

יסודות מיקרוביולוגיה

הגדרת חיים:

התאים מופרדים מהסביבה בעזרת ממבראנה שתוחמת את התא מהסביבה. מטבוליזם קליטת חומרים עיבודם אנרגיה להחזקת התא בחיים. כתוצאה מכך יש תמיד פסולת. התא הוא מערכת פתוחה אך עם מיון מסוים. תא חיי יכול להכפיל את עצמו יש לו צאצאים. יש שלבים מסוימים בתא שלא נראים כמו שהתא נראה קודם. לדוגמה: ספורה שהחידק יוצר. לחיידקים ותאים אחרים יש יכולת לבצע קומיוניקציה בניהם ולהרגיש מה יש בסביבה ותגובות התא תלויות בתאים אחרים בסביבה.

תכונה נוספת היא אבולוציה והיא היכולת של תא להשתנות בזמן. זה מאפשר ליצור זנים חדשים או מינים חדשים. ה-DNA מכיל את החומר הגנטי ממנו יש אפשרות לשיערוק RNA שיאפשר יצירת חלבונים, אנזימים ומרכיבי תא שונים או רפליקציה שתאפשר לנו בעזרת החלבונים לקבל חלוקה של התא לצאצאיו. ניתן להתייחס לתא כמפעל המייצר אנרגיה המכיל מולקולות קטנות הדרושות לחיים אך בנוסף הוא יכול להתחלק.

בתא פרוקריוטי ה-DNA לא מופרד בממבראנה מהציטופלזמה. את התא עוטפת ממבראנה ציטופלסמית בחיידקים מסוימים רובם יש דופן תא. ביצורים יוקריוטים כל מסת ה-DNA מופרדת מהציטופלזמה דרך ממבראנת הגרעין ברוב היצורים היוקריוטים אין דופן לתא, מלבד צמחים.

בתאים יוקריוטים יש אברונים רבים, כך שחלקם הם תוצרים של סימביוזה בין חיידקים ואלו שבלעו אותו זמן. המיטוכונדריה שהייתה חיידק שנבלע למיטוכונדריה יש ממבראנה פנימית הזוהה לזו של חיידקים ובהוץ ממבראנה הזוהה לזו של התא שעוטף אותו. בצמחים המקביל זה כלורופלסטים.

בתא היוקריוטי יש גם מערכת של ER וגולג'י. יצורים יוקריוטים גדולים בהרבה מפרוקריוטים ומכילים 2n כרומוזומים בדרך כלל לעומת כרומוזום אחד בחיידקים. יש חיידקים גדולים למשל בדגים בים סוף כך ש-40 מהם בלבד נכנסים לראש של סכה. ביוקריוטים מבנה ה-DNA ליניארי בעוד שבתאים פרוקריוטים הוא מעגלי ויש גם פלסמידים. יש גם חיידקים המכילים DNA ליניארי.

הריבוזום ביוקריוטים הוא 80S ואילו בפרוקריוטים הוא 70S הבדל זה מהווה מטרה Targets לתרופות נגד חיידקים (אנטיביוטיקה). הבדל נוסף הוא שבתאים יוקריוטים יש ריבוי מינים ואילו בפרוקריוטים אין ריבוי מינים ברוב המקרים אך יד מעבר של חומר גנטי. תפקידים כמו נשימה והפרשה מתרחשים בתאים יוקריוטים במיטוכונדריה, כלורופלסטים וגולג'י בעוד שבחיידקים בציטופלזמה או על פני ממבראנת התא.

הגדרה לחיים הם יצורים שיכולים להכיל ריבוזומים ולכן חיידקים ההם הקטנים ביותר בחיים ווירוסים לא. בעבר האמינו שהיה יצור חד תאי קדמון וממנו היה פיצול ל-3 קבוצות לבקטריות (חיידקים פרוקריוטים) ארכיה (ארכיבקטריה) הם הכי קרובים לאב הקדמון והיצורים היוקריוטים שם יש אצות פיטריות ו-Protozoa. היום מקובל לחשוב שהאב הקדמון התפצל ל-2 בין בקטריות ויוקריוטים והיוקריוטים התפצלו לארכיה וליוקריוטים של היום.

ביצורים יוקריוטים יש גם את שלד התא ששם נעות וסיקולות. כשהחיידקים נהיים עמידים לתרופות הם בדרך כלל מקבלים עמידות לתרופות רבות גם כן. ספורה היא תא שעמיד מאד בתנאים קיצוניים. בהרתחה כפולה הורגים גם ספורות.

קוך קבע כללים לגבי חיידקים ותאים הם הסיבה למחלה או לא הוא גידל חיידקי אנטרקס בתרבית מחוץ לחיה. והוא הראה שאם הוא לוקח דם מחיה חולה ומעביר לבריאה, היא תחלה. הוא גם הראה שחיידקים שהוא בודד מחוץ לחיה, יכולים לגרום לחיה לחלות כשהם מוזרקים אליה. קוך גם גילה דרך לזהות את חיידק השחפת שזאת הייתה בעיה כי הוא לא ניצבע בצביעות רגילות. קוך השתמש במצאי גידול לא סלקטיביים שחיידקים רבים יוכלו לחיות בהם. יש חיידקים המקבעים חנקן כלומר, לקחת חנקן מהאטמוספירה ולהכניסו למולקולות שלהם. קיימים גם חיידקים פוטוסינטטים.

רוב חיידקים לא נותנים לגידול בשיטות הרגילות, לכן ניתן לחקור אותם ולכן יש תכניות צביעה מיוחדות המאפשרות לנו לאתר ולבודד חיידקים אלו.

במיקרוסקופ אור רגיל ניתן לראות דברי בעלי פיגמנטים או דברים שצובעים אותם הרבה חיידקים הם שקופים למיקרוסקופ אור רגיל ולכן צריך כל מיני צביעות כדי לראות אותם גרם חיובי וגרם שלילי הם סוגים של צביעה שלפני מבנה דופן התא. ההפרדה של מיקרוסקופ אור מאפשרת הפרדה עד 0.25 ולזה כבר צריך לשים שמן בין הדוגמה לעדשה.

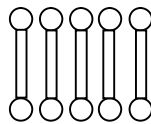
צביעה גרם.

הצביעה הזאת מתייחסת להבדלים בממבראות בין גרם חיובי לגרם שלילי. בגדול צובעים את כל התאים בתמיסה אחת ואחר כך בשנייה. ואז שוטפים באלכוהול ומתחילים לראות הבדל ואז בשלב האחרון יש צביעה של הגרם שלילי. צורה נוספת לראות תאים זה מאור שמגיע מהצד ניתן גם להשתמש בדיפרקציה של האור בנוזלים שונים לקבל קונטרסט שווה ולראות חלקיקים נוספים בתאים. גם על מיקרוסקופ אור רגיל וגם בפאג' ניתן להוסיף מתקנים שמראים פלורוסנציה ואז כשנאיר על הפרפרט באור מסוים נקבל אור אחר שיפלט ממנו.

ניתן להשתמש בחומרי צביעה פלורוסנטים או במולקולות מסומנות פלורוסנטית המתואמת לאתרים ספציפיים בתא. כך כמו להבחין בתא במספר דברים בו זמנית עם צבעים שונים. מיקרוסקופ אלקטרוני מאפשר לנו לראות ברזולוציה גבוהה יש שני סוגים של מיקרוסקופי כאלו חודר וסורק. יש צורות שוות של תאים פרוקריוטים Coccus (כדוריים), Rod (מאורכים), Spirillum (מפוסלים) ועוד. קיימים גם חיידקים גדולים נמצאו כבר חיידקים בגודל של 0.6mm שזה המון. ככל שמגדילים את גודל התא היחס בין השטח לנפח התא משתנה דרמטית כלומר שבתא היותר גדול פני השטח קטנים יותר ביחס בגלל בעיה זו קשה להסביר חיידקים בגודל של חצי מילימטר.

תא מופרד מהסביבה החיצונית על ידי ממבראנה. הממבראנה היא מאד בררנית היא מורכבת משתי שכבות. הליפידים מורכבים ממבנה הידרופובי והידרופילי. במיקרוסקופ האזור של חומצת השומן כהה והראשים ההידרופיליים הם בהירים כך שניתן לראות בברור דו שיכבה. בממבראנה יש גם כולסטרול בדרך כלל אין סטרולים בפרוקריוטים פרט למתנוטרופים שמחמצני מתאן ובהם יש סטרולים. הסטרולים מהווים בין 5 ל – 25% מהשומנים של הממבראנה בתאים. הסטרולים מקנים יציבות לממבראנה.

בבקטריות וביצורים יוקריוטים השומנים בממבראנה מחוברים לגליצרול בקשר אסטרי. ואילו בארכי בקטריה הקשרים הם אתרים. יש גם חיידקים עם קשרים אתרים אך בכמות קטנה מאד. השיירים של השרשרת בארכי הם או אלו הדומים במבנה למונומר או סוג שני של טטריטר שבהם יש קצה טעון בצד השני מה שמקבלים זה מונוליר.



וטוענים שזה מה שמקנה לממבראנה של הארכי את היכולת לעמוד בטמפרטורות קיצוניות. לפעמים יש ארכי עם ממבראנה דו שכבתית קלאסית. ויש גם כאלו שהם בערבוב של שני צורות הממבראנה. ממבראנת התא מקימה מחסום מהסביבה החיצונית חוץ ממים שעוברים אותה בקלות ומספר חומרים נוספים רוב החומרים לא עוברים אותה בקלות ולכן התאים משתמשים בחלבונים לשם העברת החומרים פנימה בטרנספורט פנימה והחוצה.

ביו-אנרגטיקה וכמוטקסיס.

בלי שהממבראנה מהווה מחסום התא לא יכול לאגור אנרגיה בצורה יעילה. הכוונה גם ובעיקר בממבראנת המיטוכונדריה. הממבראנה חוסמת מולקולות טעונות ועם נוצר גרדיאנט פרוטונים הממבראנה תשמור על גרדיאנט זה. בתא יש 3 סוגי טרנספורט האחת על ידי חלבון בודד Simple Transporters השני מספר חלבונים המעורבים יחד לפעמים אפילו עד 20 חלבונים. יש טרנספורטרים שמבצעים מודיפיקציה לחומר שהם מכניסים וכך הם מעלים את ריכוזו בלי תלות לריכוז שבחוץ בעוד שבטרנספורט הראשון יש מעבר לריכוז שווה.

המערכת השלישית היא ABC Transporter (ATP Binding Cast) לפעמים עד 70% מהחלבונים הממבראנליים. מה שמיוחד חלבונים אלו זה שיש להם מרכיב ממבראנלי מרכיבים ציטופלזמטיים שמבצעים הידרוליזה ל-ATP שנותנים את האנרגיה לטרנספורט בחיידקים גרם שלילי. יש את הפריפלזמיק ביינדינג פרוטאין בו יש את ההכרה לסובסטרט והוא ניקשר לטרנספורט בחלבון הממבראנלי והסובסטרט נכנס לתא.

בחיידקים גרם חיובי אין חלבון פריפלזמטי במשפחה זו יש כל מיני שיחלופים כך, שסוכר מסוים יכול להיות חלבון פריפלזמטי שונה אך לשם הטרנספורט הם ישתמשו באותם יחידות ממבראנליות. במקרה של מולטי-דרג רזיסטנס נוצר בהם ביטוי יתר של טרנספורטרים כאלו המוציאים חומרים רבים מחוץ לתא. תוך כדי המעבר פנימה כך שהחומרים לא מגיעים לתוך התא. יש גם תעלות המורכבות מ-12 הליקסים טרנס ממבראנליים יש תעלת Uniporters, Antiporters (אחד מול אחד) ו-1 Symporters (כניסה של עוד חומר יחד עם הסובסטרט).

הלקטוז פרמיאז Lactose Permease זה חלבון ממבראנלי המכניס לקטוז עם פרוטון לתוך התא. יש מערכת טרנספורט המשתמשת בחלבונים רבים לצורך הטרנספורט בתהליכים הדורשים אנרגיה.

דופן התא.

בגרם חיוביים יש ממבראנה ציטופלזמית ודופן עבר של פפטידוגליקנים בגרם שלילי יש ממבראנה ציטופלזמית שכבת פפטידוגליקן וממבראנה חיצונית ליפידית. בחיידקים אלו נוצר חלל פריפלזמטי ולכן צריך מערכות טרנספורט שונות ובעלות תוספות על המערכות בגרם חיוביים. דופן התא מאפשרת הגנה מפני ליזיס אוסמוטי היא שומרת על צורה אופיינית לתא יש לה תפקיד בחלוקת התא. שם נוסף לדופן הוא מוראין.

