

5 מיקרו־אבולוציה ומאקרו־אבולוציה

א. היווצרות המינים

עד כה ביססנו את ההבנה לכך שקיימים בטבע מנגנונים של שינוי (הלא הם המוטציות היוצרות אַלֵלים - גירסאות שונות לגנים, וה"ערבוביה" המתחוללת בתהליך ההפריה). ראינו כמו כן שקיימים מנגנונים הגורמים לכך שחלק מהשינויים יהפכו לנורמה באוכלוסיה בעוד אשר הגירסאות המתחרות שהיו עד אז השכיחות באוכלוסיה ילכו ויפחתו. מנגנונים אלה יכולים להיות מלאכותיים, כגון: ברירה בידי אדם של התרנגולת שמטילה הכי הרבה ביצים או בעלת הבשר הרב ביותר, או ברירה של הכלב הכי מהיר או הכי צייתן. מנגנונים אלה יכולים להיות טבעיים: ברירה של בעל החיים או הצמח המתאים ביותר לסביבתו, בכל מאפיין העולה על הדעת (גודל, חוזק, מהירות, מספר ולדות, גודל הולדות וכו'). יתר על כן, כמעט כל בעלי החיים הקיימים היום, קיימים בכמה "גירסאות" שונות: כמעט כל מין מתהדר בכמה תתי־מינים/זנים שונים.

עד כה דיברנו על דברים שבעצם הם מובנים מאליהם, ואף ללא הדוגמות שהבאתי וללא הסבר המנגנונים העומדים מאחורי תופעות אלה הם גלויים לכל המתבונן, שהרי כולנו רואים את המגוון והשוני שיש בכל מין של בעלי חיים ואף בקרב בני האדם. וארחיב במעט את הדוגמא הזו האחרונה לפני שנמשיך:

כולנו מכירים את ההלצה על יהודי, וְאָדומי וּבְמִבּוּתִי שנכנסים למסעדה...

ובכן, יהודי - אנו יודעים מה זה. על הוֹאָדומי קראנו זה עתה - אותו שבט שבכף רגלו שתי אצבעות במקום חמש. בבמבּוּתִי עוד לא פגשנו, ומן הסתם גם לא ניפגש, אך לצורך ענייננו: הכוונה לבן עם אפריקאי נמוך קומה השייך לקבוצת הפיגמים המפורסמים, שגובהו לא עולה על מטר וארבעים ס"מ. (שזה די נמוך, אם כי לא נמוך כמו בני האדם הננסיים שגובהם כמטר אחד, אשר כתריסר משלדיהם נמצאו באי האינדונזי פלורס - Flores).

ובכן, השאלה העולה היא: מה הקשר ביני לבין הוואדומי והבמבּוּתִי? (המעוניין בכך רשאי להוסיף גם סיני לתמונה). ומה הקשר ביני לבין אחיי ואחיותיי? או ביני לבין יהודים אחרים בני עדתי?

הבה "נעשה קצת סדר" בתמונה:

נניח שנותנים לי רשימה של בני אדם ואני אמור לסדר רשימה זו לפי מידת קרבתם אלי.

קרבתם אלי? אכן, כידוע "כולנו בני איש אחד נחנו" (בראשית מב יא), בני אדם הראשון, וממילא, כשם שאני ואחיי קרובים זה לזה, כך גם אני והסיני או הבמבתי קרובים זה לזה. כמובן, לא באותה המידה, אך עדיין קיימת בהכרח קרבה משפחתית ביני לבין כל אדם שעל פני האדמה אם נחזור לראשית האנושות.

ובכן, הבה נבחן את הרשימה הבאה: אח, דודן, יהודי אשכנזי, יהודי סורי, נוכרי בן הגזע הלבן, סיני ואפריקאי.

כיצד אני אמור לסדר רשימה זו?

ובכן, קיימות שלוש אפשרויות ושלושתן מתלכדות לאותן התוצאות:

1. סידור לפי ההיסטוריה המשפחתית:

הכרת ההיסטוריה המשפחתית מאפשרת לי לקבוע בנקל שמתוך רשימה זו: אחי הוא הקרוב אלי ביותר, ושני לו הוא דודני. הכרת ההיסטוריה של עדות ישראל מביאה אותי למסקנה שהיהודי האשכנזי בן עדתי הוא קרוב משפחה רחוק שלי, וכי היהודי הסורי גם הוא קרוב משפחה (שהרי שנינו בני יעקב) אם כי הוא רחוק ממני קצת יותר מאשר האשכנזי. גם הנוכרים הם שארי בשרנו, כמובן. מסתבר שמגילות יוחסין בנות אלפי שנים היו מגלות לנו שנוכרי המשתייך לגזע הלבן קרוב אלינו במידה מסוימת יותר מאשר נוכרי המשתייך לגזע הצהוב או השחור, וכי בסופו של דבר כולנו קרובי משפחה, בני אדם אחד.

2. סידור על סמך סממנים חיצוניים:

מאחר ואין לנו מגילות יוחסין ארוכות כל כך, מנין לי שכך הם הדברים? זאת משום שאני מסתמך גם על שיטת סידור אחרת: סידור על סמך מאפיינים פיזיים. שיטה זו תגלה לי לאלתר שאני קרוב לנוכרי בן הגזע הלבן, יותר מאשר לסיני. הגיוני. גם בלי מידע מוקדם על המשפחה, חדי העין שבינינו יוכלו לקבוע שאני קרוב יותר ליהודי אשכנזי באשר הוא, מאשר ליהודי סורי. וכמו כן, ניתן לקבוע על סמך טביעת עין זו מיהו אחי ומי לא.

3. סידור על סמך המטען הגנטי:

השיטה השלישית והמדויקת מבין השיטות היא השיטה הבודקת באופן ישיר את ההבדל הממשי ביני לבין הזולת: את המטען הגנטי שלי ביחס למטען הגנטי של הזולת.

שימוש בשיטה זו יראה לנו בדיוק את הסדר שגילינו תוך שימוש בהיסטוריה המשפחתית ותוך שימוש בהשוואת המאפיינים החיצוניים. המטען הגנטי שלי ושל אחי הם הדומים ביותר מבין המנויים ברשימה הנ"ל. הדמיון בין המטען הגנטי שלי לשל דודני מגיע למקום השני, ואחריו הדמיון למטען הגנטי של היהודי האשכנזי, של היהודי הסורי, של הנוכרי הלבן, ואחרי כן למטען הגנטי של הסיני והאפריקאי.

