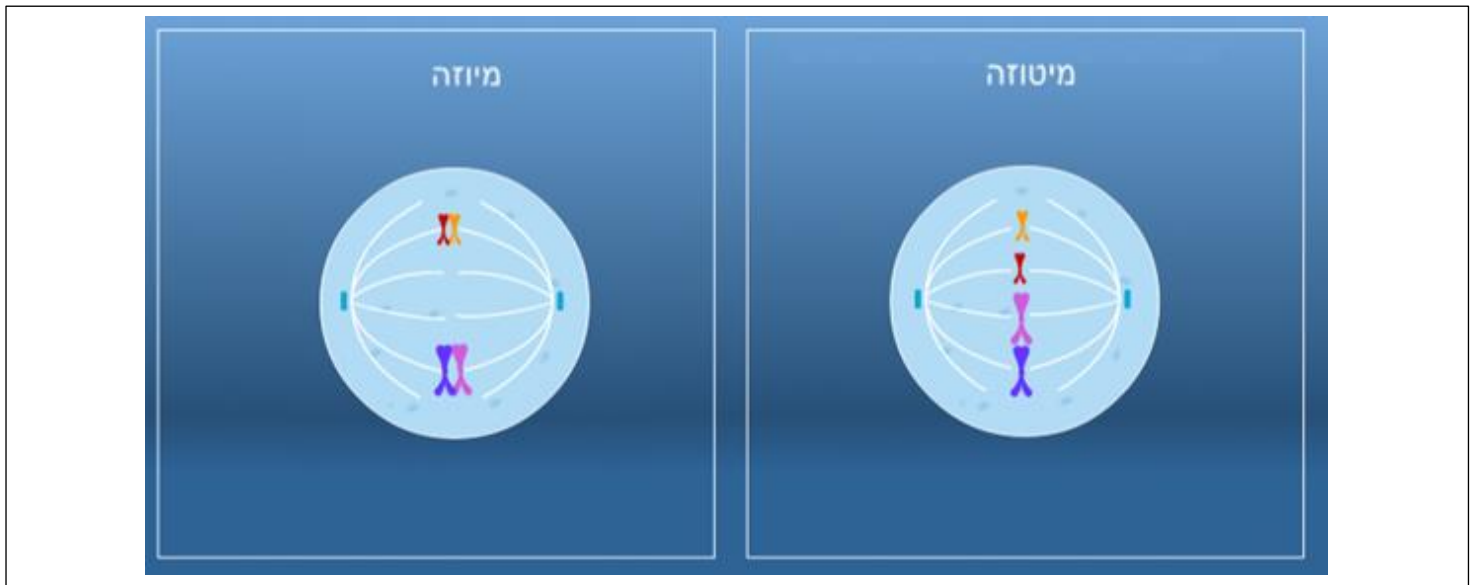
קרייטיפ של ילדה הלוקה בתסמונת דאון



אי הפרדה בין הכרומוטידות האחיות בחלוקה השנייה של המיטוזה

ד. השוואה בין מיטוזה למיזוזה

ההבדל המהותי בין תהליך המיטוזה לתהליך המיזוזה הוא **שבמיטוזה חלה הפרדה בין הכרומוזומים האחיות**, נוצרים שני תאי בת המכילים עותק אחד מכל כרומוזום, ובסך הכל את כל הכרומוזומים שהיו בתא האם. ואילו **במיזוזה חלה הפרדה בין זוגות הכרומוזומים הומומולוגיים**, ולכן בתאי הבת יש נציג אחד מכל זוג כרומוזומים הומומולוגיים, ובסך הכל יש בהם מחצית ממספר הכרומוזומים שהיו בתא האם.



בטבלאות הבאות נערכת השוואה בין שני תהליכי החלוקה – מיטוזה ומיזוזה:

מיטוזה		מיזוזה
1 בתהליך נוצרים תאי רבייה (גמטות).		1 בתהליך נוצרים תאי גוף (תאים סומטיים).
2 התהליך כולל שתי חלוקות.		2 התהליך כולל חלוקה אחת.
3 בתהליך נוצרים 4 תאים.		3 בתהליך נוצרים 2 תאים.
4 התאים הנוצרים הם הפלואידים (N).		4 התאים הנוצרים הם דיפלואידים (2n).
5 החלוקה מעשית לצורך יצירת תאי רבייה.		5 החלוקה מעשית לצורך: גדילה, תיקון ושחזור של רקמות.
6 המטען הגנטי אינו זהה בתאי הבת ואינו זהה לתא האם.		6 המטען הגנטי זהה בתאי הבת וזהה לתא האם.
7 בתהליך נפרדים כרומוזומים הומומולוגיים ומתבצע שחלוף.		7 בתהליך לא נפרדים כרומוזומים הומומולוגיים.

תיאור התהליך	מיטוזה	מיוזה
בתהליך נוצרים תאי גוף (סומטיים) חדשים	☐ נכון	☐ לא נכון
בתחילת התהליך הכרומוזומים כבר במצב מוכפל	☐ נכון	☐ נכון
במהלך החלוקה נוצרים סיבי כישור	☐ נכון	☐ נכון
התהליך כולל שתי חלוקות	☐ לא נכון	☐ נכון
תאי הבת הנוצרים הם הפלואידים	☐ לא נכון	☐ נכון
בתחילת החלוקה הכרומוזומים מתקצרים ומתעבים	☐ נכון	☐ נכון
תאי הבת שנוצרים זהים בהרכבם הגנטי זה לזה ולתא האם	☐ נכון	☐ לא נכון

סיכום פרק: מ-DNA לחלבון, בקרה ומוטציות

תכנית הלימודים:

רעיונות מרכזיים: החומר התורשתי מקודד ליצירת חלבונים, הבאים לידי ביטוי בתכונות. כל הגנום נמצא בכל התאים בגוף, אך בכל תא באים לידי ביטוי רק חלק מן הגנים. קיימת בקרה על ביטוי הגן המתאים בעוצמה, במקום ובזמן, בהתאם לתנאי הסביבה. במולקולות ה-DNA חלים לעתים שינויים.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים
מ-DNA לחלבון (8 שעות) -ביטוי החומר התורשתי נעשה בדרך כלל במסלול של: DNA RNA חלבון -ביטוי גנים מבוקר על ידי אותות תוך תאיים וחוץ תאיים. -באאוקריוטים – בקרה על ביטוי גנים יכולה להיות בכל אחד מהשלבים במסלול מ-DNA לחלבון. בקרה על ביטוי גנים -בעת התמיינות ביצורים רב תאיים נקבעים תפקודים שונים של התא באמצעות תהליכי בקרה על פעילות הגנים (הפעלה, השתקה).	גן, חומצה אמינית, צופן גנטי (קוד גנטי), קודון, ריבוזומים, תעתוק, תרגום, RNA-מוביל (tRNA), RNA-שליח (mRNA). אדין (A), גואנין (G), ציטוזין (C), תימין (T), אורציל (U) אנזים מתעתק DNA הורמונים, קולטנים תא גזע (stem cell). הערות: יש ללמד רק את הרעיון של קיום בקרה בשלבים השונים וחשיבותו. אין צורך להתייחס לפרטי הבקרה. חשוב להדגיש כי תא גזע הוא תא שלא עבר התמיינות סופית, בעל יכולת להתפתח לתאים מסוגים שונים, או להמשיך להתחלק כתא גזע. בתהליך ההתמיינות של התאים חשוב שיובן העיקרון בלבד.
מוטציות (2 שעות) -מוטציה היא שינוי ברצף הבסיסים ב-DNA. -מוטציות נקודתיות (החסרה, הוספה, החלפה). -לא כל שינוי ברמת ה-DNA מתבטא ברמת החלבון.	

סיכומים על פרק מ-DNA לחלבון:

- א. מ-DNA לחלבון
- ב. בקרה על ביטוי גנים
- ג. מוטציות

א. מ-DNA - לחלבון

החשיבות של פעילות האנזימים

ב-DNA יש מידע הקובע אלו חלבונים ייווצרו בתאים. לחלבונים יש תפקודים רבים, חלקם הם אנזימים, חלקם חלבוני מבנה, הורמונים ועוד. תוצאת הפעילות של החלבונים מתבטאת בתכונות של התאים, ושל היצור כולו.