הדופן מורכבת משני סוכרים N Acetyl Muranic Acid & N Acetyl Glucos-Amine וחומצות אמינו אלנין, גלוטמט וליזין. הסוכרים הללו, מחוברים בקשרי $\beta(1,4)$ ובנוסף יש חומצת אמינו בקונפורמציה L (חלק) ובקונפורמציה D (הרוב). בין שתי שרשרות יש חיבורים השונים בין גרם חיובי לגרם שלילי הגרם חיובי החיבור לרוב הוא דרך 5 גליצינים בגרם שלילי הקשר הוא בין שני חומצות אמינו בלבד (בין DAla ל- DAP). בחיידקים גרם חיוביים יש בדופן Teichoic Acid התקוע בממבראנה ויוצר קשר פיזי בין הממבראנה לדופן. לדופן של גרם חיובי יש מטען שלילי והיא לא מכילה בדרך כלל לפידים.

פרוטופלסטים הם תאים שהפרדנו מהם את הדופן על ידי עיכול אנזימטי אם זה היה במים מיד יגרם ליזיס אך עם נעשה זאת בתמיסה בריכוז זהה לתמיסה התוך תאית אך נקבל פרוטופלסטים. יש חיידקים חסרי דופן כמו מיכופלזמה.

באורכי אין פפטידוגליקן יש וריאציות עם סוכרים אחרים קשרים $\beta(1,3)$ וכו'. יש ארכי שלהם אין מנגנון כזה ויש להם S Lair שזה סוכרים רבים הפונים החוצה והם מהווים את הדופן לתאים הללו. הגרם שלילי מעבר לדופן של הפפטידוגליקן יש מערכת סוכרים של הממבראנה החיצונית ומוטציות בהם יאפשרו כניסה של חומרים לתא בקלות יתרה. כלומר, הממבראנה החיצונית משמשת כמחסום. נוסף לכניסת חומרים לתא.

הממבראנה החיצונית מורכבת מפוספוליפידים בחלק הפנימי המחוברת בליפופרוטאינים לפפטידוגליקנים החלק הפנימי של הדו שיכבה זה פוספוליפידים בעיקר. החלק החיצוני מורכב מליפופוליסכרידים שמורכבים מליפיד A בו יש חומצה שומנית ומערך מורכב של סוכרים הפונים כלפי חוץ. בגרם שלילי יש מעט פפטידוגליקן ביחס לגרם החיובי.

סינתזה על הפפטידוגליקן.

כשתאים צריכים להתחלק או צריכים לשמור על רצף של פפטידוגליקן כי אחרת היה חלק גדול חשוף והם יתפוצצו החלוקה, נוצר ביניהם חלק חדש שהוא הבעייתי. התאים יוצרים Cell Wall חדש על ידי Bactoprenol שהוא פפטיד המכיל את אבני הבניין הבסיסיות של הפפטידוגליקן ומכניס אותו לממבראנה ומאפשר את כניסת הפפטידוגליקן. ההצלבה נעשית על ידי 2 חומצות אמינו הנקשרות אחת לשנייה ריאקציה זו מעוכבת על ידי פניצילין. ההפרעה בקישור השרשרת, לא ביצירתם מה שיוצר פפטידוגליקן מוחלש כך שעם החלקות הוא ניחלש מאד והתאים מתפוצצים לכן אנטיביוטיקות כאלו יעילות רק על תאים מתחלקים.

יש טווח די גדול בתוך החיות עצמן לגודל ה-DNA. גודל הגנום של E. Coli הוא 4.7Mb. בדרך כלל הגנום של מיטוכונדריה וכלורפלסט קטן יותר משל חיידקים. בתאים קטנים הגנום הוא לעיתים גם קטן כ- 1.5Mb. בחיידקים ה-DNA נמצא בציטופלזמה ללא הפרדה בממבראנה אך הוא לא צף בצורה חופשית אלא בדרך כלל מרוכז במקום מסוים זה הגרעינון. הגנום נמצא ב-Super Coil ויש חלבונים שעוזרים לקיפול ה-DNA.

שוטונים.

לחלק מהחיידקים אין שוטונים ולחלק יש או שוטון בודד או מספר שוטונים מכיוון אחד או מפוזרים על כל שטח החיידק. השוטון הוא לא ישר אלא גלי המבנה זהה בין החיידקים מאותה משפחה ושונה בין החיידקים השונים. השוטון מורכב מחלבון פלגלין ומבנהו משתנה לפי השוני בהרכב הפלגלין. השוטון מסתובב על ידי "מנוע".

השוטון נבנה על ידי העברת הפלגלין לממבראנה ומתחיל לצבור אותם ה-"מנוע" מורכב ממספר חלקים כך שהשוטון משתמש בשביל להגן על עצמו בגרם שלילי בממבראנה החיצונית ובחיובי בפרוטוגליקנים. יש שני חלבונים בבסיס ה-Mot Protein וה-Fli Protein. ה-Mot הוא זה שמשמש בגרדיאנט לאפשר תרגום של האנרגיה הזו לתנועת השוטון וה-Fli הם אלו שמחליטים עם תהיה תנועה עם כיוון השעון (cw) או נגד כיוון השעון (CCW).

בחלק התחתון של השוטון יש חלבון שונה עם הטיה מסוימת והוא מחבר את הפלגלין למנוע. כשיש כמה שוטונים אז לתנועת השוטונים הם CCW הם מתארגנים כשהם מסתובבים כאילו הם אחד והתא נע קדימה כאשר הסיבוב הוא CW אז כל הפלגלומים מסתובבים באזורים שונים של החיידק והוא נעצר. כשיש שוטון אחד אז CCW זה קדימה CW זה אחורה. השוטונים נעים בתנועה סיבובית כלומר, מנוע מעגלי בתאים יוקריוטים הדבר לא כך גם בתאים עם מבנים דמויי שוטון.

תנועה לכיוון מסוים.

ה-Chemotaxis היא תנועה לכיוון כימיקל מסוים (Attractant) או הרחק מכימיקל מסוים (Repellant). כשיש תנועה שהיא קדימה קוראים לזה RUN ושהוא עומד במקום זה Tumble. ה-Switching הם אקראיים כך שגם בתנועה לכיוון כימיקל מסוים אז התנועה CW ו-CCW היא אקראית. החיידקים הם כל כך קטנים כך שהם לא יכולים להבחין בגרדיאנט בין קדימה או אחורה שלהם לכן הם נעים אקראית במרחב. כאשר הגרדיאנט נמוך אז הוא גורם ל-Switch קצר כלומר, עם הכיוון לא נכון הוא יעצור ואז שיבחר כיוון חדש גם שם ייבדק המצב כך שסכום הווקטורים של הכיוונים מגיע לכיוון הכימיקל.

אנו נכניס לתוך כלי חיידקים כלי עם חומר נטרלי. אז החיידקים יכנסו פנימה וריכוזם יהיה זהה לזה שבחוץ אם היה שם משהו שימשוך אותם אז ריכוזם שם יעלה ואם משהו שידחה אותם אז הם יברחו משם וריכוזם ירד. יש חיידקים ללא שוטונים כלל וגם ללא Fimbriae שהם נראים כמו שוטונים קצרים המקיפים את כל התא והם משמשים להיאחזות על פני השטח. ה – Pilus הם אזור שניתן לראותו במיקרוסקופ כיוון שיש וירוסים מסוימים שתוקפים אותו. ה – Pily משמש כגשר להעברת חומר גנטי מחיידק לחיידק (קוניוגציה).

מגנטוטקסיס.

מגנטוטקסיס זוהי תנועה שגורמת למשיכת תאים עם השדה המגנטי אך ללא תנועת הפלגולם. זה התגלה בתנאים מסוימים שכל החיידקים נעו לכיוון מסוים בנוכחות מגנט החיידקים הללו מכילם בתוכם מינרל שנקרא מגנטיטי Magnetite והוא מעין מגנט. בחיידק הוא מצוי בתוך Magnetosomes שזה ממבראנה העוטפת את המינרל. המגנטוזומים מסודרים בשרשראות בתוך התא.

Gas vesicles.

צורת תנועה נוספת משותפת לחיידקים וארכי בקטריות זה בדרך כלל עוזר להם לקבוע את הגובה שלהם במים. החיידקים האלו יכולים לכוון את עצמם לגובה המתאים במים על ידי הגז. יש כאן הצלבת בין חלבונים שעוטפים את הוסיקולה זה ב – GvpA שהוא β שיוט ו – GypC שהוא α הליקס המחבר את המקטעים הוסיקולות הללו הם חדירת לגז אך לא לנוזלים.

ספורות.

מנגנון נוסף בעיקר בגרם חיובי הוא יצור של ספורות. הספורה היא צורה אחרת של התא הנוצרת בדרך כלל עקב תנאי עקה ומכניסים את התא למצב של עמידות לתנאים של חום חומצות יובש וכו', שהתא לא היה יכול לעמוד בהם באופן גריל. יש ספורות שנשארו כ – 30 שנה ואף בודדו ספורות ממרכיבים של לפני מיליוני שנה. ה – DPA הוא מבנה מיוחד לספורה ולא מצוי בתאים הרגילים בספורה הם יוצרים קישור על ידי מולקולת של קלציום.

יצירת הספורה יכולה לקחת כ – 8 שעות היא נוצרת מסיגנל קיצוני של הרעבה שינוי pH וכו'. כתוצאה מכך נוצרת הפרדה של האזור שיהפוך לספורה. אז מתחיל להיווצר ה – DPA מרכיב חלק קיצוני, וה – SASP's שהם חלבונים של ספורה שהם חומרי תשמורת ה – pH בספורה נמוך בדרגת pH אחת מאשר בתא. בספורה יש כ – 20% מים שזה יבוש רציני מאד לעומת התא הרגיל. בסוף הספורה מוקפת באקסוספורין ואז התא עובר ליזיס ונשארת הספורה. כשהספורה מגיעה לתנאים טובים נוצר החיידק מחדש והוא ממשיך להתחלק.

אורגנלות של התא היוקריוטי.

המיטוכונדריה דרכה אנו מקבעים את האנרגיה שם נוצר ה – ATP היא מורכבת משני ממבראנות פנימית הדומה לחיידקית וחיצונית הדומה ליוקריוטים משערים שזה עקב שהחיידק נבלע על ידי התא היוקריוטי עם הזמן השתנו הרכבי ממבראנות אלו. במיטוכונדריה יש כמות קטנה של DNA ומשערים שתפקידים מסוימים עברו למאחסן כי היא לא הייתה צריכה ליצר חלבונים מסוימים כי הם הגיעו מהמאחסן ולכן גם הגנים עברו למאחסן.

יש למיטוכונדריה גם ריבוזומים משלהם שהם זהים לריבוזומים חיידקיים שנבדלים במודל מריבוזומים יוקריוטים (70S) לכן מעכבים של חיידקים על ידי אנטיביוטיקות הם יעכבו גם מיטוכונדריות. בכלורופלסט המצב דומה גם כאן מדובר על בליעה של חיידק. בכלורופלסט יש חלבון Rubisco והוא אחד החלבונים החשובים המאפשרים לצמדים לעשות פיקציה של CO_2 ולהעביר אותו להמשך שרשרת

המזון. צמחים וחיידקים ימיים שמבצעים פוטוסינתזה משתמשים בחלבון זה. ישנם חיידקים פוטוסינתזה בהם יש שני צמחים של הממבראנה הפנימית כדי להגדיל את שטח הפנים.

Molecular Phylogeny

שימוש במולקולות למדד קשרים בין יצורים שונים כלומר, משווים מולקולות בין יצורים שונים לדוגמה גם במיטוכונדריה וגם בכלורופלסט יש 16S והם דומים מאד אחד לשני והם דומים גם לחיידק ריאקציה שהוא טפיל שאיבד כמעט כל אפשרות לחיות מחוץ למאחסן שלו. ומשערים שכך נוצרה המיטוכונדריה והכלורופלסט, ה-16S דומה לציאנו בקטריה. יש יצורים יוקריוטים שאיבדו את המיטוכונדריה שלהם בתאים אלו יש בגנום גנים של מיטוכונדריה והם מסוגלים לקחת ATP מתאים אחרים בסביבה.

מטבוליזם.

אנאבוליזם – בניה, קטבוליזם – פרוק. הם שני התהליכים של מעגל המטבוליזם. באנאבוליזם יש ביו-סינתזה של מולקולות מיוחדות יותר קטנות, בדרך כלל נוטריינטים מהסביבה. יש פרוק בקטבוליזם ליצירת חומרי הבניין ויש מעברי אנרגיה הנחוצה לתהליכים ומשתחררת מהתהליכים ומשמשת בין היתר גם לתנועה. את המיקרואורגניזמים ניתן לחלק לפי האנרגיה שהם צריכים הפוטוטרופים (אנרגית אור) כמטרופים המתחלקים לשניים כמאורגנוטרופים שמשמשים בתרכובות אורגנית לאנרגיה וכמוליטוטרופים המשתמשים בתרכובות אנאורגנית לצורך אנרגיה.