מידת הדמיון החיצוני בין האנשים שמניתי לעיל אינה מקרית, היא נובעת מדמיון במטען הגנטי שנובע בתורו מההיסטוריה הגנטית שעברה משפחת האדם הנבדק.

כולנו בני "אדם הראשון", כל בני האדם הם בני משפחה אחת, אולם משפחה זו נחלקת לקבוצות ותתי-קבוצות רבים: "גזעים", עמים, שבטים, משפחות-מורחבות ומשפחות-גרעיניות.

האדם נפרד לקבוצות שונות החיות בבידוד יחסי זו מזו. בקרב בני קבוצות אלה מתרחשים שינויים במטען הגנטי שלהם (כלומר, נוצרים אללים שונים באוכלוסיות השונות), וככל שחולף הזמן נעשות הקבוצות שונות אלו מאלו. מטען גנטי של קבוצה אחת מכתוב צבע עור בהיר, ואילו מטען גנטי של קבוצה אחרת מכתוב צבע עור שחור. מטען גנטי מסוג אחד מכתוב גובה ניכר והאחר - ננסות, חמש אצבעות בכף הרגל - לעומת שתי אצבעות, נטייה לאנמיה חרמשית לעומת העדרה ועוד.

קח אדם בעל צבע עור לבן, עיניים תכולות, סוג דם A, והשווה אותו לאדם בעל צבע עור צהוב, עיניים שחורות, סוג דם B. ההבדלים ביניהם אינם ניתנים למחיקה, הם נעוצים במטען הגנטי השונה שלהם. אולם מוסכם על כולנו ששני בני אדם אלה יצאו מאותו "אדם" הראשון. עובדה. וזאת למרות שאין "חוליות ביניים" בין סוג דם A וסוג דם B.

תהליך זהה גורם להיווצרות זנים שונים של בעלי חיים:

זנים שונים של זכרות בעלות מתכונת פסים שונה, דובים שחורים לעומת דובי קוטב לבנים, קרנפים אסייתיים בעלי קרן אחת לעומת קרנפים אפריקאיים בעלי שתי קרניים, גמל בעל דבשת אחת לעומת גמל בעל שתי דבשות. תהליכים זהים מתרחשים בעולם הצומח והפטריה.

אני מניח שברור לכולם שכשם שהאדם הצהוב והשחור והלבן יצאו מאותו אדם קדום (שכמובן היה בעל צבע אחד), כך גם הדובים השחורים והחומים והלבנים יצאו מאותו דב קדום, וכך גם הזכרות השונות.

עד כה אני מניח, ומקווה, שאין קביעות אלה מהוות בעיה כלשהי.

אך מה בין כל זה לבין אבולוציה?

ובכן, זוהי גם כן אבולוציה, והיא נקראת "מיקרואבולוציה", אבולוציה שבתוך המינים עצמם. ה"רעש הגדול" נסוב (לשוא) על ה"מאקרו־אבולוציה",⁴² שמתארת אותו התהליך עצמו כשהוא ממשיך ומביא להתפתחותם של **מינים** חדשים, לא רק **זנים** חדשים.

קבענו שגם בני האדם בעלי חמש האצבעות בכף הרגל וגם בעלי שתי האצבעות מוצאם מאדם משותף (שהיו לו חמש אצבעות...). גם שחורי העור מקורזלי השיער וגם צהובי העור חלקי השיער יצאו מאדם משותף קדום (שהיה בעל שיער מקורזל? חלק? גלי? תלוי במאייירים השונים של ספרי התנ"ך). גם הזברה המפוספסת וגם הקואגה - זברה שמפוספסת רק בחלקה הקדמי - יצאו מאותה זברה משותפת קדומה.

קבוצות בני־האדם/הזכרות האלה היו מבודדים אלה מאלה, וכל קבוצה וזן צברו שינויים במטען הגנטי שלהם, שינויים שגרמו למאפייניהם השונים.

האם יש **גבול** להצטברות השינויים? האם יש רגע כלשהו שבעל החיים אומר לעצמו: זהו, יותר אינני משתנה? מה קורה אם עובר עוד ועוד ועוד זמן? האם ייתכן מצב שבו שתי קבוצות שנפרדו זו מזו והפכו ל"זנים" שונים, השתנו עד כדי שהם איבדו את היכולת להתרבות זה מזה (במקרה זה אנו קוראים להם "מינים" שונים)? מדוע לא?

42 ההבחנה בין מאקרו ומיקרו אבולוציה היא מלאכותית ביסודה, ומשקפת את ההבדל בין הבדלים קטנים לבין הצטברותם של הבדלים אלה לכלל הבדלים גדולים.

דיברנו על זנים שונים של זברה. אנו מכירים בעלי חיים אחרים שדומים דמיון מופלג לזברה: הסוס והחמור. הסוס, החמור והזברה הם **מינים** שונים. למרות שהם מינים שונים, הם דומים דמיון מופלג זה לזה. הם אפילו יכולים להתרבות זה מזה: כולנו מכירים את הפרד - פרי כלאיים של חמור וסוסה.⁴³ גם הכלאה של זברה עם סוס או עם חמור תניב יצור כלאיים. עם זאת, הזברה, הסוס והחמור נחשבים כבני מינים נפרדים, מאחר ובאופן כללי צאצאי התערובת שלהם הם עקרים, בניגוד לצאצאים של בני אותו המין.

מנין נובע הדמיון המופלג בין בעלי חיים אלה? ומנין נובע כושרם להתרבות זה מזה? (לא ניתן להכליא זברה או סוס עם בעלי חיים "רחוקים" יותר, כמו פרה או זאב ערבות, לדוגמא). מנין נובע הדמיון **במטען הגנטי** של הזברה, הסוס והחמור?