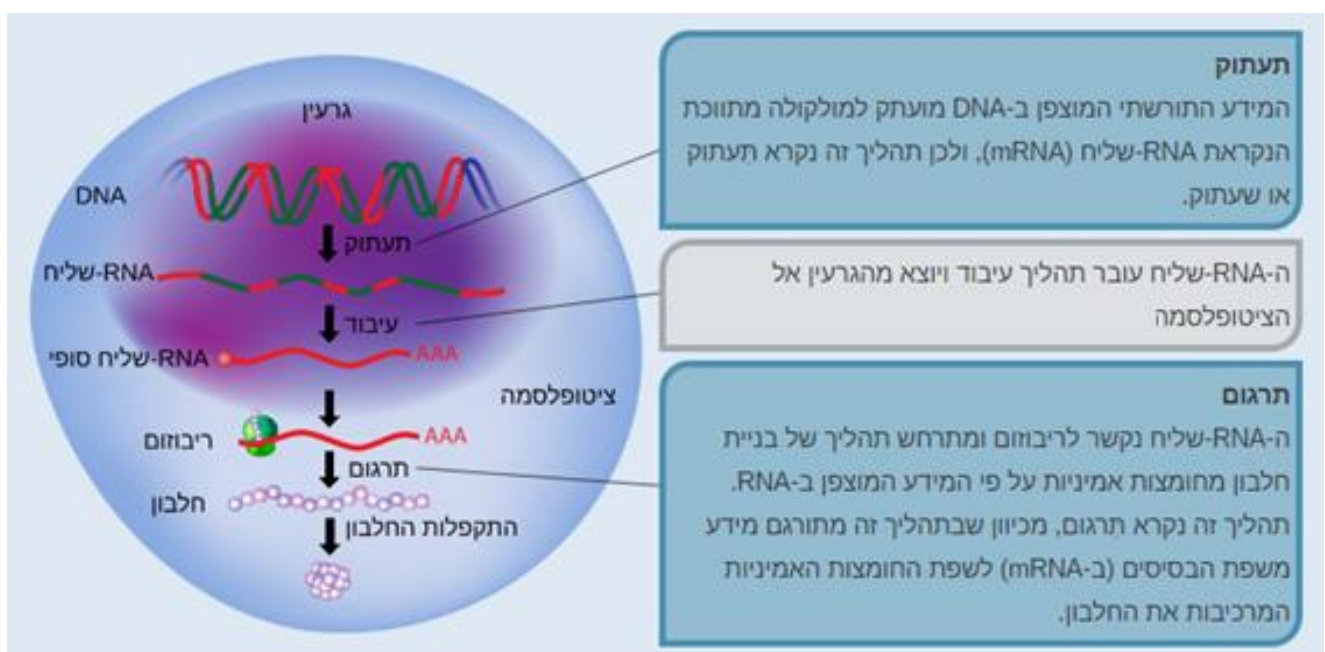
כיצד המידע ב-DNA קובע את סוג החלבון הנוצר?

מולקולות החלבונים הן שרשראות ארוכות של חומצות אמיניות. כל החלבונים בגוף הם צירופים של 20 סוגים בלבד של חומצות אמיניות! המידע הגנטי הדרוש ליצירת החלבון הוא למעשה רשימה של רצף החומצות האמיניות שמרכיבות אותו, והוא מצוי במקטע של DNA הנקרא גן. רצף של שלושה בסיסים (הנקרא קודון) לאורך אחד הגדילים של ה-DNA באזור הגן קובע חומצה אמינית אחת בחלבון. רצף השלשות בגן ב-DNA קובע את רצף החומצות האמיניות בחלבון כולו. מערכת ההתאמה בין כל שלשת בסיסים ב-DNA לבין כל אחת מ-20 החומצות האמיניות הקיימות בטבע נקראת **הקוד הגנטי** (או הצופן הגנטי).

תעתוק ותרגום

המידע ליצירת החלבונים נמצא בגרעין (ב-DNA), ואילו יצירת החלבונים מתרחשת בריבוזומים המצויים בציטופלסמה. המידע הדרוש ליצירת החלבונים מועבר באמצעות מולקולה מתווכת שנקראת RNA-שליח (mRNA). **בתאים פרוקריוטיים תהליך התעתוק ותהליך התרגום מתרחשים בציטופלסמה. בהמשך נתייחס לתהליך התעתוק ותהליך התרגום בתאים אאוקריוטיים.**

תהליך יצירת החלבונים כולל שני שלבים עיקריים:



תהליך התעתוק – פירוט

תהליך התעתוק מבוצע על ידי אנזים הנקרא אנזים מתעתק (RNA פולימראז) שמוסיף נוקליאוטידים על פי הרצף ב-DNA: מול ציטוזין (C) נקשר גואנין (G) ולהפך, מול תימין (T) נקשר אדינין (A) ומול אדינין נקשר לא תימין אלא נוקליאוטיד דומה לו שנקרא אורציל (U).

RNA (Ribo-Nucleic-Acid) – המתווך בתהליכי תעתוק ותרגום

ה-RNA-שליח הוא סוג של חומצת גרעין. מלבדו יש בתא עוד סוגים של RNA. נציין שניים מתוכם: RNA-מוביל (tRNA) ו-rRNA המרכיב את הריבוזומים. כמו ה-DNA גם ה-RNA בנוי מנוקליאוטידים.

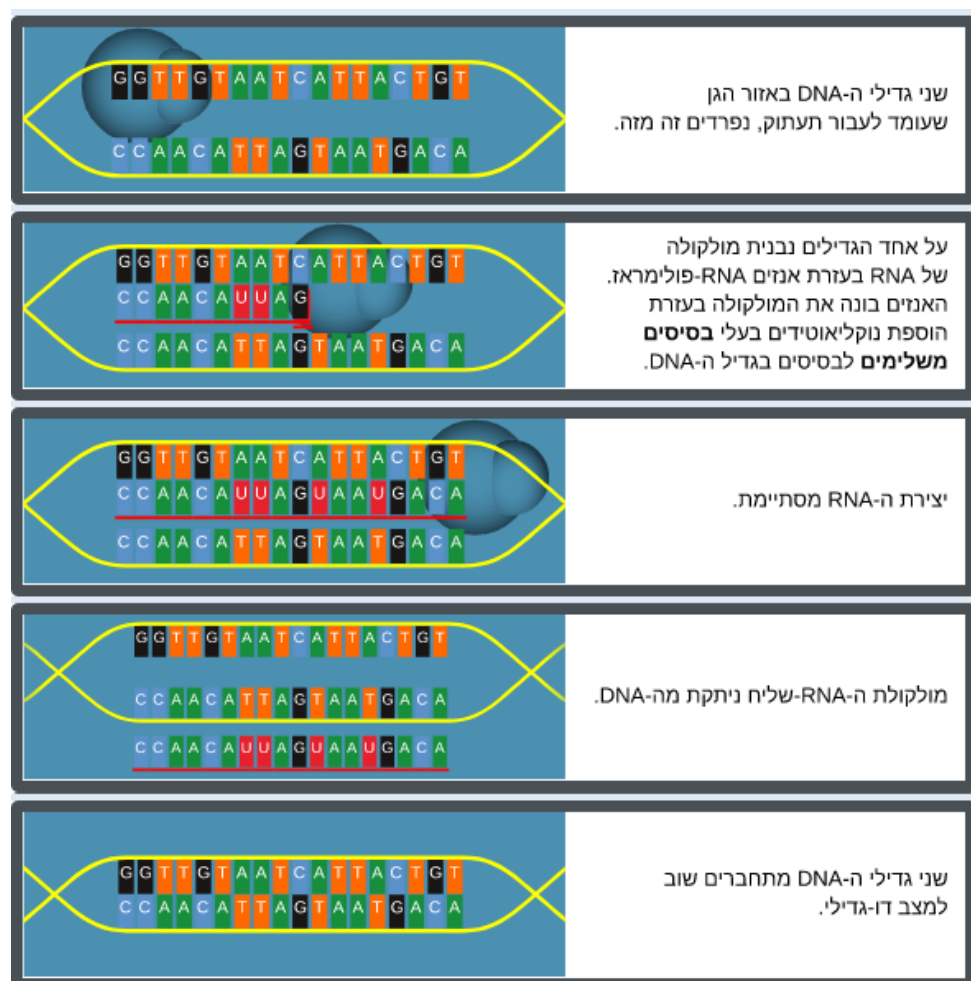
יש שלושה הבדלים בין ה-DNA ל-RNA:

מולקולת ה-DNA היא דו-גדילית לכל אורכה, ואילו מולקולות ה-RNA ברובן הן חד-גדיליות.

אחד מארבעת הנוקליאוטידים שונה: ב-RNA יש אורציל (U) במקום תימין. שאר הנוקליאוטידים (אדינין, ציטוזין וגואנין) משותפים לשניהם.

הסוכר המרכיב את הנוקליאוטידים הוא שונה: ב-RNA הסוכר הוא ריבוז, ואילו ב-DNA הוא דאוקסיריבוז.