המקרונוטריינטים בטבע הם פחמן המגיע מפחמן דו חמצני ומתרכובות אורגנית, מימן המגיע ממים ותרכובות אורגנית, חמצן ממים חמצן אטמוספרי ותרכובות אורגנית וחנקן מאמוניה ובעיקר ניטראט חנקן אטמוספרי חיידקים מקבעי חנקן ותרכובות חנקן אורגנית ועוד.

חמצון חיזור.

יתכן משוב של תהליכי חמצון ותהליכי חיזור בתאים כך שהחומר יכול לקבל או למסור אלקטרונים. בתאים שלנו יש נשאי אלקטרונים המגשרים בין מוסרי האלקטרונים למקבלי האלקטרונים הנפוצים ביותר הם $NADH$ ו- $NADPH$. ה- ATP כולל קשרים עתירי אנרגיה התא משתמש ב- ATP לשמירת אנרגיה בקשרים של החמצן זרחן ב- ATP . לקבלת אנרגיה יש 2 תהליכים האחד זה תסיסה זה תהליך החיזור מתחולל ללא נוכחות מקבל אלקטרונים טרמינליים והשני נשימה תהליך חיזור מתחולל כאשר חמצן או מחמצן אחר משמש כמקבל אלקטרונים טרמינליים.

יש מחזוריות ה- $NADH$ פעם מתחזר, לאחר מכן מתחמצן וכך הוא ממוחזר. תהליך הנשימה מתרחש בממבראנה בחיידקים (ביצורים יוקריוטים במיטוכונדריה) תוך כדי מעבר האלקטרונים בציטוכרומים יש יציאה של פרוטונים החוצה וכך עולה פוטנציאל הממבראנה ובעזרתו לאחר מכן יוצרים ATP . כך שפרוטונים נכנסים דרך ה- $ATPase$ והוא יוצר ATP . בחיידקים הוא יכול לעבוד גם כרוורס ולפרק ATP לשם יצירת פוטנציאל ממבראנה. בנשימה אירובית התא יכול לחמצן תרכובות אורגנית על ידי חמצן וליצר ATP משתמשים בשארית המולקולות כמקור של פחמן לביו-סינתזה $CO_2 +$. בנשימה אנאירובית מקבלים גם חומרים נוספים (בשקף בצבע כתום מקבלי אלקטרונים).

כמוליטוטרופים משתמשים בתרכובת אנאורגנית במקור אנרגיה מקבלי האלקטרונים יכולים להיות חמצן גופרית ניטראט וכו'. הם יודעים לקבע CO_2 לביו-סינתזה. היצורים הפוטוסינטיים משתמשים באור ליצירת אנרגיה והם גם יודעים לעשות פיקציה של CO_2 יש גם כאלול שמשמשת בתרכובות אורגניות כמקור לפחמנים שהאור הוא משמש לאנרגיה. האנרגיה המשתחררת בקטבוליזם נאגרת ב- ATP המשמש לתת אנרגיה לתהליכים אנאבוליים וכך נבנים חומרים בתא המונומרים לבניה הם יכולים להיות מבחון או מפרוק של חומרים בקטבוליזם.

מחזור החיים של חיידקים.

בדרך כלל לפני החלוקה של התא הוא מגדיל את גודלו פי 2 בערך ואז הוא מכפיל את ה-DNA ואז התא מתחלק וה-DNA מתחלק שווה לשני תאים שנוצרים. הגידול בחיידקים הוא לוגרטימי למשל תא שיתחלק על חצי שעה לאחר 10 שעות נקבל 1,048,576. במציאות הדבר לא כך בהתחלה החלוקה היא לא כל חצי שעה יש פאזת של גידול. Lag זה פאזה של הסתגלות בפאזה זו החלוקה היא אישית כיון שהחיידק חש שסביבתו ריקה מחיידקים.

לאחר מכן יש שלב של חלוקות מהירות זו הפאזה האקספוננציאלית ואחריה יש את הפאזה הסטציונרית בה יש Steady State. הדבר נוצר עקב תחרות על המזון ומעקבים שנוצרים עקב פסולת המופרשת מחיידקים לאחר מכן יש ירידה ברמת החיידקים עקב תמונה יש גם ירידה קלה בצפיפות האפשרית עקב ליזיס של חיידקים אך היא קטנה מאד.

דרכים לספירה של חיידקים.

ספירה במיקרוסקופ בה מסתכלים על שדה מוגדר בצלחת נושא מיוחדת שידוע מה הנפח שלה ויש מצע הגידול כך מקבלים מושבות בשכבות שונות. וצריך לספור אותם. שיטה נוספת היא מהולים וזריעות עד שמקבלים כמות מושבות שניתן לספור את זה כופלים בפקטור המיהול לקבלת מספר החיידקים. דרך נוספת היא על ידי בליעה אופטית ב-Klett Unit כך ש-Klett Unit = O.D./0.002. ניתן להשתמש בריאקטור בו אנו יוצרים גידול תמידי של חיידקים כל שהריכוז יישאר כקבוע כך שלמעלה כל הזמן נכנס מצע חדש נקי ויוצא מצע עם חיידקים כך שנשארת צפיפות חיידקים קבועה.

לכל חיידק יש לו טווח טמפרטורה בה הוא אוהב לגדול מעל טמפרטורה זו הוא ימות מתחת הוא לא יגדל. ובטווח יש גם אופטימום בו הגידול הכי טוב. אם נסתכל על חיידקים שונים נראה כי הם מכסים טווח טמפרטורה רחב מטמפרטורות של מתחת לאפס עד מעל 110°C (השיא היום הוא 113°C). יש גם חיידקים החיים ברוב טווחי ה-pH השונים מ-pH=0 עד pH=14. גם בריכוזי מלח שונים יש יכולת לגידול חיידקים (אלופיליים = אוהבי מלח) (אלוטולרנטים = עמידים בריכוזי מלח מסוימים).

גם בתנאי יובש יכולים להתקיים חיידקים וזה על ידי שימוש במולקולות כדי להעלות את ריכוז המים בתא. על ידי הכנסתו מבחוץ בעזרת מולקולות שונות. גם בסביבת של עם חמצן ובלי חמצן יכולים לגדול חיידקים שונים. מיקרוארופילי צריכים חמצן אך לא בריכוז שיש באטמוספירה אלא בריכוז חמצן נמוך יותר רוב האנאירובים מעוכבים על ידי חמצן ולכן הם יורדים למטה במבחנה אך אלו שעמידים לחמצן יכולים להיות למעלה. פקולטיבי יכולים להיות גם בארובי וגם באנארובי אך הם מעדיפים ארובי.

אבולוציה מיקרוביולוגית וסיסטמאטיקה.

המבנים מאד דומים בין המאובנים של הסטומטוליט לאלו שיש היום. בחתכים הם נראים דומים מאד אך כנראה הם לא היו ציאנובקטריה כמו אלו שיש היום. ניתן לבצע בדיקות של רכיבים איזוטופים על מאובנים בין החיידק המאובן למקום שהוא נמצא בו אז ניתן לראות את מקור המרקיבים אם הוא מפותוסינתזה או ממטבוליזם חיידקי. יש מולקולות RNA עם פעילות קטליטית משל עצמם הם נקראים ריבוזומים הם הובילו לתיאוריה שלעולם ה-RNA היו מולקולות RNA שידעו לשכפל את עצמן. לאחר מכן נוצרו באופן אקראי וסיקולות של ליפופרוטאינים. מקובל לחשוב שזה קרה בסיבה של תמיסה מלוחה כלומר, בים. אך לפני זמן קצר גילו כי הוסיקולות הללו יכולות להיווצר באקראי רק במים נקיים לא מלוחים.

כך נוצר שידוך בין ה-RNA הקטליטי לוסיקולות אלו וכך נוצרו החיים הראשונים של RNA עטוף בממבראנה. לאחר מכן נוספו החלבונים שהם החליפו את התפקיד הקטליטי של ה-RNA. רוב הריאקציות הקשורות ל-RNA קטליטי מכניסות טעויות. התהליך האחרון היה הוספה של מולקולת DNA שהוא יציב יותר מ-RNA וכך קיבלנו DNA שמעביר מידע ל-RNA שממנו נוצרים חלבונים.

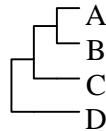
בתחילת קיום כדור הארץ האטמוספירה הייתה לא זמינה לחמצן היה מתאן אמוניה מימן חנקן ו- CO_2 . גם כיום יש חיידקים שמסוגלים לחיות על חומרים אלו (ראה שקף מנגנון ליצירת אנרגיה בתא בתנאים אלו). כאן לא מדברים על E. Coli שמתחלק כל 20 דקות אלא בחיים שמתחלקים כעבור זמן רב. במנגנון יש ATPase היוצר ATP לאחר שיש פוטנציאל ממבראנה. משערים שה- Cyanobacteria שמבצעת פוטוסינתזה ירוקה היא זו שהביאה לעליה בריכוז החמצן באטמוספירה על ידי פירוק מים.

חמצן יכול להיות בצורת אוזון הבולע U.V. ולפי היווצרותו כדור הארץ הופצץ בכמות אנרגיה גדולה מהשמש ורק היווצרות האוזון הגנה על כדור הארץ והתפתחו בעלי החיים בו. כשחיידקים נבלעו על ידי יצור יוקריוטי פרימיטיבי התקבלו מיטוכונדריות וכלורופלסטים. יש לנו מצב של יצורים פרוקריוטים פרימיטיביים בהם אין מיטוכונדריה. ניתן לחשוב שתא זה הוא לא בולע מיטוכונדריה אך יכול להיות שזה תא רגיל שאיבד את המיטוכונדריה אך בהם ניתן למצוא גנים בגנום שמעדיפים שהיה להם מיטוכונדריה ואז הם איבדו אותה אך לא לפני שהם קיבלו חלק מהגנום שלה. זו הגישה המקובלת ביותר כיום.

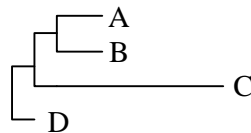
ה – 16S rRNA

הריבוזום מורכב מ- RNA וחלבונים בחיידקים וארכי בתת יחידה הקטנה יש 16S rRNA ובגדולה 23S rRNA. ה- 16S rRNA היא מולקולה שלא עוברת בקלות בין יצור ליצור ולכן ניתן להשתמש בה לזיהוי משפחות שונות של חיידקים. למולקולה זו יש אזורים שמורים גם לבקטריה גם לארכי וגם ליוקריוטים (18S) אך יש לה גם המון אזורים וירבילים שיכולים לתת חתימות של בודדים. אנו עובדים על הקטע ב- DNA שמקודד ל- 16S rRNA ובעזרת PCR עושים רפליקציה ועושים בדיקת רצף לאזורים בין המקטעים השמורים שבהם השתמשנו עם פריימרים ל- PCR.

אנו יכולים לסכם את סך כל השינויים ולבדוק מרחק אבולוציוני בין היצורים השונים ועל המידע הזה ניתן לבנות עצים אבולוציוניים. עץ בשיטת הפרסימוני נותן לנו רק יחסים אך לא מרחקים.



בשיטת הדיסטנס מקבלים מצג של אורך הענפים המסמנים את מספר השינויים בניהם.



אם הקו קרוב יותר לאחד מהם סימן שהוא קרוב יותר למקור.

גם חיידקים וגם ארכי ביחד שלא ניתן לגדלם במעבדה בצורה הרגילה אנו משתמשים באזורים הוירבילים על ה- 16S. כך שיבדילו לנו ברמה שווה של ספציפיות על ידי גלאים. השיטה בעצמה היא מאד פשוטה כך שהגלאי מכיל מולקולת פלורוסנטית וקיום אינטראקציה של DNA עם RNA וכך נקבל סימן ספציפי של מה שנרצה. נוכל לראות זאת במיקרוסקופ פלורוסנציה.

בתמונה אנו רואים באדום את הארכי ובירוק חיידקים את אלו שמאבדים סולפט. שיטה זו פיתחה רבות את הביולוגיה בכך שהיא נתנה גם אפשרות לראות אינטראקציה בין התאים. בעזרת שיטה זו ניתן לגשת לאכלוסיה מיקרוביולוגית להפיק DNA להשתמש בפריימרים של 16S ל- PCR ולתוצריו ניתן לעשות Cloning.

ניתן גם להפיק RNA לבצוע Reverse Transcriptase ולקבל 16S DNA לבצוע PCR ונקבל את ה- Clons של המיקרואורגניזמים באוכלוסייה בעוד שבשיטה הקודמת נקבל את כל האוכלוסייה כך נוכל לדעת איזה חלק מהאוכלוסייה פעיל ובאילו תנאים. מהאב המייסד יש שני פיצולים אחד לבקטריה והשני הולך לארכי וליוקריה על כל זרוע יש פיצולים רבים. בארכי (חום וסגול בשקף) הסגול זה יצורים שלא גידלו לבדם אלא במצע ותאים אחרים. חוץ מזה יש שני ענפים מרכזיים קרנארקיוט ויוריאקריוט. הקבוצות של הקוריאקיות נקבעה רק על סמך ה- 16S rRNA.