התשובה לכך היא שבעלי חיים אלה הם אכן קרובי משפחה. כשם שזני הזברה השונים יצאו כולם מזברה אחת קדומה, וכשם שזני הסוס השונים יצאו מסוס קדום, כן יצאו הסוס והזברה והחמור מבעל חיים קדום שהיה אביהם המשותף. קרבת המשפחה שלהם חקוקה במטען הגנטי הדומה שלהם, במבנה גופם הדומה, וביכולתם (המוגבלת אמנם) להתרבות זה מזה.

האם תיאור כזה הוא **בלתי אפשרי**? האם יש הבדל **עקרוני** בין ההבדלים שבין גזעי בני האדם, או הזנים השונים של הזברה, לבין ההבדלים שבין הזברה לסוס?

אנו יכולים להעלות בדעתנו מוטציה שתתרחש בבני שבט מבודד, ואשר תמנע מהם את היכולת להתרבות בהצלחה עם יתר בני האדם. כלום בשל כך נאמר שבני שבט זה אינם חולקים עמנו אב משותף אחד? ובהתאם לכך, אם בעל חיים "סוסי" קדום, הוציא מקרבו בעלי חיים מפוספסים וקצרי רעמה, ובעלי חיים חדגוניים וארוכי רעמה, שאינם מתרבים בהצלחה זה עם זה, האם בשל כך נאמר שאין הוא אביהם הקדמון המשותף?

תורת האבולוציה טוענת שהמגוון העצום של בעלי חיים וצמחים שאנו רואים סביבנו, לא היה כך מאז ומעולם, וכי מגוון זה התפתח ממספר מצומצם יותר של בעלי חיים וצמחים קדומים.

43 פרד זה נקרא באנגלית Mule, והוא הפרד השכיח. פרד שכיח פחות הוא בן סוס ואתון ושמו באנגלית Hinny.

הבה ונזכור שוב שהאדם הלבן, השחור והצהוב לא היו כך מאז ומעולם, והם התפתחו מאדם אחד. נזכור גם שמאות גזעי הכלבים לא היו כך מאז ומעולם, אלא התפתחו והיו למאות גזעים שונים, ואזי ניווכח בכך שהעיקרון עצמו מקובל עלינו על כרחנו.

האם הצלחתי לשכנע שייתכן, ואף מסתבר, שהזברה, הסוס והחמור נובעים מאב משותף, כשם שזני הזברה השונים נובעים מזברה משותפת?

בין אם כן ובין אם לאו (ההוכחות לטענה זו יידונו בהמשך), ברצוני להמשיך ולהציג תמונה מקיפה יותר של תורת האבולוציה:

ב. טקסונומיה על קצה המזלג

לעיל ערכתי רשימה של בני אדם שונים, וסידרתי אותם לפי מידת קרבתם אליי. קירבה זו הושתתה על היסטוריה משפחתית, על דמיון חיצוני ועל דמיון במטען הגנטי. שלושה מרכיבים הקשורים הדוקות זה לזה.

גם עולם החי מגלה סדר שכזה.⁴⁴ גם את עולם החי ניתן לסדר לקבוצות ולתתי־קבוצות על פי דמיון במאפיינים השונים של היצור ועל פי דמיון במטען הגנטי.

כולנו יודעים (אני מקווה...) את עיקרי המיון הזה אף מבלי שנבין את מקורו.

הבה נראה, לדוגמא, מהו יוצא הדופן בכל שורה מהשורות הבאות:

- סוס, זברה, חמור, אריה.
- אריה, נמר, טיגריס, זאב.
- סוס, אריה, זאב, נשר.
- סוס, אריה, נשר, מדוזה.
- סוס, אריה, מדוזה, זית.

אני מניח שזה היה קל. מטעמי נוחות מיקמתי את יוצאי הדופן במקום האחרון.

מה בעצם עולה מפתרון "חידה" זו?

44 בביטוי "עולם החי" אני מתייחס הן לעולמם של בעלי החיים, הן לעולמם של הצמחים, והן לעולם הפטריות, ולכל מה ש"חי". הדוגמות, עם זאת, נטולות מעולמם של בעלי החיים.

עולה שסוס, זברה וחמור מהווים קבוצה אחת, אשר האריה אינו חלק ממנה. גם האריה, הנמר והטיגריס מהווים קבוצה אחת אשר הזאב אינו חלק ממנה. אמנם, בשורה השלישית מתברר לנו שגם הסוס, האריה והזאב (בני שלוש קבוצות נפרדות) נמנים על קבוצה אחת ביחס לנשר.

ובשורה הבאה אנו רואים שגם הסוס והנשר (שלפני רגע הפרדנו אותם לקבוצות נפרדות) נמנים באותה הקבוצה ביחס למדוזה.

ואילו בשורה האחרונה אנו רואים שגם הסוס והמדוזה הרחוקים כל כך זה מזה, נמנים באותה הקבוצה ביחס לעץ הזית.

אנו מסוגלים לבצע בכוחות עצמנו את ה"סדר" שהדגמתי בקטע שלעיל ללא הכשרה מיוחדת, אולם מה עומד מאחורי סדר זה, על פי מה בעצם אנו מסדרים וממיינים את בעלי החיים השונים?

ובכן, מיון עולם החי הוא עסקו של מדע הטקסונומיה, מדע שאת התשתית שלו הניח החוקר השבדי קרולוס ליניאוס (Carolus Linnæus) בשנת 1735. ליניאוס עמד על כך שניתן לסווג את עולם החי לקבוצות ולתת לקבוצות על סמך מאפייניהם של היצורים השונים: מבנה גופם, עצמות השלד שלהם, איבריהם הפנימיים ועוד. לדוגמא: חיות בעלות שלד שייכות לאותה הקבוצה ביחס לחיות נטולות שלד, חיות בעלות פרסות שייכות לאותה הקבוצה ביחס לחיות בעלות כפות רגליים, וכדומה.

הרעיון הזה הוא בעצם מה שאיפשר לנו לפתור בקלות את "חידת יוצאי הדופן" שבראש דבריי, גם מבלי לדעת על עבודתו של ליניאוס, מאחר והדוגמות הציגו מקרים בהם הדמיון בין הפרטים בלט לעומת השוני של יוצאי הדופן.

לינאוס קבע חלוקה לחמש קבוצות זו למטה מזו: ממלכה, מחלקה, סדרה, סוג ומין. כיום נוספו עוד כמה חלוקות, והעיקריות מבחינתנו הן: **ממלכה, מערכה, מחלקה, סדרה, משפחה, סוג ומין.**⁴⁵

מה בין סוג למין?