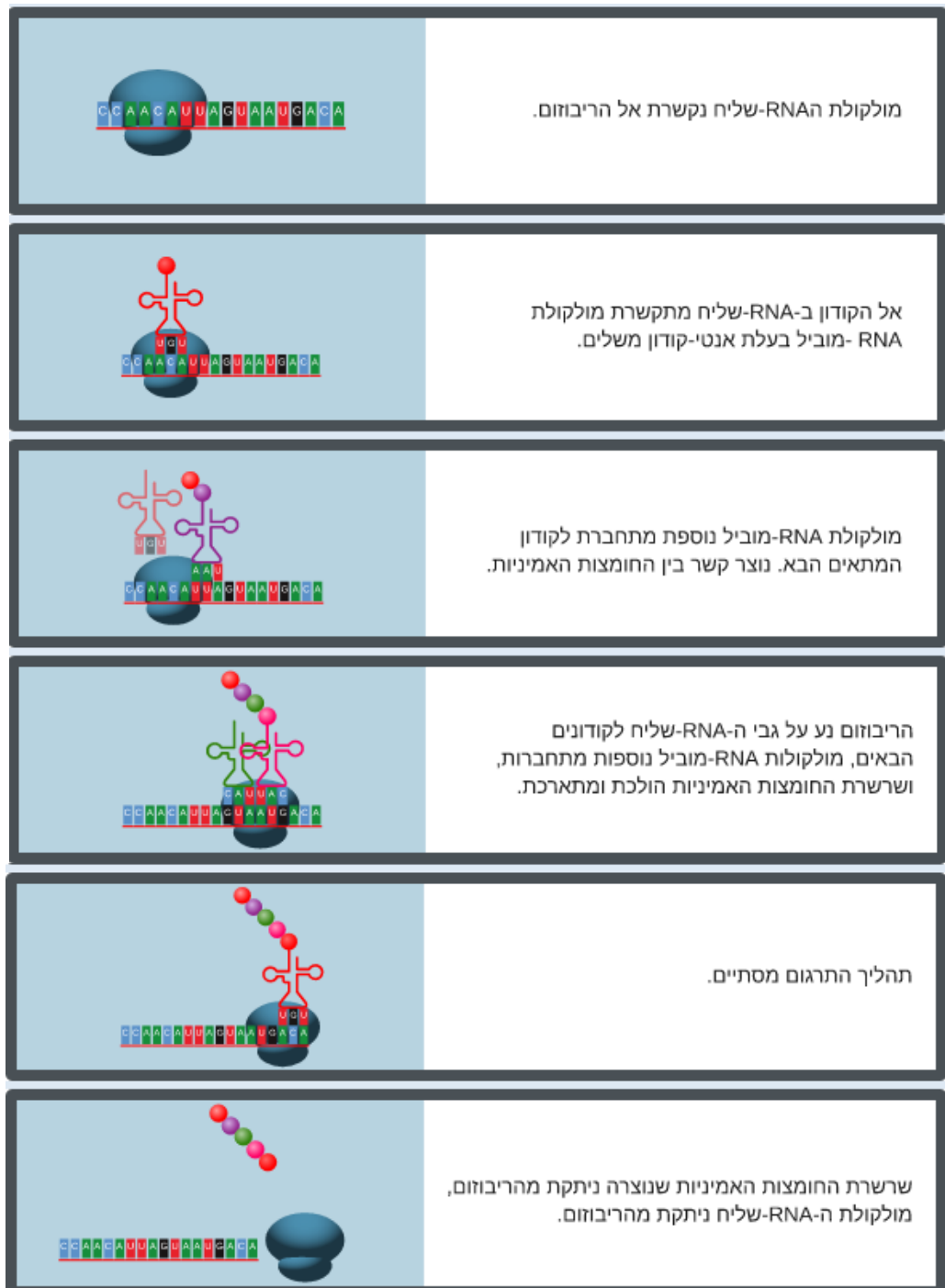
שלבי תהליך התעתוק:



תהליך התרגום – פירוט

תהליך התרגום הוא תהליך יצירת חלבון בריבזומים על פי ה-RNA שליח (mRNA). התהליך נקרא תרגום מאחר שבתהליך הזה מידע משפת הנוקליאוטידים (A U C G) מתורגם לשפת החומצות האמיניות.

שלבי התהליך:



התחלת תעתוק ה-RNA-שליח הוא מקודון שמציין "התחלת קריאה"; זהו ה-AUG שהוא גם הקודון לחומצה האמינית מתיאנין. התרגום מסתיים בקודון שמורה "הפסקת קריאה" (יש שלושה קודונים כאלה UGA, UAG, UAA).

לאחר היווצרותו, החלבון עובר תהליכי עיבוד שכולל הסרת קטעים מסוימים, והוספת קטעים אחרים, ורק לאחר מכן הוא עובר לציטופלסמה. (בתאים פרוקריוטיים לא מתקיים תהליך עיבוד).

התקפלות החלבונים ושינועם בתא

החלבון הנוצר בתהליך התרגום מתקפל למבנהו המרחבי הייחודי. קיפול שגוי של החלבון משנה את מבנהו המרחבי ועלול לגרום לשיבוש פעילותו ולמחלות שונות.

לאחר ההתקפלות מתרחשים בחלבון תהליכי עיבוד נוספים במערכת גולג'י (בתאים אוקריוטיים), והוא משונע אל המקום בתא שבו הוא פועל. תהליכי בקרה מורכבים מכוונים את תהליכי שינוע החלבונים בתא לאתרי הפעילות שלהם.

בתא נוצרים אלפי סוגים של חלבונים. חלקם פעילים בתא שבו הם נוצרים וחלקם מופרשים מן התא אל אתרי יעד אחרים בגוף (לדוגמה, אנזימי עיכול המיוצרים בתאי דופן צינור העיכול ומופרשים אל חלל הצינור).

מונחים (מהסילבוס): גן, חומצה אמינית, צופן גנטי (קוד גנטי), קודון, ריבוזומים, תעתוק, תרגום, RNA-שליח (m-RNA), RNA-מוביל (t-RNA), אדינין (A), גואנין (G), ציטוזין (C), תימין (T), אורציל (U) אנזים מתעתק DNA.

ב. בקרה על פעילות גנים

בכל התאים פועלים מנגנוני בקרה הקובעים אילו גנים יתבטאו בכל תא, וכן את העיתוי ואת מידת הביטוי של הגנים בתאים שונים.

לגבי גנים המקודדים לחלבונים, המשמעות של המונח "ביטוי גנים" היא שהגנים עוברים תהליכי תעתוק ותרגום שבסופם נוצר חלבון פעיל.

הבקרה מתקיימת בשלבים השונים במסלול מ-DNA לחלבון, החל מרמת ה-DNA, דרך רמת עיבוד ה-RNA ותרגום ה-RNA לחלבון, וכלה בפעילות החלבון.

ביטוי הגנים בכל רמות הבקרה מבוקר על ידי אותות תוך-תאיים כמו חומרים שונים או נזקים שנגרמים ל-DNA, ועל ידי אותות חוץ-תאיים כמו הורמונים, גורמי גדילה, מתווכים עצביים ועוד.

בכל התאים מצוי חומר תורשתי זהה, אולם לא כל הגנים מתבטאים בתאים במידה שווה. מנגנוני בקרה שונים קובעים אילו גנים מתוך כלל הגנום המצוי בגרעין יתבטאו.

גנים הקשורים בתהליכי חיים בסיסיים מתבטאים בכל התאים. גנים אלה מכונים "גנים של משק בית". לדוגמה, גנים המקודדים לאנזימים של תהליך הנשימה התאית.

תהליכי הבקרה חיוניים להתפתחות תקינה של איברים ורקמות, מאפשרים לגוף להתמודד עם שינויים בתנאי סביבה, ומונעים בזבז משאבים שלא לצורך.

תהליכי בקרה בהתפתחות העוברית

תאי העובר הראשונים נקראים תאי גזע עובריים. תא גזע הוא תא לא ממוין שיכול להתחלק ולהתמין לסוגי תאים שונים. תאי הגזע העובריים יכולים להתמין לכל סוגי התאים בגוף.

במהלך ההתפתחות העוברית מופעלים תהליכי בקרה מורכבים שגורמים להתמיינות תאי הגזע העובריים לתאים המרכיבים את הרקמות השונות בגוף, כגון תאי עצב ותאי שריר.

בתהליך ההתמיינות חלים שינויים בתא: גודל, צורה, מטבוליות, ורגישות לאותות חיצוניים. בדרך כלל החומר הגנטי נשאר זהה.

ההתמיינות היא תוצאה של השתקה בלתי הפיכה של גנים מסוימים באמצעות סימון. בעת חלוקות התא ה-DNA משתכפל, כולל סימון הגנים הכבויים.

הגנים האחרים שלא הושקו במהלך ההתמיינות, אינם מתבטאים כל הזמן. בתאים קיימים מנגנוני בקרה הקובעים את העיתוי ואת עוצמת הביטוי שלהם.

הבנת תהליכי הבקרה הגורמים להתמיינות תאי גזע לתאים שונים מאפשרת שימוש בהם לצרכים רפואיים.

תאי גזע בבוגר

גם באורגניזם הבוגר יש תאים המסוגלים להתמין ולהתמחות. תאים אלו נקראים בבעלי-חיים תאי גזע. התחלקות תאי הגזע והתמיינותם מאפשרת תהליכי גדילה, שחזור רקמות שנפגעו עקב פציעה, וחיידוש רקמות כמו אפיתל המעי, העור ורקמת הדם.

תאי הגזע בבוגר הם בעלי פוטנציאל התמיינות קטן יותר מאשר תאי הגזע העובריים. לדוגמה, תאי הגזע של מח העצמות מתמיינים לתאי הדם השונים אך לא לתאי רקמות מסוג אחר.

מונחים (מהסילבוס):

הורמונים, קולטנים, תא גזע (stem cell), הפעלה והשתקה של גנים.