בענף הבקטריה בבסיס יש חיידקים טרמופילים בתוך הבקטריה יש פיצול לקבוצת הפרוטובקטריה שבניהם יש את המיטוכונדריות וכו'. יש עוד מרקרים שונים להבדלה למשל האסטר לינקס של החומצות השומניות לגליצרול בבקטריה ויוקריה וקשרי האתר בארכי. ככל ש- DNA יש יותר GC הדעה אומרת שה- DNA יציב יותר ועמיד בטמפרטורות גבוהות יותר.

שיטה נוספת היא על rRNA. הנקראת ריבוטייפינג (Rebotyping) בה לוקחים את ה- rRNA חותכים באנוימי רסטריקציה מסוימים ומקבלים Pattern שונה עבור כל אחד. זו שיטה מהירה ומשתמשים בה בבתי חולים. שיטה מקובלת נוספת היא אנליזה של חומצות שומן שמופקת מתרבית ניתן להפרידן ובכל חיידק יש חומצות שומן שונות.

בקטריה.

השקף הראשון הוא עץ פילוגנטי של הבקטריות. בהתחלה יש חיידקים טרמופילים Aquifex. עד טרמטוגה שהם ב- 85 מעלות צלזיוס הקבוצה OP₂ זוהתה בעזרת 16S rRNA מקרקעות שזוהמו בדלק זו קבוצה די גדולה. הפרוטובקטריה היא הקבוצה הגדולה ביותר בעלת שונות מבנית רבה. הקבוצה הזו נחלקת ל- $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ (מה- γ יש את ה- E. Coli – סלמונלה וויבריו). אנו נתחיל מה- Purple Phototrophic הם בעלי מולקולה הדומה לכלורופיל הנקראת בקטריו-כלורופיל האופיינית רק לחיידקים. חיידקים פוטוסינטטים נמצאים בסביבות ימיות של מים מתוקים. הפיגמנטים הפוטוסינטטים שלהם הם בקטריו-כלורידים ו- Carotenoids.

ניתן לראות שחוץ מהממבראנה החיצונית יש להם קפלים רבים שלה, בתוך התא כדי להגדיל את שיטחה ולאפשר שטח גדול יותר לבצוע פוטוסינתזה. הקרטנואידים הם אלו שמעבירים את האור לבקטריו-כלורופיל הנמצא באזור פנימי יותר יש חיידקים כאלו בסביבות אירוביות וכאלו בסביבות אנאירוביות. כלומר, יש חיידקים מסוג זה שחמצן מעכב את פעילות הפיגמנטים שלהם. זו פוטוסינתזה שנקראת אנאוקסידנט. ברוב המקרים הקולט של האלקטרונים זה H₂S כלומר, אין פרוק מים. הקבוצה של הפרופל בקטריה מתחלקת ל- 2 סולפור ונון-סולפור. הסולפור הם בעלי קולטי אלקטרונים קשורי גופרית כמו H₂S טיוסולפט וכו'. חלק מהנון-סולפט משתמשים במקבלי אלקטרונים שהם חומרים אורגנים וחלק מהם קשה להגיד שהם עושים פוטוסינתזה ולכן הם נקראים פטוהטרורופים כי הם לא מקבעים CO₂ ויוצרים חומרים אורגנים איתו.

ניטריפינג בקטריה הם קבוצה נוספת בפרוטובקטריה. תהליך הניטריפיקציה חשוב בתעשייה אך גם בסביבה טבעית כמו קרקעית ים, מי שופכין ומים מתוקים ולכן יש כמה תהליכים האחד זה אמוניה המפורקת לניטריט על ידי חיידקים מסוימים וניטריט שמפורק לניטראט על ידי חיידקים מסוג אחר. זה מפוצל עקב הפקת אנרגיה מהשלבים השונים. לקבוצה זו לא קשורים מקבעי חנקן אטמוספרי. גם כאן יש קיפולים של הממבראנה להגדלת שטח הפנים לביצוע הניטריפיקציה.

קבוצה נוספת בפרוטובקטריה היא חיידקים מתנו ומטילו טרופיים הם מפרקים תרכובות פחמן של C₁. מתאן מופרש מגורמים רבים כמו פרות מזבלות וכו'. ראה שקף תרכובות שונות. כאן לא מדברים על CO₂ על אף שגם הוא C₁. עוד קבוצה בפרוטובקטריה היא Enteric Bacteria כאן יש את הסלמונלה ואת ה- (E. Coli) Escherichia Coli. ה- E. Coli יכול לגדול גם בצורה אירובית וגם אנאירובית. רוב הזנים לא פתוגניים הם חלק מאוכלוסיית המעינים ועוזרים בעיכול. יש מספר זנים פתוגניים והם בעלי מנגנונים לכניסתם לדם.

הסלמונלה דומה ל – E. Coli אפילו ב – 16S. הקבוצה הזו מחולקת לפי שני סוגי הפורמנטציה של גלוקוז האחד זה Mixed Acid והשני זה Butasediel עם קבוצה בפרוטובקטריה (ב – γ) הם הויבריו הפוטובקטריה. הויבריו כולרה גורם למחלת הכולרה ניתן למצוא אותו בסביבות ימיות בצורה שבה הוא לא יכול לגדול. לפני כשנה התגלה שהתפקיד של הויבריו כולרה הוא להשתמש בחומר הג'לטיני בתולדות (Egg Mass) (הטלת ביצים של מוששים) כמקור אנרגיה. ועל מצע מזון כזה הם גדלים מהר מאד.

Bioluminescent bacteria – הארה. תופעה זו התגלתה לראשונה בבשר מרקיב אחד החיידקים שגורם לזה הוא *Vibrio Fischeri*. בגחליליות הם גם מהירים אך על ידי שימוש ב – ATP אך כאן זה מנגנון שונה. משתמשים בפלווין-מונו-נוקליאוטיד, חמצן, RCHO והאנזים הוא לוציפראז. גם הפוטובקטריום שייכים לסוג זה. בדג הפנס יש אברון מתחת לעין בו יש המון חיידקים מאירים. דרך חיידקים אלו הגיעו למנגנונים שהם מזהים כמה חיידקים יש סביבם. את זה גילו כי עם ריכוז מסוים הם לא מאירים. אך בריכוז גבוה הם מאירים וזאת על ידי הפרשה של חומרים מהחיידקים החוצה וקליטה על ידי חיידקים אחרים כך שרק שהריכוז מגיע לגודל מסוים הם מאירים.

קבוצה נוספת של פרוטובקטריה היא *Rickettsias* הם פתוגנים והם דומים מאד למיטוכונדריות. יש ריקציה מסוימת שגורמת לטיפוס, קדחת התעלות (בתעלות במלחמת עולם מתו המונים ממחלה זו). חיידק זה הוא טפיל הגדל רק בתנאים מאחסנים רוב הגנים בריקציה ובמיטוכונדריה הם דומים. וכמו ריקציה גם מיטוכונדריה לא מסוגלת לגדול ללא התאים המאכסנים.

גרם חיוביים מתחלקים ל – High GC ו – Low GC הם שייכים כבר לקבוצה שונה לא פרוטובקטריה ב – Low GC יש את הסטרפטוקוקוס ולקטוקוקוס הידועים. ב – High GC יש אקטינומיציסטים קבוצה זו מייצרת אנטיביוטיקות היא קיימת בקרקע וביניהם יש אנטיביוטיקות שהם מיצרים הם: סטרפטומיצין, ניאומיצין וטראציקלין האנטיביוטיקות הללו נועדו כדי למנוע מחיידקים אחרים לאכול את מזונם.

קבוצה חדשה היא הצינובקטריה *Cyanobacteria* הם נמצאים בכל מקום עם בסימביוזה עם חזית בקרקעות על סלעים ביובש קיצוני באנטרקטיקה (מדבריות קרח שם יש כמעט רק צינובקטריה) לפעמים קוראים לזה אצות כחולות אך זה חיידק ולא אצה. בניגוד לחיידקים הפוטוסינתטיים האנטי-אוקסיטנטים אלו הם בעלי כלורופיל A המבצעים פוטוסינתזה אוקסיזנית. יש להם פיגמנטים *Phycobilins* והם אלו שמעבירים את האור. חלק מהם מבצעים פיקסציה של חנקן אטמוספרי לדוגמה טריכודרמוס. סוג אחר של צינובקטריה זה *Prochlorococcus* הוא התגלה במקרה לפני 8 שנים הוא חיידק מאד קטן הוא מכיל כלורופיל שזו מולקולה פלורוסנטית וכך ניתן לראותם לאחר הקרנה באורך גל מסוים. הוא נמצא בימים באזור הפוטי (אזור שחובר אליו עד אחוז אחד של אור) והם מבצעים פוטוסינתזה ומשחררים חמצן. לתאים אלו יש כלורופיל B ויש להם *Divinyl Chlorophyll A* שהוא נגזרת של כלורופיל A ופיגמנט α -Caroten.

בחיידקים אלו יש הטרוציסטים שהם תאים המתמחים בקיבוע חנקן. תאים אלו רגישים לחמצן ולכן יש הפרדה ביניהם לבין אלו שעושים פוטוסינתזה עם חמצן. קבוצה נוספת היא היפרטרמופילים הם נמצאים בתחתית העץ. ה – *Thermodesulfobacterium* שמכיל חומצות שומן הקשורות בקשרי אתר אך הוא חיידק ולא ארכי הם חיים בטמפרטורה של 80°C וגם 85°C .

ארכי.

אם מסתכלים על ה – 16S rRNA ניתן לחלק לשתי קבוצות עיקריות ל – *Euryarchaeota* ו – *Crenarchaeota*. ויש גם כאלו שלא ניתן למצוא אלא ב – 16S rRNA והם *Korarchaeota*. מלבד הקבוצות הכחולות והסגולות בשקף העץ ניבנה על מידע מתרבויות ולפני המידע המולקולארי חשבו שארכי נמצאים רק בתנאים קיצוניים ורק בתנאים קיצוניים יש רק ארכי אך זה לא נכון. יש כאלו שנמצאים בתנאים קיצוניים אך יש גם חיידקים בסביבות אלו וגם יש ארכי במקומות עם תנאים מתאימים לחיידקים.

האוריארכיות Euryarchaeota זו קבוצה מאד מגוונת קשה למצוא דברים זהים בין קבוצות שונות בקבוצה זו. אנו נדבר על ארכי אלופינים האוהבים מלח ונמצאים באזורים עם מלח גביש ועוד. האלופילים הנפוץ ביותר הוא הלובקטריום נמצא בסביבת של $2M NaCl$ ריכוז המלח בתוכו ובחוזן הוא זהה. כשמסתכלים על ברכות מלח שבהם יש הרבה הלובקטריום הם נראות אדומות זה ניתן לראות ליד ים המלח וליד שדה התעופה באילת.

בתוך הממבראנות של ההלובקטריום יש פיגמנט הנקרא בקטריו-רודופסין והוא חלק מהצבע. בקטריו-רודופסין זה חלבון ממבראנלי יש לו מולקולה באמצע החלבון הנקראת רטינל וזה כרומופור היכול לקלוט אור ואז הוא משנה את הקונפורמציה וכך גם החלבון משנה קונפורמציה. מה שמתקבל זה משאבת פרוטונים המוציאה פרוטונים החוזרים דרך ATPase ליצירת ATP. יש להם חלבונים בשם הלורודופסין השואבים כלור על ידי אור ויש גם שני חלבונים של סנסור-רודופסין שגורם לארכי לנוע לאור יעיל ולהתרחק מאור מזיק. מנגנון זה לא ייחודי לארכי יש גם חיידקים עם מנגנון כזה.

המתאנוגנים הם קבוצה נוספת באוריארכיות נכון להיום הם היחידים שיוצרים מתאן הארכי המתאנוגנים הללו יוצרים מתאן בדרך כלל מ- CO_2 . הם נמצאים באדמות קבול בקיבות פרות וכבשים ואצל חלק מאיתנו בקיבה וכו'. בארכי המתאנוגנים יש כאלו שנמצאים באזורים מאד חמים וקיצונים ויש כאלו בתנאים נורמאליים. ניתן לחלק את המתאנוגנים לשלוש קבוצות הראשונה היא כאלו שיוצרים מתאן מ- CO_2 ודמויות CO_2 . קבוצה שנייה היא כאלו שיוצרים מתאן מתרכובות מתיליות שונות והקבוצה השלישית מאצטט.