45 באנגלית: Kingdom, Phylum, Class, Order, Family, Genus, Species.

המין מוגדר כ"יחידה הבסיסית ביותר למיון בעולם הטבע".⁴⁶ האריה הוא מין בפני עצמו, הנמר הוא מין בפני עצמו, הזברה היא מין בפני עצמו וכו'.

הסוג, לעומת זאת, משקף קבוצה הכוללת כמה מינים של בעלי חיים הקשורים זה לזה בקשר הדוק, כגון האריה, הנמר והטיגריס - שלושתם נמנים על אותו הסוג: הסוג פנתר.

ליניאוס קבע שכל יצור יקבל שם כפול: השם הראשון משקף את הסוג אליו הוא שייך, והשם השני הוא שם ייחודי למין.

בדוגמא שהבאתי, שמו המדעי של האריה הוא *Panthera leo*, ואילו שמו של הנמר הוא *Panthera pardus*, ואילו הטיגריס מתהדר בשם הצפוי *Panthera tigris*. (השם נכתב תמיד באותיות נטויות. **הסוג** מתחיל באות גדולה, וה**מין** באות קטנה).

מה לגבי גזעים שונים של אריות? הללו נחשבים כ"**תת־מין**", וכאשר אנו מתייחסים ל"תת־מין" (= "זן" בעולם הצומח) אנו רושמים את שמו **אחרי** הסוג והמין. לדוגמא: תת־המין אריה־אסייתי נקרא *Panthera leo persica*, ואילו תת־המין אריה־קלהרי נקרא *Panthera leo verneyi*.

ומה בדבר הברדלס? ומה בדבר החתול? קל לנו לראות את הקשר ואת הדמיון בין בעלי חיים אלה לבין האריה והנמר, אלא שהדמיון בין בעלי חיים אלה לאריה ולנמר אינו הדוק כמו הדמיון השורר בין האריה והנמר עצמם. הברדלס והחתול אינם נמנים על הסוג פנתר. הברדלס מהווה סוג בפני עצמו שכולל היום מין אחד בלבד: ברדלס־הערבות (בעבר היו מינים נוספים של ברדלס אלא שהם נכחדו), ואילו חתול־הבית המוכר לנו הוא תת־מין של חתול־הבר, שהוא עצמו אחד ממשנה מינים הכלולים בסוג "חתול".

נמצא אפוא שהחתול, הברדלס והאריה הם לא רק **מינים** שונים, אלא אף שייכים ל**סוגים** שונים. אולם, שלושתם נמנים על אותה **המשפחה**: משפחת החתוליים (Felidae). משפחה הכוללת סוגים רבים נוספים. [תן דעתך להבדל שבין

46 כיום מקובלת ההגדרה לפיה מינים הם קבוצות של אוכלוסיות טבעיות היכולות לקיים ביניהן קשרי רבייה ומבודדות רבייתית מאוכלוסיות דומות אחרות. כלומר, בני בעלי חיים שמתרבים בטבע זה מזה שייכים לאותו המין, ואילו שני בעלי חיים שאינם מתרבים זה מזה אינם שייכים לאותו המין. בין שני מינים קרובים קיימים לפעמים בני תערובת, דוגמת הפרד, אלא שהללו בדרך כלל עקרים.

"חתול־הבית" - שמו של **תת־מין** המתייחס לחתולים המוכרים לנו כל כך, לבין "חתול" (*Felis*) - שהוא שם **סוג** הכולל ששה מינים (כגון חתול חולות, חתול ביצות, חתול בר), ולבין "חתוליים" (*Felidae*) - שהוא שם **משפחה** הכוללת סוגים ומינים רבים, כמו האריות, הברדלסים, חתולי הבית וכו'.

משפחה אחרת שכולנו מכירים היטב היא משפחת הכלביים (*Canidae*). **משפחה** זו מונה כמה **סוגים**, כגון הסוג כלב (*Canis*) והסוג שועל (*Vulpes*). הסוג כלב כולל כמה **מינים**, כמו כלב הבית, התן הזהוב, זאב הערבות, הזאב המצוי ועוד. כל אלה כלולים בסוג כלב. הסוג שועל כולל גם הוא כמה **מינים**, כמו שועל החולות, השועל המצוי, הפנק ועוד.

לשתי משפחות אלה, החתוליים והכלביים, מאפיינים שונים למדי אשר מאפשרים גם להדיט להבדיל ביניהם מבלי שיעמוד על היקף השוני בין בעלי חיים אלה. אולם גם שתי המשפחות הללו חולקות במאפיינים משותפים ונמנות לכן על אותה **הסדרה**. קל לעמוד על כך אם נשווה בעלי חיים אלה לבעלי חיים מסדרה אחרת, כמו הסוס או העכבר. האריה והזאב (וכל יתר בעלי החיים הכלולים במשפחת החתוליים ובמשפחת הכלביים) נמנים על **סדרת הטורפים**. הסוס שייך לסדרה שונה לגמרי: **סדרת מפריטי הפרסה** (סדרה המונה גם את משפחת הקרנפיים ומשפחת הטפיריים), ואילו העכבר נמנה על **סדרת המכרסמים** (סדרה המונה מעל אלפיים מינים שונים של בעלי חיים כגון הבונה, הסנאי, הדרבן ועוד). ההבדלים ביניהם אינם מתמצים רק בדמיון החיצוני. הם נבדלים במערך השיניים, במערכת העיכול, בצורת הגפיים, בסגנון החיים ועוד.

הגיע הזמן לעלות רמה: לרמת **המחלקה**. נפתח בשאלה: אלו ארבעה בעלי חיים יוצאים דופן ברשימה הבאה?

אריה, סוס, עכבר, קנגרו, עטלף, לויתן, כבש, היפופוטם, כלבים, סלמון, תנין, נשר, סלמנדרה.

זה כבר קצת יותר מבלבל. לפי מה אנו אמורים לקבץ את בעלי החיים הללו לקבוצות: חיות־יבשה לעומת חיות־ים? מעופפים לעומת שוכני־קרקע? טורפים לעומת צמחוניים?