ג. מוטציות

מוטציה היא שינוי ברצף הנוקליאוטידים ב-DNA. שינויים אלה עלולים להתרחש באופן טבעי בזמן שכפול ה-DNA- בשל טעויות של האנזים המשכפל, או כתוצאה מהשפעה של גורמים סביבתיים כגון קרינה. שינויים אלה עלולים לגרום לשינוי בחלבונים ועקב כך לשינוי בתכונות. סוג המוטציות והמקום ב-DNA שבו הן מתרחשות הם אקראיים.

בתאים מתרחשות באופן טבעי מוטציות עקב טעויות של האנזים המשכפל, או בהשפעת גורמים סביבתיים המכונים מוטגנים ("יוצרי מוטציות"). המוטגנים יכולים להיות פיזיקליים (כמו קרינה בעלת אנרגיה גבוהה), חומרים כימיים או גורמים ביולוגיים (כמו נגיפים). גורמים אלה עלולים לגרום פגיעה במבנה כתוצאה מיצירת קשרים כימיים שגויים או חיבור קבוצות כימיות לבסיסים ב-DNA, יצירת שברים במולקולות ה-DNA ועוד.

רוב המוטציות מתקנות על ידי אנזימי תיקון הסורקים את ה-DNA, מאתרים את הפגמים ומתקנים אותם.

יש שני סוגים עיקריים של מוטציות:

- מוטציות נקודתיות שבהן השינוי הוא בבסיס אחד.
- מוטציות כרומוזומליות שבהן השינוי הוא בקטעים גדולים של ה-DNA. לדוגמה: שבירה של קטעים, שבירה והדבקה במהופך או במיקום שונה באותה מולקולת DNA או באחרת.

השפעות אפשריות של מוטציה נקודתית מסוג של החלפת בסיס על החלבון:



מוטציות של הוספה או החסרה של בסיס

מוטציה נקודתית מסוג הוספת בסיס או החסרתו גורמת להסטת מסגרת הקריאה וכתוצאה מכך לשינוי רצף הקודונים מנקודת המוטציה ואילך, ובהתאמה גם לשינוי ברצף החומצות האמיניות. החלבון הנוצר שונה במידה ניכרת מהחלבון המקורי ופעילותו נפגעת, בדרך כלל לחלוטין. המוטציה מובילה לרוב גם לשינוי אורך החלבון עקב יצירת קודון הפסקת תרגום מוקדם או ביטול קודון הפסקת תרגום.



מוטציות בתאי הגוף (תאים סומטיים) עשויות להתבטא בצורה מקומית בתאים שהן נוצרו בהם ובתאים הנוצרים מהם, ואילו מוטציות בתאי הרבייה עשויות להתבטא בדורות הבאים.

טעויות בתעתוק עשויות לגרום ליצירה זמנית בלבד של חלבונים פגומים, שלא כמו טעויות בשכפול הגורמות למוטציות קבועות וליצירת חלבונים פגומים דרך קבע בתא שבו אירעה המוטציה ובתאים שנוצרים מחלוקתו.

מוטציות – הטוב והרע

מוטציות – הרע

רוב המוטציות מזיקות לתפקוד התא או האורגניזם השלם. הן גורמות ליצירת חלבונים פגומים שאינם מתפקדים או מתפקדים בצורה פחות יעילה. מוטציות באזורי בקרה של גן עלולה לגרום לכך שלא יתרחש תעתוק של הגן ולכן החלבון לא ייווצר, או שהוא ייווצר בכמות קטנה מהדרוש.

פגיעה בפעילות החלבונים עלולה לגרום למחלות. מוטציות בגנים המעורבים בתהליך חלוקת התא עלולות לגרום לסרטן.

מוטציות – הטוב

לא כל המוטציות מזיקות, לעיתים רחוקות נוצרות מוטציות המשפרות את תפקוד האורגניזם ואת מידת התאמתו לסביבה (כמו הדוגמה של גן מילנו), או מוטציות ניטרליות שאינן משפיעות על השרידות וההתרבות.

החשיבות האבולוציונית של המוטציות

המוטציות מגדילות את השונות גנטית בין הפרטים באוכלוסייה. על שונות זו פועלת הברירה הטבעית: פרטים הנושאים תכונות המקנות להם יתרון בתנאי סביבה שורדים, מתרבים ומעמידים צאצאים הנושאים את תכונותיהם, ובהדרגה עולה שיעורם באוכלוסייה ביחס לפרטים שאין להם את התכונות האלה. אם תנאי הסביבה משתנים, פועלת הברירה הטבעית באותו האופן לטובת אלה המותאמים לתנאים החדשים. לעיתים שינוי בסביבה הופך מוטציה שהייתה בעבר ניטרלית או אפילו

מזיקה למועילה, ולעיתים תכונה שבעבר העניקה יתרון לפרט, מקטינה את סיכוייו לשרוד ולהתרבות בתנאים החדשים. תהליכים אלה מביאים להשתנות האוכלוסיות במהלך הדורות.

סיכום פרק: תורשה מנדלית

תכנית הלימודים:

רעיונות מרכזיים: קיימים כללים שעל פיהם בא לידי ביטוי האופי ההסתברותי של מעבר התכונות מדור לדור.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים
תורשה מנדלית (10-12 שעות) דרך ההורשה של תכונה אחת, היחסים המספריים בין הפנוטיפים, הכלאות מבוקרות. -גנים מרובי אללים -הורשה בתאחיזה לזוויג -גנטיקה במשפחת האדם: סוגי דם, דממת (המופיליה), עיוורון צבעים.	אלל, אלל דומיננטי, אלל רצסיבי, גן, גנוטיפ, , דור ההורים (P), דור צאצאים ראשון (F1), דור צאצאים שני (F2), הומוזיגוט, הטרוזיגוט, הכלאת מבחן, זוויג, זן (גזע) טהור, פנוטיפ, קודומיננטיות, שושלות.

סיכומים על פרק תורשה מנדלית:

- א. תורשה מנדלית – מונחי יסוד
- ב. קודומיננטיות ותכונות מרובות אללים
- ג. תורשה אחוזה ב-X

א. תורשה מנדלית – מונחי יסוד

מנדל- אבי הגנטיקה

מאפייני מחקריו של מנדל



מנדל עקב אחר אופן ההורשה של כמה תכונות של צמח האפונה (כגון צבע הזרע, צבע התרמיל). הוא בחר תכונות שיש להן שני פנוטיפים בולטים, לדוגמה: צבע זרע צהוב או ירוק, ובכל מחקר הכליא בין זוגות רבים של הורים מזן טהור בעלי פנוטיפ אחר, ובדק את מספר הצאצאים בעלי הפנוטיפים השונים בדור הראשון והשני. מכיוון שהוא התייחס למספר רב של הכלאות בין אותם טיפוס הורים כאל הכלאה אחת, מספר הצאצאים הכולל שהוא קיבל היה גדול, וכך נמנעו טעויות של סטיות מקריות מהתוצאות הצפויות. גישה מחקרית זו הובילה אותו לניסוח חוקי התורשה הבסיסיים שמקובלים עד היום.

התכונות שמנדל בדק:

זרע		צבע פרח	תרמיל		גבעול	
צורה	צבע		צורה	צבע	עמדת הפרחים	גובה
						
חלק	צהוב	לבן	חלק	צהוב	פרחים לאורך הגבעול	גבוה
						
מחוספס	ירוק	סגול	מקומט	ירוק	פרחים בקצה הגבעול	נמוך
1	2	3	4	5	6	7

חוקי התורשה של מנדל

על סמך מחקריו הגיע מנדל למסקנות הבאות:

לכל פרט יש בכל גן שני אללים.

שני האללים נפרדים זה מזה בעת יצירת הגמטות (תאי הרבייה), ולכן בתאי המין יש רק אלל אחד מכל גן – קביעה זו נקראת עקרון ההתפצלות או הכלל הראשון של מנדל.

כאשר הגמטה הזכרית (תא זרע) והגמטה הנקבית (תא ביצה) מתלכדים בעת תהליך ההפריה, נוצרת זיגוטה (ביצה מופרית) ובה שוב יש שני אללים לכל גן, וכך גם בכל תאי גופו של היצור הנוצר מן הזיגוטה.

דוגמה: תורשה של צבע התרמיל באפונה

P: GG (ירוק) $\times$ gg (צהוב)

גמטות: G g

F₁: Gg (ירוק) $\times$ Gg (ירוק)

לכל גן (ביצור דיפלואידי) יש שני אללים. בהומוזיגוט – שני האללים זהים זה לזה, בהטרוזיגוט – שני האללים שונים זה מזה. בעת היווצרות הגמטות בתהליך המיזוג, חלה הפרדה בין האללים, ולכן בכל גמטה יש אלל אחד מכל גן. בזיגוטה הנוצרת מהתלכדות הגמטה הזכרית והגמטה הנקבית, שוב יש שני אללים מכל גן (בגנים הנמצאים בכרומוזומים שאינם כרומוזומי מין).

ההתלכדות של גמטה זכרית וגמטה נקבית היא אקראית, ולכן אפשר לחשב את היחס הצפוי בין הצאצאים בעלי גנוטיפים או פנוטיפים שונים זה מזה לפי שכיחות טיפוס הגמטות השונים שיצרו ההורים.