קבוצה שלישית באוריארכיות הם תרמופילים ביניהם יש את התרמופלאזה היא נמצאת בעפר געשי. לליפידים בממבראנה שלהם יש מבנה יחיד של מונוליר עם קשרי אתר ושייר סוכרי המחובר לגליצרויל. המתנופירוס השייך גם לקבוצה זו הוא חיים בטמפרטורה של $110^{\circ}C$ עד $113^{\circ}C$. הוא גם עם מבנה ממבראנה ייחודי עם קשרים כפולים בעוד שברוב הארכי הקשרים יחידים. קבוצה נוספת השייכת לאוריארכיות הם מצויים בים בקרקעית ונקראים מרין-יוריארכית (הם גם ידועים כ- Group II) הם לא ניתנים לגידול בתרבית הם קרובים לתרמופלאזות אך חיים בטמפרטורות נמוכות של 8 עד 15 מעלות. הם נמצאים בכמויות גדולות בים בעומק של 100 עד 200 מטר מתחת לפני הים.

קרנארכיות (החלק השני של הארכי) הם כל אלו שניתן לגדל, הם היפרטרמופילים. כל מה שידועים אליהם יודעים מאלו שחיים בתרבית. הם נמצאים באזורים כמו ילוסטון פארק היכן שיש בעבוע של נוזלים חמים ממעמקי האדמה. הם מחולקים לכאלו שנמצאים באזורים מאד חמים וכאלו שבאזורים קרים. הקבוצה התרמופילית נמצאת בכריכת בוץ בזרמים חמים וכו'. האזורים הלא תרמופילים הם בכל מקום באוקיינוס גם באנטרקטיקה. הם סימביוטים של ספוגים אך לא רק הם נמצאים גם במעיים של מלפפוני ים. מה שידע על המטבוליזם ידוע רק מההיפרתרמופילים וזה שהם עושים כמעט הכול על גופרית. הם מתחלקים לשנים כמוגנטרופים וכמוליטורופים הנושמים על גופרית (משתמשים בגופרית כמקור אנרגיה).

קבוצה נוספת בקרנארכיות היא המרין-קרנארכיוטים שהם קבוצה גדולה הנקראת גם Group I הם נמצאים מאוד בעומקים של 200 מטר ומטה באוקיינוסים בכמויות גדולות בעונות מסוימות הם מהווים עד 40% מהפרוקריוטים בים אך לא ידוע עליהם כלום. עדיין לא ידוע מה הם – Korarchaeota עושים. הם התגלו בשיטות של 16S rRNA הם התגלו לראשונה בילוסטון כיום נמצאים בכל מקום הם ממוקמים בתחתית העץ ומכאן שהם הכי קרובים ל – "מרק" הראשוני שתרם לחיים על פני כדור הארץ.

קבוצה חדשה שחושבים ששייכת לארכי הם התגלו על ידי קארל סטקר. אחד מהארכי שהם בודדו והכניסו לתרבית טהורה והם ראו שהם לא הצליחו להיפתר מספרות הצמודות לארכי כשהם צבעו את ה- 16S rRNA הם קיבלו רק את הארכי דולק. אך שצבעו DNA נדלקו גם הספרות הקטנות. הם הצליחו לבדוד את ה- DNA של חייה זו ואז גילו שיש לה מולקולה דמוית 16S אך האזורים שאנו משתמשים בהם כגלאים ל- 16S לא שמורים ולכן הם לא נצבעים בשיטות הרגילות ל- 16S הם תמיד נצמדים לארכי ולכן הם ארכי טפילים של ארכי.

ההשערה שהם טפילים נובעת מזה שהם נצמדים לארכי, גודל הגנום שלהם הוא 0.5Mb. כשמסתכלים על ה- 16S rRNA שלהם יש אזורים הזוהים לאלו של הארכי אך הם קטנים ולא ניתן להכין להם גלאים. כשמנסים ליצור עץ פילוגנטי שלהם הם נופלים ממש קרוב לאב הקדמון. אך כיוון שהמולקולות לא שמורות האמינות שלהם נמוכה מאד.

שונות מטבולית.

כמקור לאנרגיה יש אפשרות לשימוש באור. יש כאלו המשתמשים באנרגיה כימית, יש כאלו שמקור הפחמן הוא CO_2 ויש כאלו שמקור הפחמן שלהם הוא מתרכובות אורגניות. באלו שמשתמשים באנרגיה כימית יש את אלו שמשתמשים בתרכובות אורגניות כמקור לאנרגיה ויש את אלו שמשתמשים בתרכובות אנאורגניות והם נחלקים לשנים אלו שהמקור לפחמן שלהם הוא CO_2 ואלו שהמקור לפחמן שלהו הוא תרכובות אורגניות.

פוטוסינתזה – פוטוטרופים.

בדרך כלל שאומרים פוטוסינתזה מתכוונים לפוטוסינתזה צמחית אך בפוטוסינתזה חיידקית לא תמיד מקובע CO_2 . אנו נגדיר את זה כתהליכים המשתמשים באור לאנרגיה ונחלק את זה לשנים. תהליך שמתרחש בחמצן, Oxygenic, ותהליך שלא מתרחש בחמצן Anoxygenic. ב- Oxygenic יש כניסת אור לתא המהווה את הכוח המחזר על ידי פיצול מולקולת מים בעזרת זה מקבעים CO_2 . בפוטוסינתזה Anoxygenic המקור המחזר הוא H_2S והתוצר הסופי הוא לא חמצן אלא SO_4^{2-} . רוב החיידקים שעבדו עליהם בנושא הפוטוסינתזה הם חיידקים אנאירוביים. בים הפוטוסינתזה גורמת לקיבוע של כ- 50% של ה- CO_2 . לא רק אצות עושות פוטוסינתזה גם צינובקטריה וגם חיידקים שלא שייכים לקבוצה זו ועושים פוטוסינתזה אנאויזנית בים.

הבסיס לכל הפוטוסינתזות הוא כלורופיל והכי חשוב הוא כלורופיל A שדרכו מווסת כל האור. זה פורפירין עם מגנזיום בפנים יש גם בקטריו-כלורופיל A בבקטריות הבולע באורכי גל שונים של אדום אינפרה אדום. הכלורופיל A נמצא במרכז ואליו מווסתת האנרגיה. יש כלורופילים שונים שכל אחד בולע בתחום אחר וכך מווסתת האנרגיה ל- Reaction Center. יש כל מיני צורות לאותם אזורים קולטי אור יש כלורופילים שמחוברים לחלבונים וגם במרכז התגובה. ויש כאלו שלא מחוברים לחלבונים הם קולטים אור ומעבירים אותו ל- (LH) Light Harvesting. קרוטינים הנמצאים באזור זה מעבירים אנרגיה למרכז התגובה. רוב הפיגמנטים הם ואריאציות של קרוטינים שונים.

פיקובילינים ופיקוצילינים הם גם מבנים שונים לגמרי של קולטי אור המעבירים אנרגיה לכלורופיל במרכז התגובה. בממבראנה הפוטוסינתזית (שבה מתבצעת פוטוסינתזה) נקלט האור על ידי הפיגמנטים השונים. בחלק מהחיידקים הפיגמנטים נמצאים בגופיפים מחוץ לממבראנה. האור נקלט ב- LH שם אין קישור של כלורופיל לחלבונים האנרגיה עוברת ובסופו של דבר יש מפל פרוטונים ליצירת ATP. האנרגיה של האור מגיעה למרכז הריאקציה גורמת לעירור ואז יש דעיכה דרך מספר קינונים. כדי ליצור כוח מחזר. התא משתמש בחלק מהאנרגיה הנוצרת. כוח המחזר שנוצר הוא NADH כך הוא הדבר ב- Purple Bacteria.

יש בקטריות שבהם רמת הפיגמנטים שונה כך שפוטנציאל החיזור הרבה יותר גבוה וכך הם מחזרים NADH תוך כדי היצירה של הפרוטונים המשמשים ליצור ATP ללא צורך להשתמש באנרגיה של ATP לחיזור.

פוטוסינתזה אוקסיזנית יש הקבלה של החלק הראשון שנקרא פוטוסיסטם 2 למצב של ה- Purple Bacterium ובין החלק השני שנקרא פוטוסיסטם 1 לשני המערכות האחרות. האלקטרונים מהפוטוסיסטם 2 עוברים לפוטוסיסטם 1 ואז שוב יש קבלת אור וקבוצה נוספת. גם כאן בפוטוסיסטם 2 אין מספיק אנרגיה ליצור כוח מחזר אך בפוטוסיסטם 1 יש.

בחידודים הרבה מהריאקציות מקודדת בכרומוזום באופורונים ומשועתקים ביחד כך גם במקרה זה של הגנים לפוטוסינתזה. יש פוטוסינתזה אנאוקיסוזנית הן בסביבה אירובית והן באנאירובית ובחלק מהמקרים אנו לא יודעים מי הם תורמי האלקטרונים. יש מספר מסלולים לקיבוע CO_2 . בצמחים יש חלבון מפתח בקיבוע CO_2 שנקרא רוביסקו (Rubisco) הוא נמצא גם בהמון חידודים לא רק פוטוסינטטים. התהליך הוא שם CO_2 ורובילוז ציס פוספט מקבלים תוצר שמשותף במסלולים שונים תוך השקעת אנרגיה מ-ATP וכוח מחזור מ-NADPH. זו השיטה העיקרית לקיבוע של CO_2 אך יש גם אלטרנטיבות אחרות.

רוביסקו ייחודי למסלול זה בעוד שאנזימים נוספים של המסלול דוגלים גם במסלולים אחרים. אחת האלטרנטיבות היא היפוך של מעגל החומצה האצטרית (מעגל קרבס) כך ששני מולקולות של CO_2 יעברו קיבוע. המתאנוגזה היא מחצית תהליך ייחודי לקבוצות ספציפיות והיא תהליך נפוץ. בקיבוע CO_2 יש גם קואנזימים כמו מתנופורן ועוד קואנזימים ייחודיים ליצור מתאן והם לא היו בתהליכים אחרים ולכן הם יכולים לשמש לזיהוי של התהליך כך שאם הם נמצאים אז יש קיבוע של CO_2 ויצירת מתאן.

תהליכי Syntrophic.

תהליכים שמשמשים בתוצרי השלבים הקודמים, בדרך כלל הכוונה למימן. התהליכים יכולים להיות על ידי אורגניזמים שונים למשל הדוגמה שבשקף השלב הראשון Ethanol Fermentation נעשה מחידודים והמתאנוזיס נעשה בארכי. מצאו ארכי העובדים הפוך ממתאנוגזה כך שלוקחים מתאן ומים ויוצרים CO_2 ומימן ואם לא היו חידודים שייקחו את המימן אז התגובה לא הייתה מתרחשת כלומר, יש כאן שיתוף פעולה נוסף בין ארכי לחידודים. החידודים והארכי הללו מצויים בים בגובה מאד ספציפי בו גם הארכי וגם החידודים בתנאים טובים לריאקציה.

קיבוע חנקן.

הקואנזים הוא FeMo-Co המורכב ממולקולת ברזל גופרית ומוליבדן (Mo) הקופקטור הזה קשור לחלבון ניטרוגנאז בשתי נקודות. קיים קושי להתגבר על הקשר המשולש של חנקן אטמוספרי ואנזים זה יודע לפרק אותו וליצור אמוניה שאותה אנו יכולים לנצל לבניה של חלבונים וכו'. הקומפלקס של האנזים זה – קואנזים הוא זה שמפרק את שלושת הקשרים בחנקן והכוח המחזר מגיע מפירובט כמו כן יש השקעה של ATP. תהליך קיבוע חנקן הוא נעשה על ידי מעט קבוצות שהם מאד מסוימות ומכאן זה תהליך מאד מיוחד. גם כאן יש לנו אופרון מאד מורכב ששמו nif.

Sar Eleven

סר 11 זה קבוצה של פרוטובקטריה שעד עכשיו לא היה ניתן לגדלה. נכון להיום הצליחו לגדל אותה היא מהווה כ-20% ממערכות ימיות בכל העמקים. זה למעשה היצור הנפוץ ביותר בכדור הארץ. התאים גדלים מעט מאד ומגיעים לריכוז של 10^5 במ"ל וגידולם אורך 15 יום.

אקולוגיה מיקרוביאלית.

במעבדה אנו יכולים לגדל אוכלוסיות של חידוד מסוג אחד אוכלוסיה טהורה. בטבע זה כמעט ולא קורה האוכלוסיות בטבע הם לא טהורות. בסביבה מימית יש את השטח המימי ומתחתיו יש את המשקעים (Sediments) שזה סביבה שונה לגמרי. באזור הפוטי יש את החידודים והאצות המבצעים פוטוסינתזה האזור האוקסי שהוא האזור המחומצן שם יש חידודים כמו אורגנוטרופים וסביבה אנאוקיסוזנית בה אין חמצן זה יכול להיות המשקעים וחלק מהשטח המימי. בשכבה זו יש גם הארכי מתאנוגני, הומואצטיקוזנסיק בקטריה, חידודים מחזורי סולפט, חידודים שעושים צנטריפיקציה וחידודים שעושים פרמנטציה.

מיקרו סביבה.

