



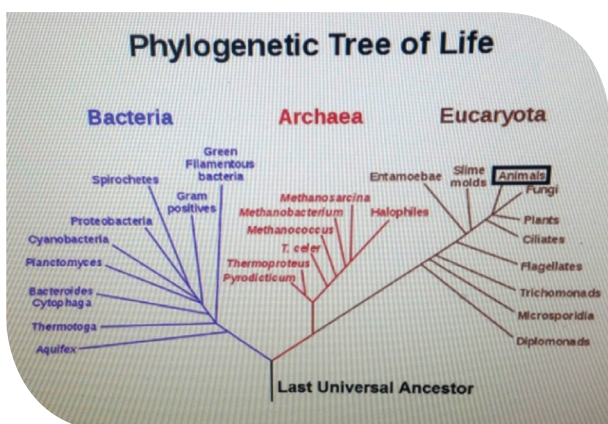
אבולוציה של חיידקים מאז ועד היום

נהאיה חטיב, ד"ר שמוליק פרידמן
מאל"ה | מועצת החלב

אבולוציה ביולוגית היא תהליך השינוי הגנטי של אורגניזם לאורך דורות. מדע האבולוציה מתבסס על תורתו של דרווין שאותה הגה בשנת 1859. לפי גישה זו גם, אורגניזמים כמו חיידקים צוברים שינויים גנטיים איטיים במהלך החיים. שינויים אלה מתקבעים ומייצרים מינים חדשים •

תהליך זה הנו תהליך ממושך האורך עשרות, מאות ואפילו מאות אלפי שנים והוא נקבע לפי מורכבותו של האורגניזם ומידת מעורבותו עם הסביבה. ההתפצלות לאורגניזמים חדשים מתרחש בצורת עץ שנקרא "העץ האבולוציוני". לפי תמונה מס 1. ניתן להבחין שמתא אחד קדום התפצלו 3 קבוצות אורגניזמים: הקבוצה הראשונה שהתפתחה לפני 3.8 מיליארד שנים הם החיידקים Bacteria. בענף אחר התפתחו מאוחר יותר קבוצה אחרת של אורגניזמים הנקראים ארכיאה Archaea. מאותו ענף התפתחו גם האורגניזמים הרב תאיים Eucaryota לפני כ-2 מיליארד שנים

החיידקים הנם יצורים קטנים מאוד (1-3 מיקרון), הם נמצאים באוכלוסיות גבוהות במספר, כך שגרם אחד של חומר מהמעי יכול להכיל מאה מיליארד חיידקים

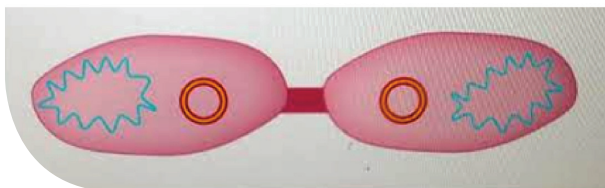
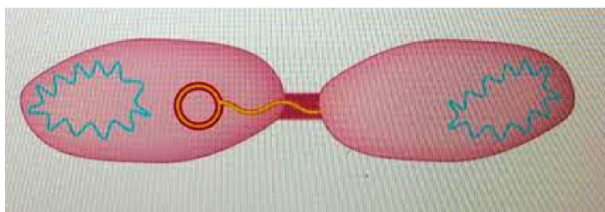
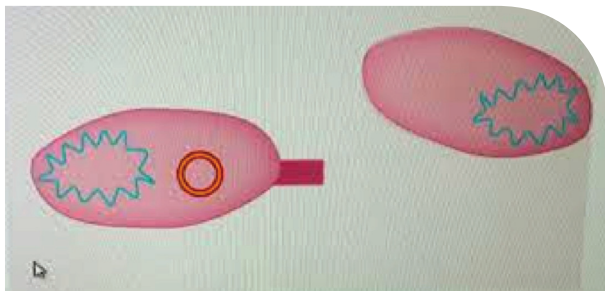


תמונה מס 1. "עץ אבולוציוני" של התפתחות אורגניזמים שונים

החיידקים הנם יצורים קטנים מאוד (1-3 מיקרון), הם נמצאים באוכלוסיות גבוהות במספר, כך שגרם אחד של חומר מהמעי יכול להכיל מאה מיליארד חיידקים.