ככל שמספר הצאצאים הנבדקים גדול יותר, כך גדל הסיכוי לקבלת יחס הצאצאים הצפוי.

הכרת שלבי תהליך המיזוג מספקת חיזוק לנכונות כללי התורשה שמנדל מצא.

מילון מונחים

גן: יחידה בסיסית של התורשה הנושאת מידע מאורגניזם לצאצאיו אחריו. לדוגמה, הגן הקובע את צבע התרמיל (ירוק או צהוב).

אלל: אחד ממופעייו של גן. ליצור דיפלואידי יש בתאי הגוף שני אללים לכל גן, האחד מקורו מן האם והאחר מקורו מן האב (יש חריגים לכך). לדוגמה, לגן הקובע את צבע התרמיל יש אלל הקובע צבע ירוק ואלל הקובע צבע צהוב. מנדל הנהיג לראשונה את שיטת הסימול המקובלת עד היום, סימול כל גן הקובע תכונה, באות. לדוגמה: הגן הקובע את צבע התרמיל מסומל באות G או g, כאשר G=אלל הקובע צבע ירוק, g=אלל הקובע צבע צהוב.

גנוטיפ: הרכב האללים של יצור של גן אחד (או של גנים אחדים).

הומוזיגוט (לגן כלשהו): פרט ששני האללים שלו זהים (לדוגמה: GG או gg).

הטרוזיגוט (לגן כלשהו): פרט ששני האללים שלו שונים (לדוגמה: Gg).

פנוטיפ: ביטוי של תכונה או תכונות של הפרט, הנקבעות על פי הגנוטיפ שלו (לדוגמה: תרמיל ירוק/צהוב). במקרים רבים הפנוטיפ מושפע גם מתנאי הסביבה.

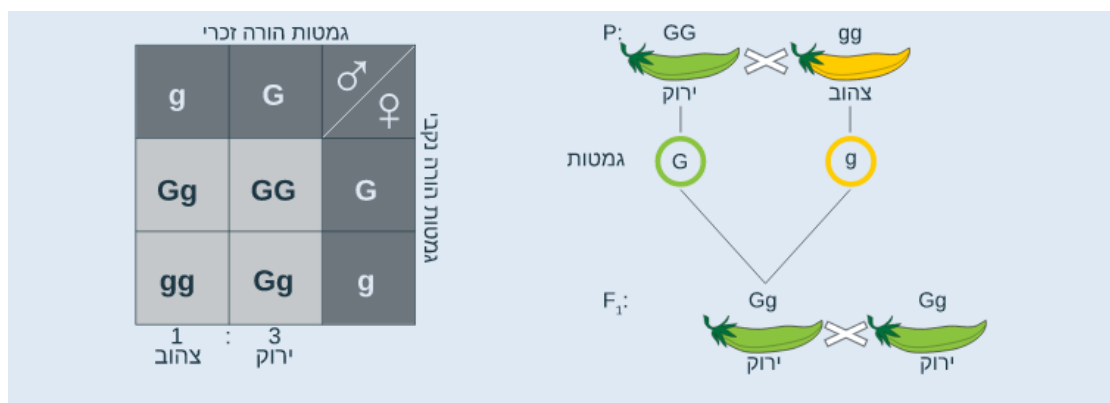
אלל דומיננטי (דומיננטי=שולט): אלל שמתבטא גם בפרט הומוזיגוט וגם בפרט הטרוזיגוט. נהוג לסמן את האלל הדומיננטי באות גדולה (לדוגמה G).

אלל רצסיבי (רצסיבי=נסוג): אלל המתבטא רק בפרט הומוזיגוט אך אינו מתבטא בהטרוזיגוט לאלל זה. נהוג לסמן אותו באות קטנה (לדוגמה g).

זן טהור: קבוצת פרטים שלכל הצאצאים מהכלאה ביניהם יש אותו פנוטיפ. מקובל לקבוע שזן הוא טהור אם מתקיימות הכלאות במשך מספר דורות, ובכולם מתקבל אותו פנוטיפ.

דרכי תיאור הכלאה

מקובל לתאר הכלאה בתרשים או בטבלה.

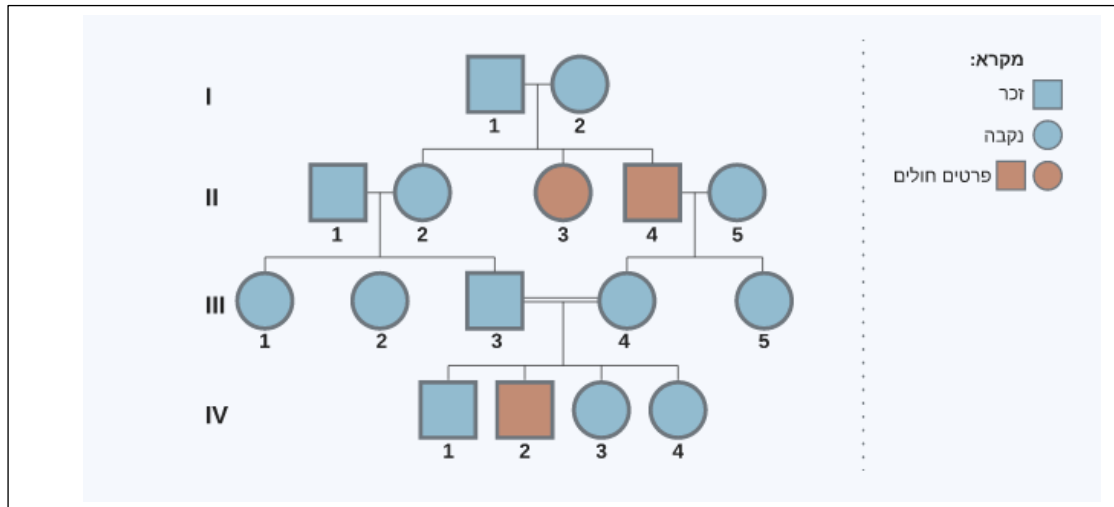


שושלות

הדרך לחקור את דגם ההורשה של תכונות באדם הוא באמצעות ניתוח שושלות. בשושלת נהוג לסמן את הנקבות בעיגול והזכרים בריבוע. בעלי התכונה הנחקרת יסומנו בעיגול או ריבוע מושחר. קו בין

שני פרטים מסמן קשר זוגי, קו שנמתח מהם כלפי מטה מסמן את הצאצאים. ספרות רומיות מסמנות את מספר הדור והפרטים בכל דור מסומנים בספרות.

דוגמה לשושלת:



יחסי דומיננטיות-רצסיביות

בין שני אללים של אותו הגן יכולים להיות יחסי דומיננטיות-רצסיביות. אלל דומיננטי מתבטא תמיד בפנוטיפ. אלל רצסיבי מתבטא בפנוטיפ רק אצל הומוזיגוט רצסיבי.

כאשר לפרט יש תכונה תורשתית שאינה מופיעה אצל הוריו, אפשר להניח שהאלל לתכונה הוא רצסיבי.

כאשר לפרט יש תכונה דומיננטית, היא מופיעה אצל אחד מהוריו לפחות.

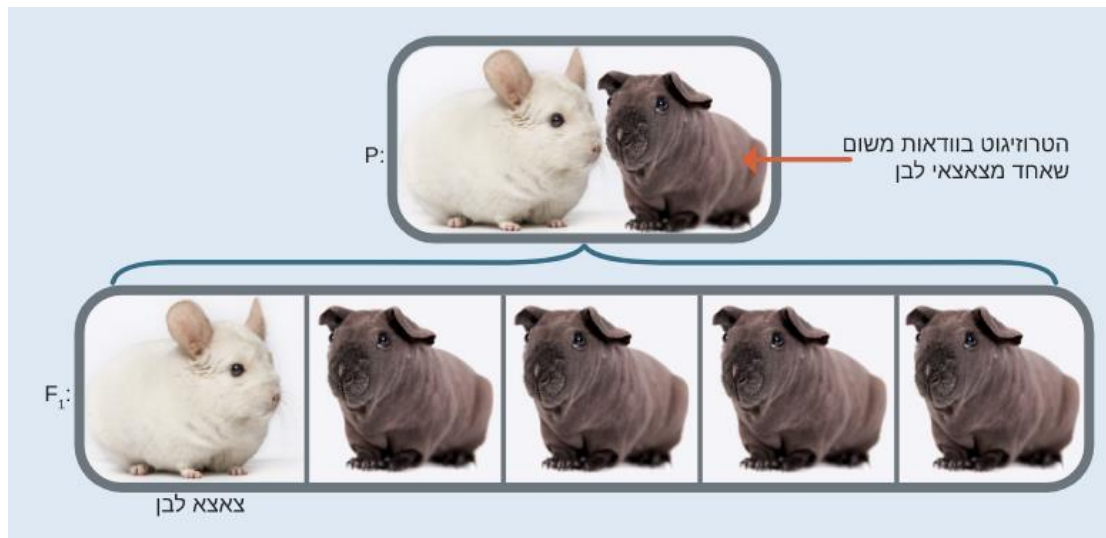
הכרת הקשר בין גן לחלבון מאפשרת להסביר יחסי דומיננטיות-רצסיביות בין אללים. לדוגמה, אלל שמקודד לחלבון פעיל יהיה דומיננטי על אלל שמקודד לחלבון שאינו פעיל, משום שתוצאות פעילות החלבון מתבטאות בפנוטיפ.