ובכן, התשובה היא שארבעת בעלי החיים האחרונים ברשימה הם יוצאי הדופן. תשעת בעלי החיים הראשונים שייכים כולם לאותה **המחלקה**: מחלקת היונקים,

ולמרות השוני העצום שנראה לעינינו בין בעלי חיים כמו עטלף לוייתן וסוס, הם חולקים בתכונות רבות המשותפות להם.

קודם כול התכונה המגדירה את בני המחלקה הזו: **לכל** נקבות היונקים יש בלוטות חלב אשר באמצעותן הן מניקות את צאצאיהן (כן, גם העטלף והלוייתן מניקים את גוריהם).

תכונה אופיינית נוספת ליונקים היא כסות השיער/פרווה אשר להם (לעומת כסות של קשקשים, נוצות ושאר ירקות). גם ליונקים שאינם **מכוסים** בשיער (כמו הפיל) יש מעט שיער. אפילו היונקים הימיים חושפים תכונה זו: עובר הלוייתן מצמיח כסות שיער אשר נעלמת לפני הלידה. אגב תופעה זו נכונה גם לגבי עוברי אדם!

להלן כמה מן התכונות הנוספות בהן רוב היונקים חולקים:

- שבע חוליות צוואר. בין לג'ירף ארוך הצוואר ובין ללויתן "חסר הצוואר" ובין לבעלי חיים קטנים כעכבר יש שבע חוליות צוואר (באורך שונה, כמובן...).
- קשת עורקים יחידה הפונה לצד שמאל של הגוף. לזוחלים יש קשתות בשני הצדדים ואילו אצל העופות הקשת פונה לצד ימין.
- סרעפת החוצצת בין חלל בית החזה לחלל הבטן.
- שלוש עצמות שמע באוזן התיכונה, לעומת עצם אחת בקרב זוחלים ועופות.
- כדוריות הדם האדומות חסרות גרעין (בבוגרים).
- שיניים בעלות התמחות לצורות שונות: חותכות, ניבים, טוחנות וכו', לעומת שיניים מסוג אחד בקרב הזוחלים, או העדר שיניים בקרב העופות.

רוב תכונות אלה משותפות לכ־4,700 מינים שונים של בעלי חיים הנמנים על מחלקה זו: מעטלף עד לויתן, מסוס ועד דרבן. אלו כמובן אינן התכונות **היחידות** המשותפות בין בעלי חיים אלה, הרי בעלי חיים אלה חולקים ביניהם אותו השלד, ואותם איברים פנימיים ואינספור תכונות נוספות. לא מניתי כאן אלא תכונות המשותפות לבעלי חיים אלה **בלבד** לעומת בעלי חיים אחרים שאינם יונקים.

ואנו מתקרבים לסיום.

טַטְרָפּוּדָה (בעלי ארבע רגליים)

מנתי לעיל רשימה של שלושה עשר בעלי חיים: תשעה יונקים, דג, זוחל, עוף ודור-חיים. אם נוציא את הדג מן הרשימה, מה משותף לכל יתר החיות המנויות בה?

מתברר שהרבה מאד.

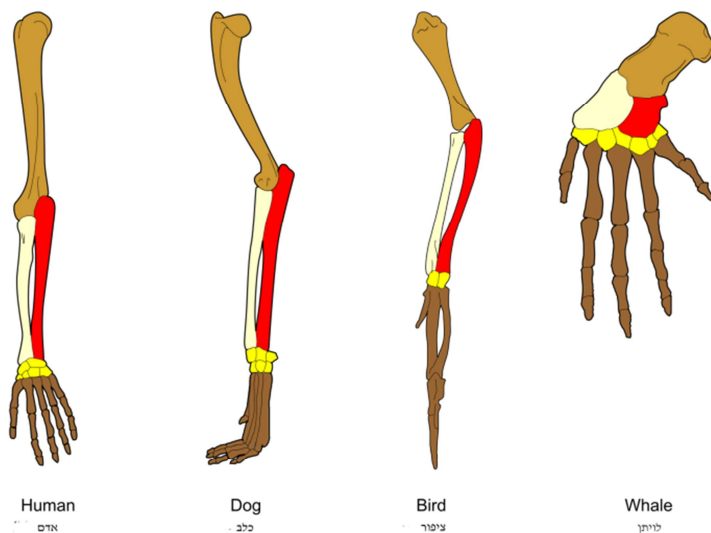
אם נתבונן בשלד של יונק, ציפור, זוחל או דור-חיים, נופתע לראות **אותו המבנה** בכל אחד מבעלי החיים הללו: שדרה בעלת חוליות, צלעות, גולגולת בעלת מבנה בסיסי דומה, איברים פנימיים דומים. המבנה הפנימי מפתיע ומהמם לעומת הצורה החיצונית השונה. בעיניי, המפתיע מכול הוא מבנה הגפיים: הגפיים בנויות לפי אותה מתכונת בסיסית (עצמות הזרוע, חישור וגומד, שורש כף היד, עצמות כף היד) בין אם מדובר ביונק (כמו אריה, עטלף ולוייתן) ובין אם המדובר בעוף (כמו נשר ופינגווין), בזוחל (כמו תנין ולטאה) ובדור-חיים (כמו צפרדע וסלמנדרה). בין אם המדובר בבעל חיים מעופף, צולל או הולך יבשה. ההבדלים בין בעלי החיים באים כמובן לידי ביטוי במבנה השלד שלהם: באורך העצמות השונות, בעוביין, בזוית החיבור וכדומה. מאפיינים אלה שונים מבעל חיים לבעל חיים בהתאם לסגנון חייו, גודלו, תנועתו וכו', אולם המבנה הבסיסי - אחד הוא.

יתר על כן, אפילו השוני מצביע על דמיון. ציינתי לעיל שליונקים יש שלוש עצמות שמע ואילו לעופות ולזוחלים יש רק עצם שמע אחת. אולם גם לעופות ולזוחלים יש את שתי העצמות היתירות אלא שהן משמשות כחלק מעצמות הלסת. עצמות לסת אלה "עברו דירה" אצל היונקים ומשמשות כיום כעצמות שמע.