הצלחתו או כישלונו של כל פתוגן (חיידק גורם מחלה) תלויה ביכולתו לשרוד, להתרבות ולהגיע לסביבה חדשה שבה





תמונה 2. תהליך העברת הפלסמיד (עיגול אדום) מחיידק לאחר. בתהליך הזה נוצר חיידק חדש עם פלסמיד המכיל כבר תכונות גנטיות כפי שהיו לחיידק הראשון

נמצאים מאכסנים חדשים להם הוא מותאם ביולוגית. גורמים רבים ומגוונים מהווים לחץ הברירה הטבעית (סלקציה) שיכולים להפריע להתפתחותו והתרבותו של החיידק. גורמים כאלה יכולים להיות: מערכת החיסון של המאכסן, אנטיביוטיקה, מתחרים בקטריאליים אחרים, טורפים טפיליים, והגבלה במקורות אנרגיה.

רק חיידקים פתוגנים המתאימים עצמם באופן אבולוציוני, כלומר רוכשים שינויים גנטיים שמעניקים להם כושר התגברות על הלחץ הסלקטיבי, הם אלה שישרדו. שינויים גנטיים יכולים להתרחש בחיידקים באופן מהיר יחסית לשאר האורגניזמים נוכח גודלם הקטן ומספרם הגדול מאוד המאפשר התפשטות הגנים החדשים באופן מהיר יחסית.

אז איך מקבל החידק גנים חדשים? או איזה שינויים הוא עובר על מנת לשרוד?

ישנם 4 דרכים שבהם החיידק עובר שינויים גנטיים:

1. שינויים (מוטציות) בחומר הגנטי של החיידק (שינוי ברצף הנוקליאוטידים בדנ"א), דבר שמוביל לשינוי במבנה החלבון של החיידק. מוטציות המתרחשות באופן אקראי, בחיידק אחד מתוך מיליון עד אלף מיליון חיידקים. מה שמעניין, שמוטציות כאלה יכולות לגרום נזק לחיידק אך במקביל גורמות לו גם תועלת אקראית כמו עמידות לאנטיביוטיקה. נוכח המספר הגדול של חיידקים, מוטציות כאלה, למרות הקצב האיטי שלהן, יתרבו באופן יציב. לכן אין זה מפתיע שעמידות לאנטיביוטיקה כתוצאה ממוטציות היא הנפוצה בכל העולם מאז ימי קדם.

אקסטרקט לשיפור התנובה

עם ביצים בחמים ביותר מחליכים באווא בתקופה!!!

ציפורן

קינמון

פלפל חריף

www.bar-magen.com | marketing@bar-magen.com | 073-2566742 ,09-7603020 טל.



4. המנגנון הרביעי הוא יכולתם הטבעית של חיידקים ל"אסוף" מהסביבה דנ"א זר ולהכניסו לתוך התא שלהם. בעקבות "איסוף" זה של חומר גנטי עלולים להתרחש שינויים גם בגנום החיידק שיביאו להחדרת תכונות חדשות מהן גם עמידות לאנטיביוטיקה. תהליך זה נקרא טרנספורמציה.

האדם והחיידקים

האדם "ביית" את החיידקים יחד עם ביות בעלי החיים במהפכה החקלאית שהתרחשה לפני כ-11 אלף שנים. מרבית החיידקים שמדביקים את האדם כיום הם חיידקים שעברו אליו מבעלי חיים שחיו בקרבתו ותחת חסותו או מהסביבה בה חי. מאז ועד היום אנו עדים להופעה של מיני חיידקים חדשים, ביניהם חיידקים העמידים לאנטיביוטיקה הגורמים לבעיות רבות בבתי חולים ובקהילה. דוגמאות לכך: סטאפ. אוראוס (MRSA) העמיד למתצילין ולמספר רחב של אנטיביוטיקה אחרות, וחיידק הקליבסיילה העמיד גם הוא לשורה ארוכה של טיפולי אנטיביוטיקה.

ישנם עדויות מדעיות מובהקות על כך שנוצרו גם זנים חדשים אחרים אשר לא רק עמידים לאנטיביוטיקה, אלא שונים מאד ברמת האלימות שלהם מהחיידק המקורי ממנו התפתחו. דוגמאות לכך הן רבות ומגוונות: הדוגמה הבולטת היא של בצילוס אנטרקס שגורם למחלת הגחלת בבני אדם, ולמוות מהיר בבעלי חיים. עדויות מולקולאריות מאשרות את התפתחותו מחיידק לא פתוגני שחי באדמה ונפוץ מאוד בטבע ונקרא בצילוס צריוס. המעבר לאנטרקס התרחש ע"י רכישת שני פלסמידים מחיידקים אחרים אשר מכילים גנים המקודדים לרעלנים ההרסניים של אנטרקס. גם התפתחותם של זנים אלימים כמו החיידק א.קולי, וגם של חיידקי הסלמונלה בעשורים האחרונים מעידה גם על מעבר גנטי והתפתחותם של חיידקים חדשים.