הכלאת מבחן

הכלאת מבחן היא הכלאה של פרט בעל פנוטיפ דומיננטי בגן כלשהו (שהגנוטיפ שלו אינו ידוע), עם פרט שהוא הומוזיגוט לאלל הרצסיבי באותו גן. ההכלאה נערכת כדי לקבוע את גנוטיפ ההורה, הנבחן לפי הצאצאים. אם בין הצאצאים מופיע לפחות פרט אחד בעל פנוטיפ רצסיבי, זו הוכחה לכך שההורה הנבדק הוא לדוגמה: בשרקנים האלל לצבע פרווה שחור (A) דומיננטי על האלל לצבע פרווה לבן (a).

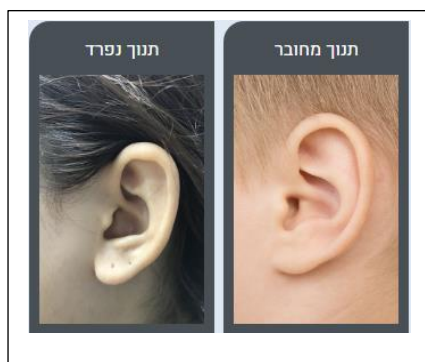
כדי לקבוע אם שרקן שחור מסוים הוא הומוזיגוט דומיננטי או הטרוזיגוט, מכליאים אותו עם שרקנית לבנה.

אם בין הצאצאים מופיע שרקן לבן, סימן שההורה השחור הוא הטרוזיגוט. לעומת זאת, אי הופעת שרקן לבן בין הצאצאים אינה הוכחה חותכת לכך שההורה השחור הוא הומוזיגוט, משום שגם אם הוא הטרוזיגוט, לעיתים יש סטיות מהיחס המצופה של הצאצאים. הטרוזיגוט.



מדוע לא תמיד מתקבל ייחס הצאצאים הצפוי?

לא תמיד מתקבלים צאצאים על פי ייחס הצאצאים המחושב. במדגמים קטנים ייתכנו סטיות גדולות מהייחס הצפוי, וככל שגודל המדגם גדול יותר, כך היחס בין הצאצאים הולך ומתקרב לייחס הצפוי.



לדוגמה, תכונת תנוך אוזן נפרד דומיננטית על תכונת תנוך אוזן מחובר. גבר בעל תנוכי אוזניים נפרדים שהוא הטרוזיגוט לתכונה זו, נישא לאישה בעלת תנוכי אוזניים מחוברים. ייחס הצאצאים הצפוי אצלם הוא 1:1. הסיבה לכך היא שבכל הביציות יש אלל לתנוך מחובר, ובמחצית מתאי הזרע של האב יש את האלל לתנוך נפרד ובמחצית יש את האלל לתנוך מחובר, ולכן יש אותה הסתברות להפריה של ביצית עם תא זרע עם האלל האחד או עם האלל האחר. אולם ייתכן שבאופן מקרי בשתי ההפרייות הייתה התלכדות של תא ביצית ותא זרע שנושאים את האלל הרצסיבי. ככל שייבדקו מספר גדול של זוגות בעלי גנוטיפים כאלה, צפוי שהיחס בין כל הצאצאים יהיה קרוב יותר לייחס הצפוי.

סיבות נוספות לכך שהיחס בין הצאצאים שונה מהצפוי לפי חוקי מנדל:

מרבית התכונות לא מושפעות מגן אחד יחיד.

לא תמיד מתקיים ייחס של דומיננטיות-רצסיביות בין שני אללים.

השפעת הסביבה על ביטוי הגנים.

גנים שנמצאים על כרומוזומי הזוויג (X ו-Y ביונקים).

ב. קודומיננטיות ותכונות מרובות אללים

קודומיננטיות

יש תכונות הנקבעות על ידי אללים שיש ביניהם יחסי דומיננטיות-רצסיביות, אך תכונות רבות אחרות מושפעות מאללים שיחסי הגומלין ביניהם אינם מוחלטים כל כך. יש מקרים שבהם שני האללים משפיעים במידה שווה. לתופעה זו קוראים קודומיננטיות. נהוג לסמן אללים קודומיננטיים באותה אות עם מספר שונה, לדוגמה: R^1 ו- R^2 .

יש שני מקרים של קודומיננטיות:

א. להטרוזיגוט יש פנוטיפ ביניים בין שני הפנוטיפים של ההומוזיגוטים. לדוגמה: אם אחד הגנים מקודד לאנזים שמייצר צבען, והגן השני לא מקודד, כמות הצבען שנוצרת בהטרוזיגוט היא מחצית מהכמות הנוצרת בהומוזיגוט, ולכן יש לו צבע בהיר.

ב. בהטרוזיגוט מתבטאים הפנוטיפים של שני הגנים. לדוגמה: גן אחד מקודד לאנזים שמייצר צבען אדום והאחר מקודד לאנזים שמייצר צבען כחול. בהטרוזיגוט נוצר גם צבען כחול וגם אדום, והצירוף של שניהם נראה סגול. גם בתורשת סוגי הדם (כפי שיפורט בהמשך) הגן I^A והגן I^B מתבטאים בהטרוזיגוט שיש לו סוג דם AB.

דוגמאות:



תכונה מרובת אללים – תורשת סוגי הדם באדם (מערכת ABO)

A, B, AB, O, נקבע על ידי גן באוכלוסייה שיש לו שלושה סוגי אללים. בניגוד לתכונות שהוזכרו קודם, שכל אחת מהן נקבעת על ידי שני אללים, כאן מדובר בתכונה מרובת אללים.

כמו בכל הגנים, לכל אדם יש רק שני אללים לגן זה.

האלל I^A מקודד לחומר A הנמצא בקרום תאי הדם האדומים.

האלל I^B מקודד לחומר דומה B.

לאלל i אין תוצר חלבוני.

בין האללים I^A ו- I^B יש יחסי קודומיננטיות.

כל אחד מן האללים IA ו-IB דומיננטי לאלל i.

פנוטיפ	האנטיגן בקרום תאי הדם האדומים	גנוטיפ
סוג דם A	 A	$I^A i$ או $I^A I^A$
סוג דם B	 B	$I^B i$ או $I^B I^B$
סוג דם AB	 AB	$I^A I^B$
סוג דם O	 O	ii

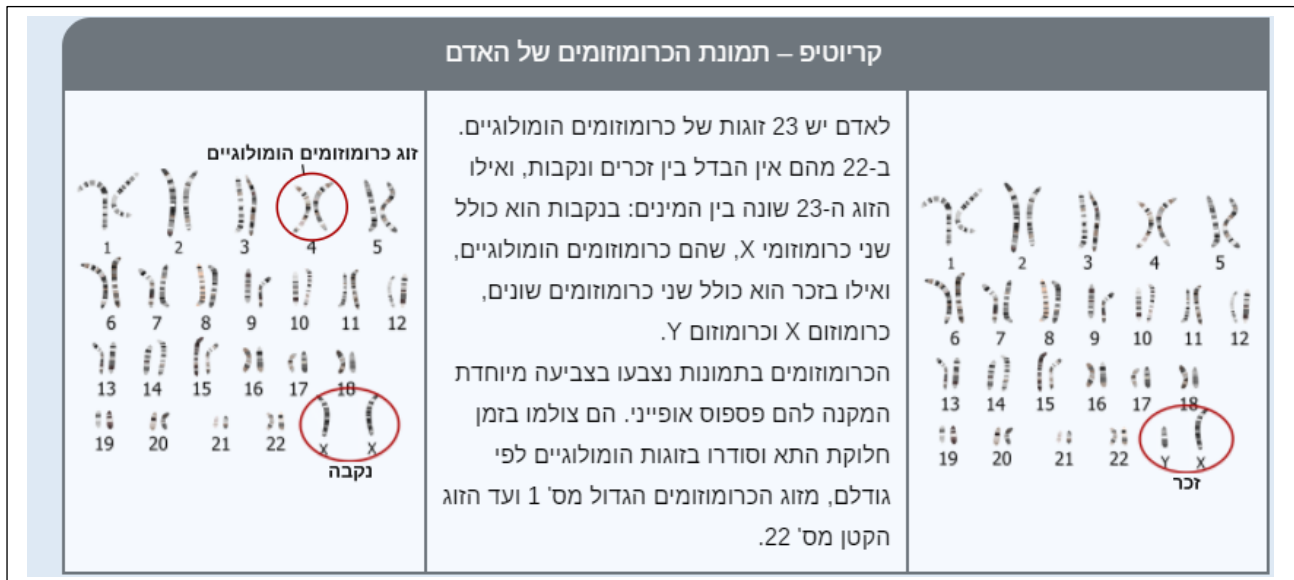
השוואה: דומיננטיות רצסיביות, קודומיננטיות ותכונות מרובות אללים