ואכן, היונקים, העופות והזוחלים גם יחד שייכים גם הם לקבוצת-על: קבוצת ה**טטרפודה** (= בעלי ארבע רגליים). גם הם אפוא קרובי משפחה רחוקים, הקרובים זה לזה יותר משהם קרובים לבעלי חיים אחרים כגון הדגים.

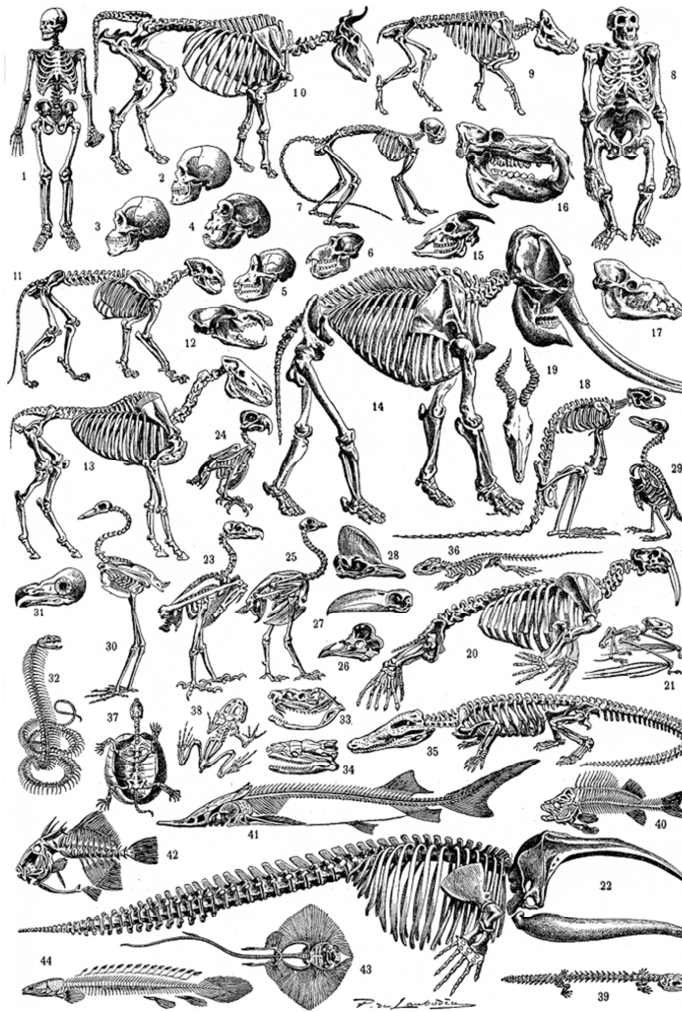
אך אם נתקדם עוד צעד נראה שגם לבעלי חיים אלה יש כמה מאפיינים משותפים עם הדגים: לאלה ולאלה יש עמוד שדרה (ועוד כתריסר מאפיינים משותפים אחרים), וביחד הם מרכיבים קבוצת-על הנקראת "**חולייתנים**" על שם חוליות השדרה המשותפות לבני הקבוצה, ובניגוד לבעלי חיים נעדרי חוליות, כמו הסרטנים, החרקים, כוכבי הים ועוד. דמיון זה בא בין השאר לידי ביטוי בעובדה שבשלבי חייו הראשונים של העובר, לא ניתן כמעט להבדיל בין עובר של דג, דו-חיים, זוחל, עוף ויונק.

מיקרו־אבולוציה ומאקרו־אבולוציה



סנפיר/כנף/רגל־קדמית/יד

ארבעה בעלי חיים השונים מאד באורח חייהם: לוייתן, ציפור, כלב ואדם. מביניהם, הציפור אפילו אינה משתייכת למחלקת היונקים. עם זאת, המבנה הבסיסי זהה: עצם הזרוע, עצמות הגומד והחישור, עצמות שורש כף היד, האצבעות. בפרט בולט הדמיון בין "כף ידו" של הלווייתן לכף ידינו.



שלדים

באיור זה, הכולל שלדים וגולגולות מארבעים וארבעה חולייתנים שונים, ניתן לראות בנקל את הדמיון הבסיסי בין החולייתנים, בין אם זה לוייתן (מס' 22), עיט (23), ניבתן (סוס ים, 20), קנגרו (18), חזיר בר (9), קוף קולובוס (7), גורילה (8) או אריה (11), לכולם אותו מבנה עצמות בסיסי, המותאם בכל בעל חיים לתנאי חייו.

מיון על פי המטען הגנטי

כפי שציינתי לעיל, הבסיס למדע הטקסונומיה הונח בשנת 1735, ובמהלך שתיים וחצי המאות הראשונות בוצעו מיונים טקסונומיים בהסתמך על מאפיינים אנטומיים ומורפולוגיים של בעלי החיים. כיום קיימת דרך ישירה ומדויקת בהרבה לצורך המיון הטקסונומי: בדיקת המטען הגנטי עצמו, או החלבונים שבעל החיים מייצר (ואשר משקפים בעקיפין את המטען הגנטי שאחראי על ייצורם). שלא במפתיע, התגלה כי המיון שנערך על סמך המאפיינים השונים תואם גם למיון שמתבצע על ידי בדיקת המטען הגנטי / החלבונים. מינים שונים של בעלי חיים הכלולים באותו הסוג מגלים דמיון גנטי רב יותר ממינים השייכים לסוגים שונים. בעלי חיים מסוגים שונים הכלולים באותה המשפחה מגלים דמיון גנטי רב יותר מאשר בעלי חיים שאינם כלולים במשפחה אחת, וכן הלאה. מובן שהשיטה החדשה מאפשרת הבנה מדויקת יותר של היחסים המדויקים שבין בעלי חיים שונים (כמו גם פתרון בעיות טקסונומיות שהשיטות הישנות לא הצליחו להכריען כגון בעיית הפנדה).⁴⁷

ג. מה לזה ולאבולוציה

כעת, משטעמנו טעמה של טקסונומיה, נוכל להבין מה טוענת האבולוציה. וקודם כול נשאל את עצמנו על בסיס האמור לעיל:

מהי משמעות הדמיון הרב שבין האריה לנמר, ובין הזאב לשועל? מהי משמעות הדמיון המסוים שיש בין האריה לזאב? או לדמיון שיש בין הכבש והעז? מדוע גם ללוייתן וגם לעז, גם לעטלף וגם לאריה יש אותו מבנה שלד, אותן עצמות גפיים, אותן שבע חוליות צוואר דווקא? מהי משמעות הדמיון בין שלד העכבר לבין שלד היונה ושלד הלטאה?