ישנם חיידקים שבגלל האופי הביולוגי/גנטי שלהם יחד עם הסביבה בה הם נחשפים, מהווים "קרקע פוטנציאלית" לשינויים ולהתפצלות לתת-מינים חדשים. מאוחר יותר הם יכולים להמשיך וליצור מינים אחרים ושונים מהמקור הראשוני. דוגמה לכך היא סטרפטוקוקוס יובריס שגורם לדלקת עטין. מחקרים מדעיים מולקולאריים, מראים שחיידק זה התפצל למגוון רב של תת-מינים, שחלק מהם רכשו גם קפסולה, שהיא מעין קרום המקנה להם צמיגות ומאפשר התחמקות ממערכת החיסון. מתוך 160 בידודים של סטרפ יובריס מצאו החוקרים מאנגליה 57 תת-מינים שונים גנטית.

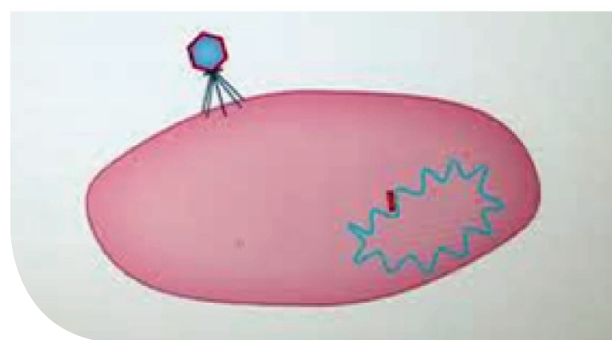
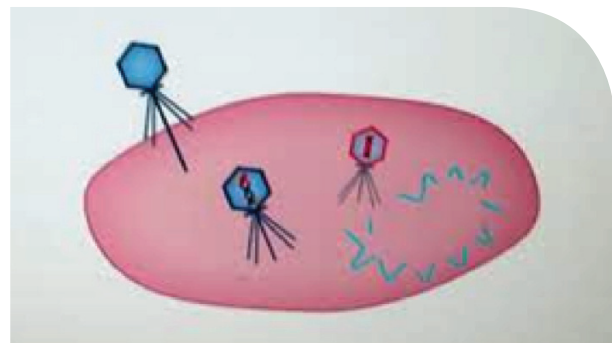
סיכום

התהליך האבולוציוני-התפתחותי יתרחש כל עוד יש חיים על כדור הארץ, אך התרחשותו בחיידקים היא עצומה, מהירה ומסוכנת יחסית לשאר האורגניזמים. החוקרים, הרופאים ואנשי המחקר חייבים לעמוד מול אתגר גדול זה בהכרה וזיהוי מהיר של השינויים המתרחשים והערכות נכונה לקראת התמודדות מולם בהצלחה. ▲

2. ישנם חלקיקים גנטיים נייחים בתוך החיידקים הנקראים פלסמידים אלו גופים עגולים הנמצאים בציטופלסמה של תא החיידק באופן עצמאי. פלסמידים אלו מכילים מאות גנים בנוסף לגנום המרכזי של החיידק. יחידות דנ"א עצמאיות אלה יכולות להכיל כמה גנים לעמידות לאנטיביוטיות שונות כמו גם מיני גנים אחרים. חיידק עמיד לאנטיביוטיקה יכול להעביר את הפלסמיד בשלמותו לחיידק אחר רגיש לאנטיביוטיקה דבר שגורם לחיידק האחרון להפוך לעמיד לאנטיביוטיקה. ואם הוא מעביר גן לאלימות לחיידק שאינו אלים יהפוך זה האחרון לאלים. העברת הפלסמיד מתבצעת לאחר שכפולו. תהליך זה נקרא בשפה המדעית קוניוגציה. (תמונה מס 2).

ישנם חיידקים שבגלל האופי הביולוגי/גנטי שלהם יחד עם הסביבה בה הם נחשפים, מהווים "קרקע פוטנציאלית" לשינויים ולהתפצלות לתת-מינים חדשים

3. המנגנון השלישי לרכישת גנים חדשים, הוא דרך הבקטריופאג, שזהו נגיף התוקף חיידקים. ברגע שהוא יוצא מתא החיידק שהותקף הוא לוקח עמו גם חתיכת דנ"א מגנום החיידק ומעביר אותו לחיידק אחר. תהליך זה נקרא אנדוקציה. (תמונה 3)



תמונה 3. תהליך אנדוקציה שבה באקטיופאג (בכחול) תוקף חיידק וברגע שהוא יוצא ממנו הוא "לוקד" עמו גם חלקים מהגנום של החיידק המותקף (מסגרת אדומה)