מספר האללים באוכלוסייה	מספר האללים בגן בפרט אחד	מספר פנוטיפים אפשריים	
2	2	2	יחסי דומיננטיות-רצסיביות
2	2	3	קודומיננטיות
3 ומעלה	2	3 ומעלה	תכונה מרובת אללים

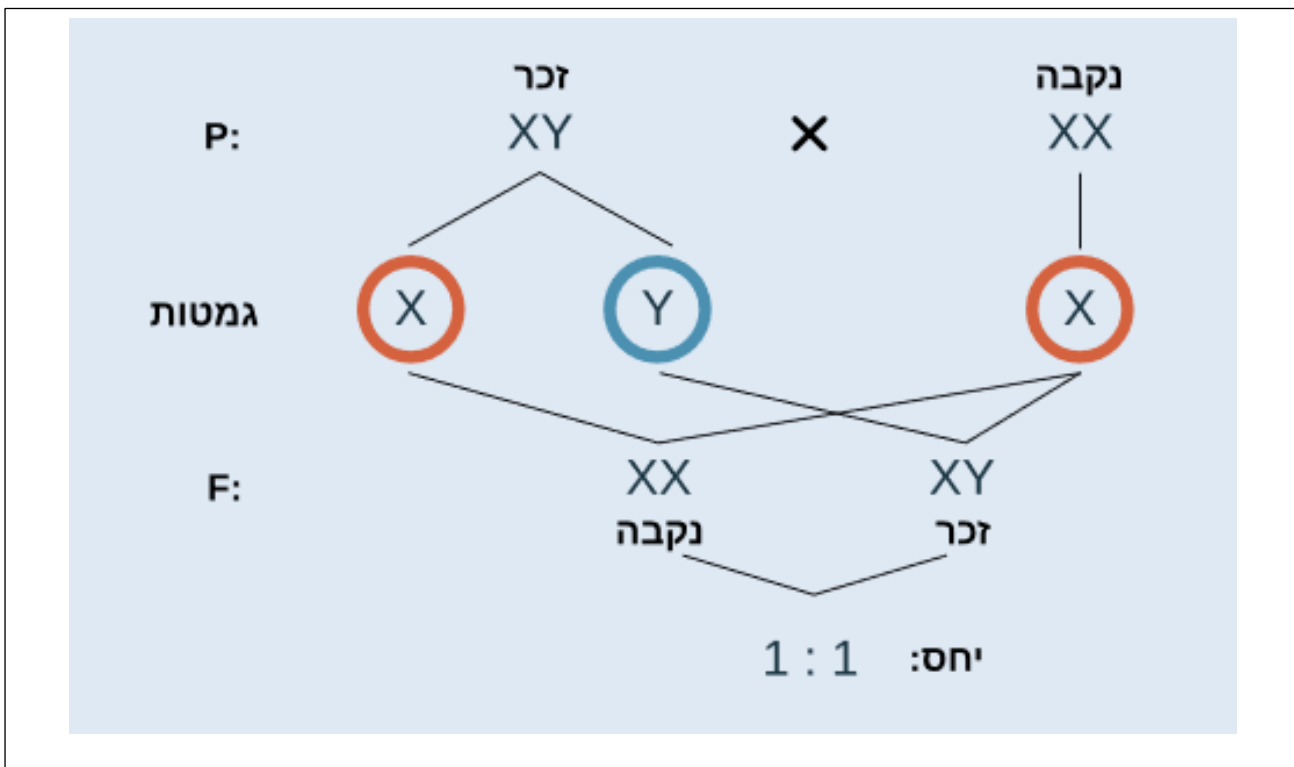
ג. תורשה אחוזה ב-X (בזוויג)

קביעת המין (הזוויג באדם) – זכר או נקבה

לאדם 22 זוגות כרומוזומים הומולוגיים הנקראים אוטוזומים, זוג נוסף של כרומוזומים הנקראים כרומוזומי הזוויג. לנקבות יש שני כרומוזומי X, ואילו לזכר יש כרומוזום X אחד וכרומוזום Y. כרומוזום Y הוא כרומוזום קטן, ויש עליו מעט גנים הקשורים לקביעת הזכריות. על כרומוזום X יש גנים רבים הקשורים לתפקוד התקין של הגוף.



בכל גמטה יש כרומוזום זוויג אחד. אצל הנקבה בכל הביציות יש כרומוזום X אחד, בזכר במחצית מתאי הזרע יש X, ובמחצית יש כרומוזום Y, כך שלמעשה האב קובע את מין היילוד.



תורשה בתאחיזה ל-X

תכונות שעוברות בתורשה על ידי גנים שנמצאים על כרומוזום X, נקראות תכונות בתאחיזה לזוויג, תכונות בתאחיזה ל-X, או תכונות אחוזות ב-X.

בעוד שאין הבדל בין זכרים ונקבות בדגם התורשה של גנים הנמצאים על האוטוזומים, הרי שלגבי גנים הנמצאים על כרומוזום X יש הבדל:

תכונות שעוברות בתורשה על ידי אלל רצסיבי נפוצות יותר באוכלוסייה בזכרים מאשר בנקבות, מכיוון שזכר מקבל את האלל לתכונה רק מאימו, בעוד שנקבה הומוזיגוטית רצסיבית זקוקה לאימא נשאית או בעלת התכונה ולאבא בעל התכונה.

לדוגמה, עיוורון צבעים הוא ליקוי שנקבע על ידי אלל רצסיבי של גן הנמצא בכרומוזום X. שיעור הגברים עיוורי הצבעים גבוה בהרבה משיעור הנשים עיוורות הצבעים.

המופיליה היא מחלה תורשתית הנובעת בליקוי בגן המקודד לפקטור 8 המעורב בתהליך קרישת הדם. המחלה הייתה נפוצה בבתי המלוכה באירופה, ומקורה כנראה במוטציה שאירעה אצל המלכה ויקטוריה ששלטה בבריטניה בשנים 1837-1900. גם במקרה זה שיעור הגברים גדול דממת גדול בהרבה משיעור הנשים חולות בדממת.

לגבי תכונות הנקבעות על ידי אלל דומיננטי המצב הפוך – יש יותר נשים הנושאות את התכונה מאשר גברים, מכיוון שבת יכולה לקבל את האלל למחלה מאביה או מאימה, בעוד שבן יכול לקבל את האלל למחלה רק מאביו.

סיכום פרק: תורשה רפואה וחברה

תכנית הלימודים:

רעיונות מרכזיים: הידע בתורשה ובהנדסה גנטית מיושם בחקלאות, בתעשייה הביוטכנולוגית וברפואה.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים
<u>תורשה, רפואה וחברה (2 שעות)</u> הנדסה גנטית מאפשרת שינויים מכוונים ב-DNA של תא או של אורגניזם. דוגמאות ליישומים: עמידות צמחים למזיקים, שיפור יבול, ייצור חלבונים והורמונים חסרונות: הפצת גנים באופן בלתי מבוקר. שיבוט ושימוש בתאי גזע.	פרויקט הגנום הערה: יש ללמד רק את העקרונות של הנדסה גנטית: יכולת לזהות ולבודד גן, לרבות אותו ולהחדירו לתא אחר, כך שיבוא לידי ביטוי. בנושא שיבוט ותאי גזע יש ללמד את העקרונות, בלי להתייחס לפרטים. הוראת הנושא מזמנת התייחסות לדילמות ערכיות.

סיכומים על פרק תורשה רפואה וחברה:

- א. שלבי ההנדסה הגנטית
- ב. יישומי ההנדסה הגנטית
- ג. הסיכונים בהנדסה הגנטית
- ד. פרויקט הגנום האנושי