מדוע המטען הגנטי של בעלי חיים אלה דומה כל כך?

47 בעבר ניטשה מחלוקת בין החוקרים האם הפנדה שייך למשפחת הדוביים או למשפחת הראקוניים. בדיקות הדנ"א הכריעו לטובת משפחת הדוביים (לינדבורג וברגונה, פנדה).

טענת האבולוציה היא שהבסיס לכל זה הוא קרבת משפחה ממשית. זאת אומרת: ככל שהקרבה רבה יותר, מבחינה חיצונית ומבחינה גנטית, כך אנו נניח שלשני בעלי החיים הדומים היה אב משותף קדום המיוחד להם.

אם נשוב לדוגמא של בני האדם: לי ולאחיי יש אב משותף אחד המשותף רק לנו ולא לאחרים. בה בעת, לי ולדודני יש גם אב משותף: הסבא, המשותף לי ולדודני אך לא לאחרים. לי ולכל היהודים אב משותף: יעקב; ולי ולישמעאלים אב משותף: אברהם; ולי ולכל בני האדם מכל הגוונים אב משותף: האדם הראשון. (דבר זה מכונה: "אב קדמון משותף", MRCA, most recent common ancestor).

ובחזרה לנושא שלנו: אנו מניחים שלשתי זברות בנות **אותו הזן**⁴⁸ יש זברה שהיא האב המשותף לשתייהן, ושאינו האב המשותף לזברות בנות הזן האחר. אולם גם לזברות אלה ולזברות מהזן האחר יש אב קדמון המשותף לאלה ולאלה, שהרי ככלות הכול, אלה ואלה זברות, אלא שבמשך שנים של חיים בתנאים שונים השתנו שתי קבוצות של זברות והיו לשני זנים. אותו זברה קדום חי לפני ההתפצלות לשני הזנים האמורים והוא "אביהם" של בני הזן הזה כמו גם של בני הזן האחר. אם נרחיק עוד יותר בזמן, נגיע לבעל חיים שהוא אב משותף לזברות ולסוסים. זאת אומרת, לבעל חיים שיש לו מאפיינים "סוסיים" הדומים לסוס ולזברה, מעין "מכנה משותף", ואשר צאצאיו התפצלו לשתי קבוצות אשר מאוחר יותר הפכו לסוסים החדגוניים ולזברות המפוספסות. אם נמשיך ונצעד אחורה, נגיע לבעל חיים שמשותף לסוסיים ולקרנפים, אך **לא** משותף לטורפים בעלי כפיים כמו הנמרים. (קרנפים?? אכן, היום נראים לנו הקרנפים שונים לחלוטין מהסוסים והזברות, והם אכן שונים ורחוקים. אולם, אם "נקלף" את המעטה החיצוני, נגלה שהם חולקים ביניהם בכמה מאפיינים משותפים. הטענה שהקרנף והסוס הם דודנים רחוקים בני אותה **הסדרה** לא צריכה להתמיה אותנו יותר מהטענה, שכולנו מודים בה, שכלב דני ענק וכלב צ'וואווה הם בני אותו **המין** עצמו). נצעד עוד יותר אחורה, **הרבה** אחורה, ונגלה בעל חיים המשותף למפריטי הפרסה הללו ולטורפים - בעל חיים יונק שהיו לו כבר המאפיינים העיקריים של היונק, אך לא התפצל עדיין לשתי הקבוצות הרחוקות הללו. (האם הוא פסע על כפות רגליים או על פרסות? כפות הרגליים הם המבנה ה"טבעי" והקדום יותר. הפרסות הן תוצאה של פיתוח מופרז

48 מטעמי נוחות אני משתמש בביטוי זן במובן של תת־מין למרות שזה לא מקובל בהתייחסות לבעלי חיים.

של אצבע או שתיים על חשבון ניוון האחרות). אולם איננו נעצרים שם. אם נצמד עוד יותר אחורה, נגיע לבעל החיים שהוא אביהם המשותף של הטטרפודים (= בעלי ארבעת הגפיים), אביהם של היונקים והעופות והזוחלים, ובו נמצא כבר את התכונות המשותפות לשלוש מחלקות אלה של בעלי חיים. אם נמשיך, נגלה את האב הקדמון המשותף לטטרפודים ולדגי הגרם: יצור שהיה בעל עמוד שדרה המורכב מחוליות. כל עוד נמצא תכונות משותפות, נוכל לצעוד אחורה ואחורה ולמצוא את האב הקדמון המשותף אשר בו התגלו כבר תכונות אלה לפני שנפוצו בקרב המינים שונים.

הטענה הזו נשמעת מטורפת לחלק מן האנשים, דבר משולל אפשרות והיגיון או תרגיל מחשבתי גרידא. אולם, אנו נראה להלן שהיא עובדה שאינה המוטלת בספק. **כל הראיות מצביעות על כך שאכן, כך בדיוק אירע הדבר.**

לפני שאפתח בעדויות התומכות בתהליך אותו תיארתי כעת בתמצות, ברצוני להדגיש שדווקא כמאמינים הרבה יותר קל לנו לקבל תיאור זה. הבעיה המיוחדת שיש לנו כמאמינים נובעת מהתפיסה שהתיאור הזה סותר לכאורה את המתואר בתורה או בדברי חז"ל. אולם, מעבר ל"בעיה" זו, קבלת האבולוציה כעובדה - **קלה יותר דווקא למאמין**. ומשום מה? משום שאין שום בעיה לתפוס את מעשה הבריאה באופן הדרגתי. להניח שהבורא כיוון את ההתפתחות באופן מסוים. האם הבורא מנוע מלברוא את עולם החי בדרך של התפתחות הדרגתית? האם אנו נאמר לו כיצד יש לברוא יצורים? (וברצוני להזכיר לקורא את הציטוטים בהם פתחתי ספר זה). התפיסה ה"רגילה" סבורה שהבורא ברא יצורים בוגרים ומפותחים. זוהי תפיסה מאד בעייתית וקשה להבנה. האם אריה וכבש נבראו במצב בוגר? מה היה אורך כסות השיער שלגופם? מה היה מצב גופם, זכרונם, מיומנותם? האם נבראו כבר עם המיומנויות ונסיון החיים שיש לבעל חיים בוגר? באיזה "גיל" הם נבראו? טענה זו היא די מוזרה, אם להתבטא בהמעטה, ובוודאי שהיא אינה רמוזה בתורה עצמה. לא נאמר לנו כיצד ברא הבורא את יצוריו. מאחר ואנו רואים כיצד כל פרט ופרט באוכלוסיה נולד שונה מחבירו, וכיצד כל מין ומין מתפצל לתתי־מינים (ושוב, די לנו לראות כיצד צאצאיו של האדם הראשון התפצלו לקבוצות כה שונות) שוב אין לנו מניעה הגיונית לשים גבול למגמת ההשתנות וההתפצלות.