גם בסביבות קטנות מאד יש לנו שונות גדולה בתנאים למשל בגרגיר חול בחוץ יש הרבה חמצן אך בפנים יש סביבה אנאוקסונית כך שעל גרגיר זה היו קבוצות רבות של חיידקים. אותו גרגר מהווה שיכבה שעליה חיידקים יכולים ליצור רבדים. החיידקים פיתחו שיטות רבות להיצמד למשטח. הם יכולים ליצור משטחים מאוד רצופים עם הפרשה של חומרים שיעזרו להם להדבק למשטח Biofilmin. כשיש כמות נוזל קטנה אז משטח המגע עם האוויר הוא גדול כך חיפשו חיידקים אאירובים ומקבעי חנקן ומצאו חיידק שמקבע חנקן בנוכחות חמצן כשמגבירים את כניסת האוויר על ידי הוספת עוד נוזל ואז נבודד חיידקים שונים שהם מקבעי חנקן שלא יכולים לחיות במקורות חנקן.

על אותו פרינציפ יש מתקן שהומצא שהוא מסורה המלאה בבוץ ומים וסוגרים ברדיד אלומיניום ואז נוצר גרדיאנט של חמצן למעלה ובבוץ גרדיאנט של H_2S וכל חתך בקולונה מהווה סביבה שונה לחלוטין כך שכל 0.5mm תהיה אכלוסיה שונה. בטבע למעלה מ- 99% מהחיידקים לא יכולים לחיות בתרבות טהורה. וצריך להבדיל בניהם אחד השיטות היק צביעה של DNA שהנקראת DAPI, צביעה נוספת היא בצבעים אחרים. והשיטה היעילה ביותר היא צביעה של 16S rRNA שיטה זו אומרת לנו לאיזו קבוצה שייכים החיידקים אך לא ידוע מה הקבוצה עושה משיטה זו.

לכן פותחה שיטה המשלבת את שיטת הפיש ושיטת מיקרואוטורדיוגרפיק כך שמספקים לחיידקים חומצה לקטית עם סימון רדיואקטיבי וכך החיידקים היו רדיואקטיביים וניתן לראות את אלו שלקחו אותו. רק מי שצורך את החומר הזה היה מסומן. ואז משתמשים בפילם המצופה גרגרי כסף שבו היכן שיש חשיפה לאור היה לבן. כך יש מיסוך ולכן משתמשים במיקרוסקופ שעושה Scanning (סריקה) כך ניתן לראות את האזורים ללא מיסוך.

שיטה נוספת היא מלקחיים אופטיות כך ניתן להסתכל על חיידק בודד להסתכל עליו במיקרוסקופ ולהפרידו מהאוכלוסייה בעזרת קרן לייזר המחזיקה את התא כששאר התאים מוזרמים. כך ניתן לגדל את התא לבדו. כך בידדו את הקוריאריות. ניתן לראות גם בעזרת CO_2 מסומן תהליכי פוטוסינתזה כך שיש לקיחה שלו באור ואי לקיחה בחושך. כמו כן ניתן גם לבדוק תהליכים נוספים כמו חיזור סולפט המתקיים בנוכחות מימן ולא מתקיים בחוסר מימן וכו'.

עוד טכניקה היא שימוש במיקרו אלקטרודות. כך ניתן לראות שינויים בסדימנטים כמרקרים של עשירות מילימטר. איזוטופים לא רדיואקטיביים כמו פחמן 13 (^{13}C) ברוב התהליכים האנזימיים מעדיפים איזוטופ מסוים למשל האנזים המקבע CO_2 מעדיף את האיזוטופ הקל ^{12}C על ^{13}C בלי תלות בריכוזם בתכונה זו משתמשים רבות לבדיקות שונות למשל האנזימים המתאנוגנים הם מעדיפים באופן מוחלט ^{12}C כך שבמתאן הרוב המוחלט הוא ^{12}C . כך ניתן לבצע גם לחומרים שונים כמו גופרית.

כשיש אכלוסיה של ארכי מתאנוגנים שסביבם בקטריות מחזרת סולפט ובדקו את היחס בין הכבד לקל לפי האנרגיות מבחון פנימה וכך ראו שבחון הכבד יותר מאשר בפנים, וככל שנכנסים פנימה הקל הוא בכמות גדולה יותר ומכאן שהמתאן נוצר באמצע. הסביבות השונות יכולות להיות בטמפרטורה בלחץ בריכוז חמצן חומר אורגני וכו'.

יש תולעים בוונטים של מים חמים שבהם יש חיידקים שמהם ניזונים התולעים. התולעים הללו לא מכילים מעיים או פה הם בעצם שק של חיידקים המקבעים חומרים אורגנים שאותם התולעת אוכלת כלומר, היא ניזונה מהחיידקים. במערכת זו יש גם צדפות וסרטנים שחיים על התוצרת של החיידקים האלו. הם מספקים לחיידקים מרכיבים והחיידקים מספקים להם מזון זוהי סימביוזה. לתולעים אלו יש המוגלובין מיוחד המעביר גם CO_2 וגם תרכובות גופרית.

מחזור הפחמן בטבע.

יש שתי מערכות מימית ויבשתית יש קיבוע באזור הפוטי על ידי צמחים אצות וחיידקים פוטוסינטיים אוקסיזנים ואנאוקסיזנים. ירידה לסדימנטים עקב מוות של המקבעים הראשונים, נאכל על ידי יצורים

מימיים הניזונים מהם וחזרה תוך כדי פרוק התרכובת האורגנית ליצור CO_2 בנשימה שהם מתים גם הם מגיעים לסדימנטים. במערכת היבשתית יש עיקר קיבוע CO_2 על ידי צמחי היבשה וצינובקטריה באבנים וחזויות בעלי חיים אוכלים אותם. נשימה וחזרה לאטמוספירה המון חומרים צמחיים מתפרקים לתרכובות אורגניות עם שרשראות פחמנים ארוכות מה שיוצר את הדלקים השונים ומשחררים CO_2 לאטמוספירה על ידי שריפה. ניתן להסתכל על מחזור החמצן גם לאזור אוקסי ואנאוקסי.

באנאוקסי יש את יצירת המתאן חיידקים פוטוטרופים שמבצעים פוטוסינתזה אנאוקסינית נשימה אנאירובית מחזירה את ה- CO_2 לאטמוספירה, באזור האוקסי גורמים פוטוסינטטים, חיידקים כמוליטוטרופים חיידקים מחמצני מתאן וכמובן בעלי חיים וצמחים ומיקרואורגניזמים. יצור המתאן בעולם מתבצע לרוב באיזורים בוציים למחצה. יצור גדול נוסף מתבצע על ידי ארכי הנמצאים בבטן של טרמיטים ומעבירים אנרגיה לטרמיטים כתוצאה לעזרה בפרוק המרכיבים הצמחיים שצורך הטרמיט.

השלישי ביצור אחרי אזורים בוציים היצור במקום השני זה בבהמות מעלות גרה, כמו פרות איילים וכו'. שם יש Rumen בקיבה בה מתבצעת יצירת המתאן בסוסים וארנבות יש את החיידקים הסימביוטיים הללו אך אין להם את ה- Rumen שם המזון נמצא 12 שעות ובו יש את יצירת המתאן בפרות יש עיכול נוסף בו יש גם עיכול של החיידקים עצמם. גם במחזור החנקן כמו במחזור הפחמן יש חלוקה של אוקסי ואנאוקסי. מבחינה אקולוגית יש חיידקים המעכלים נפט, הם חיים על המשטח של הנפט.

אינטראקציה של חיידקים עם צמחים.

אגרובקטריום שייך ל- α פרוטובקטריה. הוא פתוגן של צמחים הוא יוצר "סרטן" או "גידול" בצמחים. הוא תוקף צמחים שנפצעו כיוון שהם מפרישים חומרים אותם קולט החיידק ומסמן לו שיש אזור דרכו הוא יכול להיכנס. חומרים אלו הם פנולים. בממבראנה של אותו חיידק יש חלבון Vir A העושה פוספורילציה ל- Vir D העושה הסבה לפלסמיד שנמצא על אותו אגרובקטריום וכך עושה nick והחלק של T DNA מועבר לצמח. יש הפעלה של גן נוסף Vir E שעושה הפרדה של הסיבי היחיד והגן Vir B יוצר את התעלה בין החיידק לצמח. רק אזור ה- T DNA מועבר לצמח ואינטגרציה עם הגנים בצמח. בחיידקים אלו ניתן להשתמש בהנדסה גנטית להכנסת מקטעי DNA לגנומים צמחיים. הצמח ממשיך ליצור גידולים גם כשהחיידק איננו.

חיידקי הריזוביום יוצרים קיבוע חנקן אטמוספרי לצמחי קיטניות המצויים באזור בו הקרקע ענייה בתרכובות חנקן. זה סימביוזה מנגנון ההדבקה שלהם הוא דרך השערות שבשורשים של הצמח. הצמח מייצר nodes (פקעית) סביב חיידקים אלו כך נוצר בקטריואיד שבו מתבצע תהליך קיבוע החנקן. אינטראקציה זו יוצרת המוגלובין מיוחד שנקרא לאגוהמוגלובין. רוב הגנים להדבקה נמצאו ליד הניף (nif) שזה הגן לקיבוע חנקן וזה מראה את הקשר בין הקיבוע החנקן ליצור ה- nodes.

מיקרואורגניזמים יוקריוטים.

בתא יוקריוטי יש גרעין המוקף בממבראנה ומובדל מהציטופלזמה יש גרעינון ויש גם אברוני התא המופיעים ברוב היוקריוטים והם מיטוכונדריות (בצמחים ואצות כלורופלסטים). ER שזה התפתחות של ממבראנת הגרעין. ה- ER מחולק ל- RER שהוא עם ריבוזומים ו- SER ללא ריבוזומים. יש גם מיקרוטובולים, ממבראנה ציטופלזמית, ליזוזומים ועוד. הידרגנוזום זה אברון במיקרואורגניזמים יוקריוטים. יש הרבה מיקרואורגניזמים יוקריוטים ללא מיטוכונדריה לכולם יש את ההידרוגנוזום שהוא תוצר של סימביוזה עם חיידק. אנו מוצאים אותו ביצורים בסביבות אנאוקסזניות הוא מספק לתא מימן הוא משתמש בפירובט ההופך לאצטיל CO A ויוצא CO_2 ו- H_2 לאחר מכן מקבלים אצטט ו- ATP.

חושבים שההידרוגנוזום היה מיטוכונדריה שאיבדה את ה- DNA שלה ואיבדה את קיפולי הממבראנות פנימה (מצאו כבר הידרוזום עם DNA). דוגמה נוספת היא כלורופלסט שיש יצורים מיקרואורגניזמים יוקריוטים שעושים פוטוסינתזה שבלעו יצור יוקריוטי המכיל כלורופלסט ומקבלים מבנה עם 3 ממבראנות 2 של הכלורופלסט ו- 1 של הבולע). יש כבר דוגמאות של מבנה כזה שנבלע שוב.

בטפיל המלריה יש שריד קדום של כלורופלסט שהיווה את הפונקציה הפוטוסינתטית שלו ונשאר רק ה-DNA באברון. כפי שציינו קודם מצאו הידרוגנוזום המכיל DNA וזה מחזק את ההשערה שזה היה פעם מיטוכונדריה שאיבדה חלק מהפעולות שלה. אברון זה נמצא במיקרואורגניזמים יוקריוטים שנמצאים במעי של חרקים. יחד איתם יש ארכי מתאנוגנים המייצרים מתאן ומימן שהם בריכוזם הם מקבלים מההידרוגנוזום. אף אחד לא יודע אם המיטוכונדריה נעלמה או שהיא אף פעם לא נלקחה. בעץ הפילוגנטי הפרוטאזות הם ה-13 שמאליים הימניים בחום זה אצות חומיות מעליהן אצות ירוקות והקבוצה הירוקה באמצע הם ריריות.

פרוטוזואה.

כאן יש את האמבות ועוד. הטריפנוזומה הם טפילים הגורמים למחלת השנה המוזכרת על ידי זבוב הצצה ועוד הם מאופיינים בזה שיש להם פלגלה. גוארטיאה, לשמניה – שושנת יריחו קרובי משפחה של טריפנוזומה מועברת על ידי זבוב החולות. כל אלו חיים במים מתוקים ובבעלי חיים. כל אלו שייכים ל-Mastigophora.

בקבוצה של Euglenoids יש את ה-Euglena שהיא עושה פוטוסינתזה והוא פרוטאזאה. הקבוצה השלישית היא סרקודינה. בה יש אמבות הנמצאות במים מתוקים וסביבות ימיות הם בדרך כלל טפילים אך יש גם חופשיים. קבוצה נוספת היא סיליאיטס שהם טפילי חיות אך יש גם כאלו שהם אנדוסימביוטים העוזרים בפירוק מזון. קבוצה אחרונה זה ספרוזואה או אפיקופליזיה. הם מועברים על ידי ייטושות והם פרזיטים.