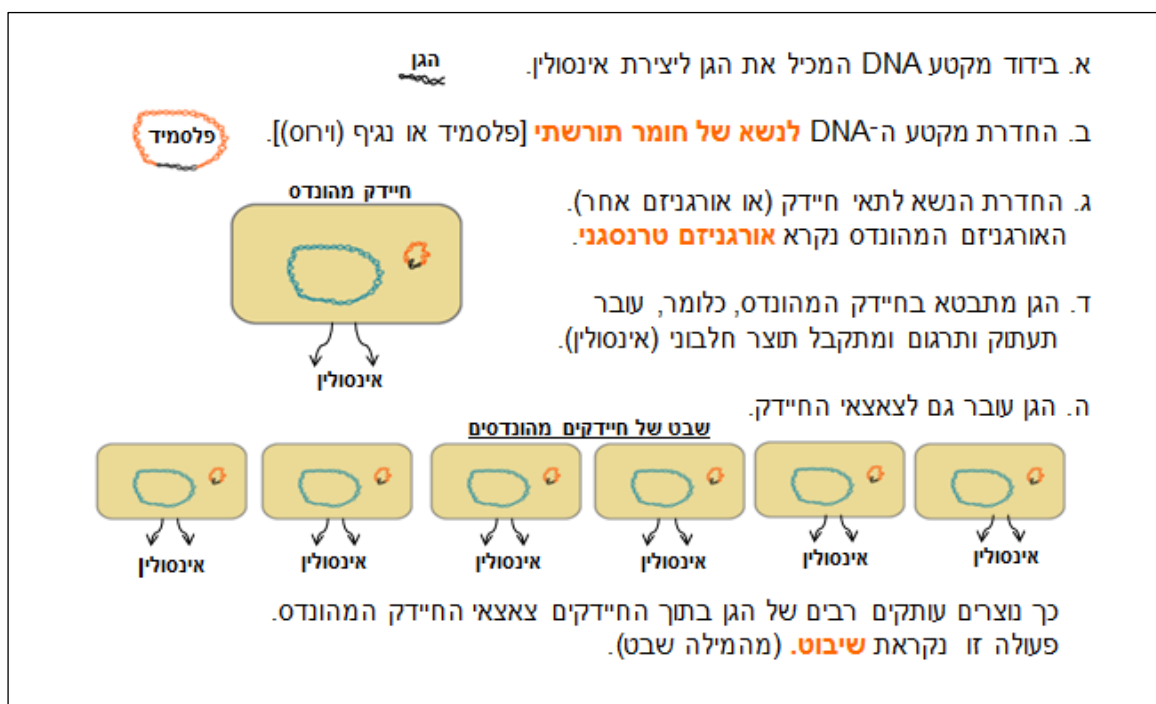
א. שלבי ההנדסה גנטית

הנדסה גנטית היא תהליך העברת גנים או גנום שלם שמקורם ביצור אחד ליצור אחר. ההנדסה הגנטית מתאפשרת בשל אחידות הקוד הגנטי בכל האורגניזמים. ההנדסה הגנטית מאפשרת את פריצת מחסום המינים, כלומר יצירת אורגניזמים שיש בהם צירוף גנים של אורגניזמים ממינים שונים. צירופים אלו לא היו מתאפשרים בדרך הטבעית של רבייה מינית.

שלבי שיבוט גן

- בידוד מקטע DNA המכיל את הגן הרצוי.
- החדרת מקטע ה-DNA לנשא של חומר תורשתי [פלסמיד או נגיף (וירוס)].
- החדרת הנשא לתאי אורגניזם (לדוגמה חיידק). האורגניזם המהונדס נקרא אורגניזם טרנסגני.
- הגן מתבטא באורגניזם הטרנסגני, כלומר, עובר תעתוק ותרגום ומתקבל תוצר חלבוני (לדוגמה אינסולין).
- הגן עובר גם לתאים הנוצרים מן התא המהונדס.

בתרשים מתואר לדוגמה שיבוט של הגן לאינסולין:



ב. יישומי ההנדסה הגנטית

להנדסה הגנטית יישומים בתחומים רבים. דוגמאות:

ברפואה ובתעשייה: ייצור תרופות (הורמונים, תרכיבי חיסון) וחומרים שונים.

תהליך ייצור החומרים מהיר וזול יותר, ואפשר לבחור בדיוק את הגן לחומר הרצוי ולקבל

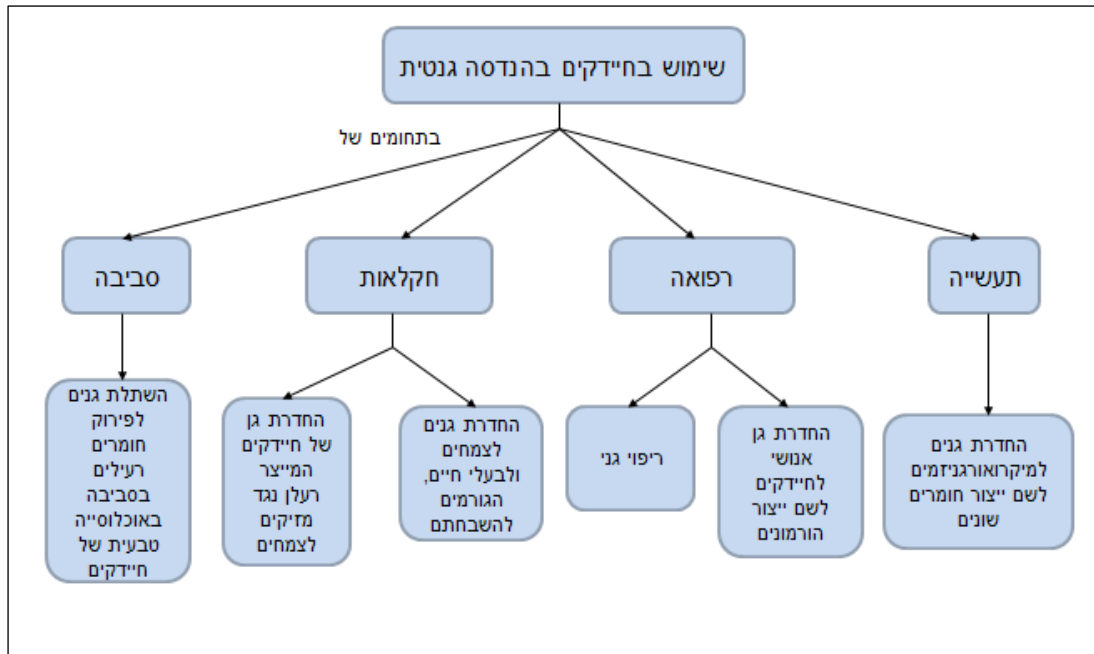
מוצר נקי המקטין את הסיכון לזיהום בחומרים אחרים או בגורמי מחלות.

בחקלאות: הגדלת כמות היבול ואיכותו. לדוגמה, דרך יצירת זני צמחים עמידים, הגדלת תכולת החלבון או חומרים אחרים, הגדלת חיי המדף של התוצרת החקלאית.

כיום, למעלה משליש הגידולים החקלאיים החשובים בארצות הברית ובקנדה הם זנים מהונדסים, בתוכם תירס, סויה וכותנה; וברחבי העולם היקף השימוש בצמחי מזון מהונדסים גנטית הולך וגדל.

במחקר המדעי: לדוגמה: העברת גנים מיצור ליצור מאפשרת להבין את תפקיד הגן.

ריפוי גני: תחום שנמצא עדיין בשלביו הראשונים.



ג. הסיכונים בהנדסה גנטית

נזקים אקולוגיים

פגיעה במגוון המינים ובאיזון במערכת האקולוגית

אורגניזמים מהונדסים עלולים להתחרות בפרטים בני אותו המין (שלא הונדסו גנטית),

להתרבות ולדחוק את צמחי הבר ובעלי החיים בטבע, או לגרום להם מחלות, וכך לפגוע

במערכת האקולוגית.

הקטנת השונות הגנטית

אורגניזמים מהונדסים עלולים לפגוע בשונות הגנטית וליצור אחידות גנטית רבה מדי. שינוי ניכר בתנאי הסביבה עלול לפגוע בנושיות במין שפרטיו זהים זה לזה.

יצירה לא-מכוונת של צמחים/בעלי חיים/חיידקים מזיקים בעלי תכונות בלתי רצויות

לדוגמה: העברת גנים בלתי רצויים (לדוגמה, עמידות לחומרי הדברה נגד עשבים מזיקים) מצמחים חקלאיים מהונדסים אל צמחי הבר דרך הכלאות של צמחים מהונדסים עם צמחי הבר – כך יכולים להיווצר מינים של עשבים מזיקים העמידים לחומרי הדברה; או "זליגה" בלתי מכוונת ממעבדות המחקר, של אורגניזמים מסוכנים כגון חיידקים מהונדסים עמידים לאנטיביוטיקה, עקב רשלנות.

שימוש לרעה

יצירת חיידקים אלימים עמידים לכל סוגי האנטיביוטיקה לשימוש בתור נשק ביולוגי (או יצורים מהונדסים אחרים מזיקים).

סיכונים בריאותיים

רעילות ואלרגיות למזון שנוצר בהנדסה גנטית.

בעיה מוסרית

באיזו זכות בני האדם משנים כרצונם תכונות של יצורים חיים?

ד. פרויקט הגנום האנושי

ההנדסה הגנטית לא הייתה מתאפשרת ללא המיפוי של גנום האדם ואורגניזמים אחרים.

פרויקט הגנום האנושי הוא מיזם בינלאומי שהתחיל ב-1990 ומטרתו הייתה לקבוע את רצף הבסיסים המרכיבים את הקוד הגנטי של בני האדם ולזהות בהם אתרים פונקציונליים כגון גנים. בשנת 2003 פורסם המיפוי של 99% מהגנום, וב-2006 הוא פורסם במלואו.

בפרויקט הגנום מופה רצף הבסיסים בגנום, אולם לא כל הגנים אופיינו. יש גנים שתפקידם עדיין אינו ידוע. וגם תפקידם של אזורי בין הגנים אשר ייתכנו כבעלי משמעות ביולוגית, עדיין אינו ידוע במלואו.

המשימה הבאה העומדת בפני המדענים היא לזהות את כל הגנים ב-DNA ואת תוצריהם החלבוניים ותפקידיהם.

מלבד גנום האדם מופה עד היום הגנום של הרבה אורגניזמים אחרים.