למען הסר ספק, המדע אינו זקוק לסיוע בנושא זה, והוא מיטיב להסביר כיצד השינויים הללו אכן קורים, וכיצד המבנים השונים התפתחו. רצוני היה רק להסב את

תשומת הלב לכך, שכמאמינים, איננו זקוקים אפילו להסברים הללו, מאחר ואנו מאמינים ביד המכוונת את הבריאה.

ד. כיצד נוצר המגוון הזה של בעלי החיים?

כיצד נוצרו קבוצות שונות של בני אדם? מחסומים. קבוצות שונות של בני אדם התפתחו בנפרד ו/או בנסיבות חיים שונות, מבלי שיתערבבו אלה עם אלה. בין אם משום שחיו באזורים מרוחקים ומבודדים: הסינים חיו בסין והאירופים באירופה, לדוגמא. בין אם משום שלא אבו להתערבב (היהודים, לדוגמא). כפי שראינו, מוטציות קורות כל הזמן ויוצרות גירסאות חדשות של גנים (אללים). קבוצות המתפתחות בנפרד עשויות להיות חשופות למוטציות שונות ולאללים שונים, וכך ברבות הימים ייווצרו הבדלים גנטיים משמעותיים בין הקבוצות השונות. נוסף על כך, תנאי החיים השונים של הקבוצות השונות עשויים להשפיע על שכיחותם של האללים השונים. כלומר, גם אם אותן המוטציות קרו בקרב כל אוכלוסיות האדם ויצרו אותם אללים, הרי שבאוכלוסיה אחת עשוי האלל החדש להיות בעל יתרון הישרדותי ולשגשג, בעוד שבאוכלוסיה אחרת הוא עשוי להיות מזיק ושכיחותו תרד. (דוגמות חריגות לכך ראינו במקרה של האנמיה החרמשית הנפוצה רק בקרב אפריקאים, כמו גם בגנים הקובעים את גון עורו של האדם והמותאמים לאזור מגוריו). כזכור, גם ל"אפקט המייסד" יש לפעמים מה לומר בנושא זה.

דבר זה לא שונה בקרב בעלי החיים:

מחסום טבעי יכול להיווצר בין פרטים שהשתייכו קודם לכן לאותה הקבוצה: מפולת או רעידת אדמה או הטיית אפיק של נהר עשויה לגרום בנקל להפרדה בין חברי הקבוצה.

לחלופין, לפעמים פרטים בודדים נוטשים את הקבוצה ומוצאים לעצמם אזור מחיה חדש, כשם שהאדם נדד עד שהגיע לכל קצוות תבל.

בפרט עדים אנו לתופעות כאלה בכל הנוגע לאיים: רוחות סערה ושיטפונות עשויים לסחוף בעלי חיים וצמחים ממקומות רחוקים לאיים נידחים בהם הם מוצאים תנאי חיים חדשים מצד אחד, וניתוק מיתר בני מינם מאידך.

מה קורה משעה שיש ניתוק?

המוטציות ממשיכות לנחות באין מפריע על האוכלוסיה האם ועל האוכלוסיה הפורשת. אולם, אין יותר ערבוב בין אלה לאלה. מה שיקרה כאן, לא יקרה כאן. כל קבוצה מתפתחת בדרכה שלה. ראינו לעיל את השינויים שקרו לדגי הגופי וללטאות בפרק זמן של שנים. מה עשוי לקרות כעבור אלף שנה? מאה אלף? מליון? מאה מליון? **מיליארד שנים?**

אך כאן הבן שואל: מיליארד שנים? רק לספור עד מיליארד ייקח לנו עשרות שנים.⁴⁹ אמת, מיליארד שנים הוא פרק זמן שאינו נתפס, ואנו עשויים לצפות לשינויים מרחיקי לכת כעבור פרק זמן שכזה. הרי אפילו אירוע שמתרחש "פעם במיליון שנה" יקרה אלף פעם בפרק זמן של מיליארד שנה! אבל מה לעשות, והעולם קיים פחות מששת אלפים שנה?

ובכן, זו אינה בעיה גדולה. כמאמינים, לו נאלצנו להאמין שהעולם קיים כששת אלפים שנה, יכולנו לפתור את הבעיה בטענה שהקב"ה זירז את ההתפתחות בצורה דרסטית, אבל עדיין זה לא היה פותר אותנו מלקבל את העובדה שעולם החי נברא בצורה של התפתחות, של אבולוציה, משום שכל הראיות מצביעות על כך.

אולם, היות והאמת היא שהעולם אכן קיים מיליארדי שנים (צר לי לאכזב את מי שעובדה זו מצערת אותו משום מה), ושבאמת התפתחותם של בעלי החיים והצומח התנהלה לאורך מיליארדי שנים, אבקש לשפוך מעט אור על נושא גיל העולם.

למרות שבמובן מסוים אנו "נוטשים" את הנושא העיקרי, אני מאיץ בקורא הנכבד לקרוא את הפרק שלהלן על גיל העולם, מאחר והוא כולל בתוכו פרטים הקשורים קשר הדוק להתפתחות החי והצומח בעולמנו, ומלבד זאת הוא כולל כמה נתונים די מרתקים בעיניי.

49 אם נקדיש שניה אחת לכל מספר, יחלפו כשלושים ושתים שנה עד שנגיע למיליארד.