יש אמבות המפרישות דופן קשיחה המכילה קלציום וזה מרכיב חשוב. בסביבה הימית הם שוקעים עקב המשקל. יש תקופות גיאולוגיות המאופיינות על ידי השלדים של אמבות הללו שמהוות את רוב המשקעים הימיים.

אצות.

הקבוצה הראשונה זו הכלורופיטה. אלו אצות ירוקות, דוגמה לאצה ירוקה זה קלידומוניקס גם כאן יש אאוגלנה הנחשבת גם כאצה כי היא עושה פוטוסינתזה על אף שלפי 18S rRNA היא פרוטוזואה. אין לה דופן כי היא פרוטוזואה כמו לאצות והיא נמצאת במים מתוקים. הדנופלזולית רובם לא עושים פוטוסינתזה ולכן הם לא בדיוק אצות אלו שעושים פוטוסינתזה הן אצות. ההובית הם אצות חומות וצורנית (דיטום) נמצאות גם בסביבה הימית וגם במים מתוקים. הקבוצה האחרונה אלו אצות אדומיות. הם ימיים וחלק מהן עושות פריחות Bloom וכך אזורים שלמים גם הופכים אדומים. חלק מהם מפרישים חומרים טוקסיים ההורגים דגים אנשים שאוכלים דגים אלו מקבלים שיתוקים איבוד זיכרון וזה נפוץ באזור המזרח הרחוק. האצות הצורניות מאופיינות בצורות מדהימות לכל סוג צורה שונה לגמרי. השלד שלהם מכיל המון סיליקה והם מהווים מרכיב חשוב. והשלד שלהם נשמר לאורך שנים.

רירנית Slim Molds.

ניתן לחלקם לשניים, האחד עם צורה מוגדרת והסוג השני הוא ללא צורה מוגדרת. אלו שהם בעלי הצורה המוגדרת בהתחלה הם נראים כמו אמבה ובסוף הם נראים בצורה מוגדרת כגופי פרי.

מיקרואורגניזמים כגורמי מחלות.

נתחיל במספר הגדרות:

סימביוזה – "לחיות ביחד" שני אורגניזמים אשר חיים אסוציאציה אחד עם השני. כאשר אחד חי בתוך או על משנהו. צורות סימביוטיות לפי ההגדרה:

1. Phoroses – נסיעה ביחד. שני סימביונטים הנוסעים יחד ללא כל אינטראקציה ביניהם. לרוב סימביונט אחד גדול מהשני. דוגמא – צדפות זעירות על קליפות של סרטנים, בקטריה על זוחלים וכו'.

2. **Mutualism** מערכות יחסים, המבוססת על תלות הדדית מוחלטת. אובליגטורית בין שני שותפים. לרוב מדובר בתלות פיזיולוגית (טרמיטים), שבמעייהם יש פרוטוזואה המתמחים בפירוק צלולוז – פוליגלוקוז).
3. **Commensalism** – מערכת יחסים, שבה רק אחד השותפים נהנה, והשני איננו ניזוק. דוגמא – חיידקי המעיים נהנים משיירי המזון ולא מזיקים. (סילוק הפלורה מהמעיים עלול לגרום נזק מסוים, כתוצאה מאדפטציה).
4. **Parasitism** – מערכת יחסים, שבה אחד השותפים גורם נזק לשני ו/או חי על חשבונו.

מאכסן Host – האורגניזם אשר בתוכו או עליו חי האורגניזם השותף לו. מבחינים ב – 3 סוגי מאכסנים:

1. מאכסן מוחלט – מאכסן שבתוכו הטפיל מגיע לבגרות מינית (טפילי המלריה).
 2. מאכסן ביניים – בתוכו הטפיל לא מגיע לבגרות מינית.
 3. מאכסן מעביר – בו הטפיל אינו מתפתח, אלא נשאר בחיים, עד אשר יתקוף מאכסן חדש.
- היחסים בין הטפיל למאכסן הם גורם המחלה – הטפיל מזיק. בדרך כלל הטפיל מוצא מאכסן ספציפי, ומתפתח מנגנוני אדפטציה אליו.

מעביר Vector – אורגניזם, המעביר את המחלה ממאכסן (פונדקאי) אחד למשנהו. או ממאגר לפונדקאי. מכיוון שטפילים גורמים למחלות, שעלולות להסתיים במות, הטפילים פיתחו מאגרים שלהם בטבע, בדרך כלל יונק אחר, שבתוכו הם חיים כבמאכסן מעביר כלומר, לא מפתחים בו מחלה. מאגר כזה מבוקר על ידי הוקטור. למשל, יתוש עוקץ גם את המאכסן וגם את המאגר, כך תהיה זרימה של הטפילים בין האוכלוסיות.

פתוגנים Pathogens – מיקרואורגניזמים עם פוטנציאל לגרום מחלה. לא כל אורגניזם שיכול לגרום

למחלה, יגרום למחלה. הוא גורם למחלה כאשר:

1. אשר המאכסן "חלש".
 2. עם הגעת הטפיל למטרתו.
 3. כמות פתוגנים.
- מידת הפתוגניות תלויה ביחסי הגומלין בין הפתוגן למאכסן. יש מקרים, בהם טפילים חיים בגוף מבלי לגרום לסימפטומים של מחלה. לכן מבדילים בין שני גורמים הפתוגן, שיכול לגרום למחלה. מידת אלימותו נקבעת על פי מדד.

וירולנטיות Virulence – מצב שבו טפיל הופך מלטנטי לוירולנטי. פתוגן פעיל הוא וירולנטי ואז הוא

גורם למחלה. גרימת המחלה והנזק יכולים לנבוע משתי סיבות:

1. לטפיל חסר משהו, שקיים במאכסן. הוצאת אותו מרכיב גורמת נזק למאכסן. זה טפיל עם מטרה מאד מוגדרת.
2. הטפיל מפריש חומרים – אנזימים או גליקופרוטאינים, שיש להם תופעות לוואי שגורמות לנזקים. המטרה עצמה לא מזיקה, הפעילות הצדדית גורמת נזק.

השלבים בהשתלטות הטפיל על המאכסן.

הטפילים צריכים לפתח מנגנונים ואלמנטים, שיאפשרו חדירה למאכסן והגעה מקומות ספציפיים. הוא צריך להתגבר על האפקטים של המערכת החיסונית (מערכת המשלים ותאי T). הטפיל יכול להיכנס דרך חתך בעור, בדרכי הנשימה, דרך הריריות, מערכת העיכול. יש 3 תהליכים:

1. תאי אפיתל מכוסים ברירית, תאים יכולים להידבק על הרירית. הם יכולים להיות מסולקים, אך תאים שיודעים לנצל אפיתל בדרכם להיכנס, יש להם מנגנונים להיצמד לקורמי התאים הללו Adherence בתהליך אקטיבי. יש חיידקים, שיש להם רצפטורים על פני תאי האפיתל, וזה מאפשר את החדירה. חיידקים, בעיקר גרם שליליים, יכולים לפתח Pili שאלו צינורת דקים לקונוגנציה, שגם יכולים לאפשר קישור ספציפי של חיידק פתוגני לתא המטרה שלו. יש פתוגנים שהופכים לוירולנטים כתוצאה מסטרוס. כאשר הסטרוס גורם למעשה ליצירת ה – Pili.

2. במלריה ל – Attachment יש חשיבות גדולה לעתים גם האוריינטציה של ה – Attachment חשובה לחדירה. לעיתים ההצמדות הזו גורמת ל – ST בתא הטפיל ובתא המאכסן. שנותן סימן לשלב הבא של החדירה. כלומר, הטפיל מתקשר עם המאכסן ופועל לפי הסיגנלים שהוא מקבל.

3. החדירה יכולה להיות דרך תאי אפיתל או מסביבה. סלמונלה, שגורם לטיפוס. חיידק שהמאכסן הסופי שלו הוא ליזוזומים של מאקרופאגים. מגיע דרך פצעים לכלל דם. הוא עובר דרך שכבות אנדותל ומגיע למאקרופאגים שמחוץ לכלל הדם, ואז מתפתחת המחלה. זו חדירה אקטיבית.

יש חיידקים שאינם פתוגניים והם הפלורה הטבעית בגוף. למשל על העור אין הרבה חיידקים. לפרוקריוטים אין אברונים, ואין להם יכולת לפאגוציטוזה. הם יכולים לקלוט רק חומרים מומסים. לכן הם לא ויאביליים (חיים, מסגסים) בסביבות יבשות. לכן אזור של בלוטות זיעה בעור שם נמצאים רוב החיידקים של העור.

בשן יש מצע עשיר יותר לחיידקים. במערכת העיכול יש IgA, ובקיבה ה – pH נמוך, חוסר בחמצן סביבה עוינת (חומרים ואנזימים מעכלים), פריסטליות – לא ממש, אולם יש הרבה אוכל, קל להיכנס. בין המעי הדק לגס חיים חיידקים אירוביים פקולטיביים, שיש להם מנגנון, המאפשר קיום עם או בלי חמצן. בחלקים העליונים יש אירוביים מוחלטים, ובמעי הגס, אנאירוביים מוחלטים. חיידקי ה – Coli הם בכמות נמוכה יחסית. בזיהום מזון – מדד E. Coli שייך ל – Enterobacteria.

פתוגנים יכולים להיות כאלה, שעצם הגעתם לאחר המחלה גורם מחלה, וכאלה, שמפרישים טוכסינים. ישנם 3 שלבים:

1. כניסה Entry.
2. הקמת מושבות – Colonization.
3. גידול – Growth – בדרך כלל גורם תופעות הלוואי.

לחיידקים שנכנסים יש מערכות הגנה, שמשמשות לאינטראקציה עם המאכסן:

1. קפסולה – מעטפת של גרם שליליים, מפוליסוכר, מעטפת הדוקה, שמגינה מפני המערכת החיסונית, ועוזרת לאינטראקציה עם המאכסן. הפוליסוכר מוכר על ידי התא המאכסן.
2. על שטח הפנים – Glycocalyx סיבים של פוליסוכר, שעוטפים את החיידקים ומשמשים לאינטראקציה בינם לבין תא המטרה. הסיבים די רופפים.

המעטפות הללו – יש להן תפקיד בהגנה המיידית. נגד המערכת החיסונית הן מונעות כניסה של קומפלקסים של חלבונים ויוצרים Spacer כלומר, מחסום פיזי, מרווח. מוצאים זאת גם בפרוטוזואה טפילים שעוטפים אותם בפוליסוכרים או ליפופוליסוכרים. יש כך לחיידקים זמן להתמודד עם מערכת החיסונית ההורמונלית. בזמן זה הם נכנסים ויוצרים מושבות. הטפיל מתייצב באתר המטרה ועובר לגדילה. אז הוא מתמודד עם המערכת החיסונית. יש המתחבאים בתוך התאים, יש כאלה שמשנם את המופע האנטיגני שלהם.

גורמי אלימות.

האלימות קובעת האם הפתוגן יגרום למחלה או לא. יש גורמי אלימות שמופרשים על ידי החיידקים. רוב הרעלנים שמופרשים הם בדרך כלל אנזימים, שכתוצאה מפעילותם נגרם נזק למאכסן. למשל, חיידקי הכלוסטרדיום מפרישים קולגנאז, שמפרק קולגן. הוא מרכיב את רקמות החיבור. הקולגנאז גורם להתפרקות רקמות. טוכסינים מופרשים כתוצאה מפעילות החיידק. הקולגנאז מופרש כל הזמן, כדי שהחיידק יגיע לאזור המטרה. יש מקרים, שבהם הפרשת הטוכסין תלויה בהגעת החיידק לאתר המטרה.

הטוכסינים מתחלקים ל – 3 קבוצות:

1. Exotoxins – טוכסינים שמופרשים תוך כדי כניסתו, התיישבותו או גידולו של הטפיל המאכסן. מופרשים כל הזמן. מסוכנים ביותר, כמו כולרה.
2. Exterotoxins – מופרשים באופן ספציפי במערכת העיכול (גורמים לשלשולים וכו').

3. Endotoxins – בדרך כלל פוליסוכרים, המופרשים כתוצאה מליזיס של תאים, ולא באופן אקטיבי על ידי החיידקים.

האקסוטוקסינים מתחלקים גם הם ל – 3 קבוצות:

1. טוכסינים ציטוליטיים.

2. טוכסינים A ו-B.

3. סופר-אנטיגנים.

הטוכסינים הציטוליטיים הם חלבונים, שגורמים לליזיס של תאים. למשל, המולזין מופרש על ידי סטפילוקוקים – *Staphylococcus Pygemes*. טוכסינים A ו-B הם המסוכנים ביותר. בדרך כלל זה חלבון עם 2 תת יחידות A ו-B, הקשורות בקשר קוולנטי ועובדות בקואופרציה. חלבון B בדרך כלל אחראי לקישור הקומפלקס לתא המטרה, ו-A נכנס ומתערב באיזשהו תהליך כימי, שבעקבותיו נוצר נזק. דוגמא דיפטריה מחיידקים *Coryobacterium Diptheria* שמפרישים דיפטריה-טוכסין. הוא חלבון, שמתערב ומעכב סינתזה של חלבונים.

בריבזומים יש אנזים, שאחראי לאלונגציה של החלבון המסונתז על פי mRNA. זהו חלבון G שניקרא *Elongation Factor 2*. יש לו אתר קישור ל-GTP. כשהוא לא קשור ל-GTP, הוא מאפשר אלונגציה. כשקשור אליו נוקליאוטיד, הוא לא מתפקד. חלבון A נכנס לתא, מתנתק מ-B ונקשר לאחור הקישור של EF2, וכך מעכב את האלונגציה של חלבונים ומעכב סינתזה. התוצאה היא מחלת הדיפטריה (שלשולים, דימומים והקאות).

יש טוכסינים A ו-B שמשפיעים על העברה עצבית. במצב נורמאלי הפרשת אצטיל-כולין גורמת לכיווץ של שריר. החיידק *Clostridium Botulinum* מפריש בוטילינום-טוכסין, שמתיישב על המנגנון שאחראי לאיחוי של וסיקולות האצטיל-כולין לממבראנה הסינפסה להפרשת הנוירורנסמיטר. הבוטילינום מונע את איחוי הוסיקולות לממבראנה. כתוצאה השריר משותק, מה שגורם למוות. מספיק 1mg של בוטילינום יכול להרוג 1000 חולדות. חיידקים כאלה לא חייבים להיות בתוך המאכסן.

הסופר-אנטיגנים הם חלבונים, שמופרשים בכל מיני מקומות וגורמים לתגובות דלקתיות מקומיות כתוצאה מתגובה חצי אלרגית של מערכת החיסון אז יש חום גבוה, נפיחויות ודלקות לא ספציפיות. האנדוטוקסינים הם בדרך כלל חומרים, המופרשים בעיקר כתוצאה מליזיס. בחיידקים גרם שליליים יש תרכובות של ליפופוספוליקגנים, שיכולים להכיל מרכיבים ליפידיים או סוכריים, שיכולים לגרום לנזק כשהחיידק עובר ליזיס. זה יכול להתבטא בחום או שלשולים. חלק מחומרים אלו הם חומרים Pyrogenic (גורמים לשינויים בחום הגוף, ויש חום. יש חומרים, שמנטרלים את פעילותם למשל פרצטמול). הם יכולים להיות גם חלק מ-LPC.

בצילוס אנטרזיס הוא החיידק שגורם לאנטרקס. החיידק הזה גורם למחלה פטאלית (סופנית) הוא מועבר בין המאכסנים בדרך כלל במגע ישיר. הוא מתחלק לשני סוגים מבחינה פתוגנית האחד מדביק דרך העור הנקרא אנטרקס עורי והסוג השני הוא של אנדוספורות שחודרות דרך הנשימה לראות זה נקרא פולמונרי אנטרקס. זמן הדגירה של הספורות זה כ- 5 ימים עד שבועיים. סימפטומים ראשונים הם כמו במחלת השפעת. אם הם חודרים למערכת הדם הם גורמים למחלה פאטאלית. אם מטפלים בזמן הדגירה באנטיביוטיקה ניתן להתגבר בקלות יחסית בשניהם.

טוברקולוזיס – TB.

חיידק ה-TB גורם לדלקת ריאות התגלה על ידי רוברט קוך המחלה תוקפת את הראות ויושבת בתוך מקרופאגים בליזוזומים. היא עוברת דרך מזון מאחד לשני או מאכילת בשר של חיות נגועות. היא עוברת גם על ידי מגע. בסוף שנות ה-60 פיתחו חיסון יעיל לכך והגדירו מחלה זו כפתורה. בשנות ה-80 החלו להופיע חולים נוספים של TB והחלו התפרצויות עקב מצב של ספורות בו היו חיידקים. אצל חולי HIV הם רובם מתים לא מאידס אלא ממחלה שמתפתחת עקב דיכוי מערכת החיסון התופעה הזו גרמה לכך שמחלות משנים כמו TB ולישמניוזיס מדביקות את חולי ה-HIV ויותר מ-10% מחולי האיידס

באירופה וארה"ב מתים מ – TB המחלות האלו מופיעות כאופורטוניסטיות המנצלות חולשות במערכת החיסונית.

חיידקי ה – TB שמגיעים לראות ונכנסים למקרופאג'ים ויוצרים תאים קשיחים שנקראים טוברסלס. הם מתרבים וגורמים לסימפטומים של המחלה. ניתן לראות תאים אלו בצילומי רנטגן. הם גורמים לנזקים לריאה ויכולים לגרום למוות. הם יכולים לחדור למערכת הדם ולגרום לחסמים גם במערכת הנשימה ולסתימות בכלי הדם.

סטפילוקוקים.

סטפילוקוקים זה קבוצה שמתחילה מאנגינה בגרון עד דלקת קרום המוח הם מייצגים קבוצה גדולה מאד של חיידקים פתוגנים חלק אלימים מאד. נחלק פחות הם יושבים בדרכי הנשימה העליונים בעור ומחלות מין בעיקר בנשים. הם מפרישים טוקסינים ואנזים הנקרא קואגילאז שפוגע ברקמות חיבור של אלו שמפרישים אנזים זה הם פתוגנים והשאר הם לא פתוגנים.

מידה כמותית של האלימות.

וירולונס זו אלימות, מידת היכולת היחסית של פתוגן לגרום למחלה. יש שני פרמטרים למדוד אלימות הראשון זה טוקסיסיטי Toxicity (רעלנות) כלומר, יכולת הפתוגן להפריש רעלנים גורמי מחלה. הגורם השני נקרא אינביסיבנס Invasiveness (פולשנות) כלומר, יכולת הפתוגן לפלוש לתוך המאכסן. שני גורמים אלו לא בהכרח הולכים ביחד. הפתוגן כדי להיות אלים יכול להשתמש באחד משני המנגנונים הללו או בשניהם גם יחד.

למשל החיידק Clostridium Tetani גורם לטטנוס מדביק בפציעה הוא לא חודר לגוף הוא יושב על פצע ומפריש רעלן טטנוס הנכנס להם וגורם לאלימות הרבה של המחלה. זה הגורם לטוקסיסיטי חזק שלא פולשני. לעומתו החיידק Streptococcus Pnevmonia הוא כמו ה – TB פולשני מגיע לריאות נכנס למקרופאג'ים ומתרבה בכמויות אדירות יש לו אנדוטוקסין שכתוצאה מתמותה של חיידקים בתוך הריאה הוא משוחרר וגורם לסתימת כלי נשימה גורם האלימות היא מעטפת הקפסולה הפוליסכרידית זה חיידק פולשני עם רעלנות נמוכה.

החיידקים הכי מסוכנים הם אלו שהם גם פולשניים וגם טוקסינים לדוגמא חיידקי הסלמונלה. היא פולשנית נכנסת למערכת העיכול ולמקומות נוספים בגוף היא מפרישה אנטרוטוקסין. הגורם לשלשולים יש לה גם אנדוטוקסין (LPS) הגורם לחום כך שגם שהחיידק מת הוא מזיק. יש עוד כמה דברים הקשורים למנגנון הפולשניות לשם כך הם צריכים לעבור מספר מנגנונים. כהתחלה הוא צריך לעבור מגע עם התא המאכסן בעזרת ה – Pili (פימבריה) בנוסף יש O Antigen התאים של מערכת החיסון יכולים להתמודד עם פולשניים במספר צורות. האחת זה זרם חמצן היוצר רדיקלי חמצן ההורסים את ממבראנת התא הפולש.

המקרופאג'ים יודעים לקלוט גופים זרים עם נוגדנים ולסלקם. הסלמונלה מנצלת את זה והיא פיתחה זה ה – O Antigen המעכב את יצירת הזרם חמצן על ידי המקרופאג' בנוסף גם ה – Oxy R שמופרש מהסלמונלה ביחד הם מנטרלים את פעילות המקרופאג'ים בזמן פלישת הסלמונלה לתוכו הסלמונלה גם מפרשת ציטוטוקסים שמנטרל את מערכת סינתזת חלבונים בתא המאכסן. לסלמונלה יש מנגנונים רבים כדי להבטיח את פלישתה למקרופאג'.

התמודדות פתוגנים עם המערכת החיסונית.

אחת הבעיות של כל הפתוגנים היא שהמערכת שלא מצליחה להתמודד עם פתוגן היא מייצרת נגדו נוגדנים. בפתוגנים יוקריוטים הם בחלקם פיטריות ופרוטוזואה שגורמים למחלות בצורה זו או אחרת המנגנונים קצת שונים מהחיידקים אך גורמי האלימות תלויים ברעלנות ופולשניות.

פרוטוואה.

בתוך היוקריוטים יש את הפרוטיסטה שהם יצורים היוקריוטים החד תאים. הלישמניה הוא אחד מהם הוא גורם למחלה בעיקר בילדים הוא חי בתוך מקרופאג'ים בכבד, במח העצם ובלבלב. הוא גורם לדלקת חריפה ומוות והורג 10% מחולי האיידס באירופה. הצורה החוץ תאית נקראת פרומסטיגות והם בעלי שוטון שהוא מושך את התנועה כלומר התא נע אחריו. המקרופאג' המודבק בהרבה תאים נקרא אמסטיגות. פליבוטמוס זה הזבובה שמעבירה את הטפיל היא ניזונה ממיץ של פרות אך לאחר הפריית הביצית היא צריכה דם כל 10 ימים. לפרוטוואה זו יש מחזור חיים מאד מסודר. הטפיל הזה גורם למחלה אך לא ידוע למה חוץ מזה שהוא גורם מידי פעם לפיצוץ מקרופאג'ים.

ללישמניה יש קרוב משפחה הנקרא טריפנוזומה הוא מועבר על ידי זבוב הצצה. המוצץ דם וגורם למחלת השינה. זה טפיל חוץ תאי בזרם הדם של המאכסן שלו והוא מתמודד באופן ישיר עם המערכת החיסונית של המאכסן כלומר, הוא ימות אם הוא לא יתמודד עם המערכת החיסונית. יש טריפנוזומה קריזי הנמצאת בדרום אמריקה והטפיל הזה מועבר על ידי זבוב שנקרא טריאטומיה. הוא מועבר גם כעקיצה וגם בהפרשות של הזבוב. שהוא עוקץ הוא משאיר סימן ולכן הוא נקרא הזבוב המנשק. המחלה היא פטאלית והיא תוך תאית.

הטריפנוזומה האפריקאנית גורמת באדם למחלת השינה על ידי פגיעה במערכת העצבים ובסוף מתים, מדום לב. הסוג השני של מחלה זו מתיישב על רקמות חיבור והורס אותן באוכלי עשב. הוא נפוץ בכל המדינות העוסקות בסחר בבשר אדום וגורם נזק רב. גילו כבר בתחילת המאה ה-20 ובדקו את רמת הטפילים בדם שלהם יראו שלמרות שהמחלה היא קבועה רמת הטפילים משתנה. בעליות וירידות כך שהאוכלוסיות מתחלפות כל שבועיים בדיוק. בהתאם להתפתחות נוגדנים שלקחו סרום מהדם מכל אחד מהפיקים הללו ובדדו את הטפילים וראו שהנוגדנים שישנם בחולה מכירים רק את הטפילים שהיו מאותו זמן אך לא את הטפילים במחזורים אחרים. כלומר, הנוגדנים ספציפיים רק לחיידקים שהיו באותו רגע בדם.

מכאן קיים שינוי של החיידק כך שהמעטפת שלו משתנה כך שהמערכת החיסונית, תצטרך ללמוד מחדש נגדו. לזה קוראים שונות אנטיגנית. באותו מנגנון פועלים חיידקים נוספים וגם וירוסים כמו האינפלואנזה. בחיידק יש מעטפת מאד צפופה של גליקופרוטאין שהוא כל כך צפוף שרק אותו מזהה המערכת החיסונית. לטפיל יש 1000 עותקים לגן של מעטפת זו כך שבכל עותק יש שוני מסוים. כך שהחלק המשתנה הוא כלפי חוץ טפיל זה יודע לבטא כל פעם עותק אחד. של הגן באוכלוסיה שלמה בצורה סינכרונית וברגע שהמערכת החיסונית מכירה מבנה אחד יש שינוי של הגן ומקבלים מבנה אחר. תוך כדי ההתחלפות נוצרות מוטציות כך שיכולות להיות יותר מ-1000 אפשרויות אך האדם בדרך כלל מת קודם. החלבון המשתנה ניקרא VSG והוא משועתק על ידי RNA פולימראז I.

ט.ל.ח.