

מערך סיור בנושא אבולוציה

יום דרווין 2019

קהל יעד: מבוגרים

משך הסיור: 90 דקות

מונחים מרכזיים

- **אבולוציה** – תהליך ההשתנות של אוכלוסייה לאורך דורות
- **שונות גנטית** – ההבדלים התורשתיים בין פרט אחד לשני באוכלוסייה
- **ברירה טבעית** – בכל אוכלוסייה לא כל הפרטים מצליחים להתרבות באותה מידה וכך להעביר את התכונות שלהם לדורות הבאים באותה מידה של הצלחה.
- **העץ האבולוציוני** (של השושלות=הפילוגנטי) - העץ ה"משפחתי" של התפתחות המינים שמתאר את השושלות שלהם.
- **אב קדמון משותף** – המין הקדום שממנו התפצלו שני מינים. למינים אלו תכונות משותפות שירשו מהאב הקדמון המשותף ותכונות שונות שהבדילו ופיצלו ביניהם.

מונחים נוספים

- **התגוננות** – שינוי של תכונה מסוימת למופעים שונים.
- **התכנסות** – הופעת תכונות דומות במינים רחוקים זה מזה, שאינם חולקים אב קדמון משותף שהוריש לשניהם את התכונה.

מסרים עיקריים:

- תורת האבולוציה מסבירה את מנגנון ההשתנות של המינים לאורך דורות, או במילים אחרות: איך מינים נוצרים. האבולוציה לא מסבירה את היווצרות החיים על פני כדור הארץ.
- **המנגנון: ברירה טבעית.** בכל אוכלוסייה שיש בה שונות גנטית, תכונות תורשתיות שמעניקות לבעליהן יתרון ברבייה (כתוצאה מכך הם מעמידים יותר צאצאים), מועברות יותר לדורות הבאים. כתוצאה מכך - לאורך הדורות חלים שינויים בשונות הגנטית באוכלוסייה, שמביאים בסופו של דבר להשתנות של המינים ולהתפתחות מינים חדשים.
- במנגנון של האבולוציה נבררות **התאמות** של מינים לבית גידולם ולאורח חייהם.
- **התוצאה:** המגוון העצום של יצורים בטבע התפתח במהלך מיליארדי שנות אבולוציה.

מסרים נוספים

- **מגבלות אבולוציוניות** - בכל מין ניתן לראות את התכונות שקיבל בתורשה מאבותיו הקדמונים וכיצד הן השתנו לתכונות ייחודיות לו שמתאימות לאורח החיים שלו ולסביבה בה הוא חי. במילים אחרות, ההתאמות יהיו תמיד כפופות למגבלות של התכונות שקיבל מהאב הקדמון ווריאציה של תכונות אלו.
- **התבדרות** – בקבוצה של מינים נראה מגוון של מופעים והתאמות של תכונות שהמינים ירשו מאב קדמון משותף והן השתנו לאורך דורות בהתאמה לאורח החיים וסביבת המחיה.
- **התכנסות** – בקבוצות מינים רחוקות זו מזו בשושלת אך שמתקיימות באורח חיים או סביבה דומים נמצא התכנסות של תכונות דומות.
- **הזווית האישית: האדם** הוא חלק מעולם הטבע, וגם הוא עבר ועובר תהליכים של אבולוציה.
- **הזווית הישראלית: בישראל** ובסביבותיה נחשפו כמה מהאתרים הארכיאולוגיים העתיקים ביותר בעולם מחוץ לאפריקה, שתרמו רבות להבנת מוצא האדם ותפוצתו ברחבי העולם.

תערוכות:

- **חרקים וקרובים** (20 דקות): היכרות עם המושג ברירה טבעית ועם לחצי סביבה (בעיקר טריפה והימנעות מטריפה) שמניעים את תהליך הברירה הטבעית.
- **צורה, מבנה, תפקוד** (20 דקות): התאמות שונות שהתפתחו בעולם הטבע לתנועה, תזונה והגנה מטורפים הן תוצאה של תהליכים אבולוציוניים. התאמות אלו מציגות השתנות של תכונות לאורך השושלת האבולוציונית והתכנסות של תכונות בענפים שונים לחלוטין של השושלת.
- **מהו אדם** (45 דקות): גם האדם הוא ענף אחד בשושלת אבולוציונית, וגם הוא עבר ועובר אבולוציה.

disclaimer

מערך הסיוור מתמקד בתורת האבולוציה. אין מטרתו דיון בסוגיות דת ומדע, ואנחנו לא מוסמכים לדון בכך. במידה ויתעוררו שאלות ו/או הערות בנושא:

- תורת האבולוציה עוסקת בהיווצרות מינים והשתנותם לאורך הדורות. היא אינה עוסקת בשאלת בריאת החיים.
- כמדענים אתם מציגים את מה שהמדע יודע ומסכים עליו. אתם לא יודעים ולא מוסמכים לדון בשאלות דת.

תערוכת חרקים וקרובים

עץ פילוגנטי – פתיחה

אנחנו בכניסה לתערוכה – חרקים וקרובים. זו התערוכה היחידה שמתייחסת לקבוצה אחת של בעלי חיים. **למה הם זכו?** כי הם הקבוצה הגדולה ביותר בטבע מבחינת מספר המינים.

העץ שמוצג כאן הוא העץ האבולוציוני שלהם. עץ אבולוציוני הוא עץ שמציג את היחסים בין יצורים חיים – את הקשרים ה"משפחתיים" ביניהם: מי קרוב יותר למי, ומי הם המינים הקדומים (האבות הקדומים) שמהם התפתחו.

מה בולט מאוד כשמסתכלים על העץ האבולוציוני? יש המון מינים מגוונים ושונים זה מזה. אבל יש גם דמיון ביניהם – כולם קטנים יחסית, במקום שלד פנימי יש להם שלד חיצוני, וכן רגליים רבות. לקבוצה של המינים שיש את התכונות האלו (ותכונות נוספות) אנחנו קוראים פרוקי רגליים. למה? כי רגליהם פרוקות. **את מי אתם מזהים בפרוקי הרגליים?** פרפרים, סרטנים, עקרבים...

בואו נתבונן רגע על העץ כולו: יש בו קבוצות, ולכל קבוצה מאפיינים משלה. לכל קבוצה כזו אפשר למצוא בהיסטוריה שלה איזשהו יצור שממנו התפצלו והתפתחו כל המינים הללו - **אב קדמון משותף**. יש אב קדמון משותף לכל הפרפרים, שממנו הם ירשו למשל את הכנפיים עם הקשקשים. אם נחזור עוד אחורה בזמן נגלה אב קדמון שמשותף לכל הפרפרים אבל גם לכל החרקים האחרים – והוא שהוריש לכל החרקים 6 רגליים. ואפשר לחזור עוד אחורה בזמן, ליצור שהיה האב הקדמון המשותף לכל פרוקי הרגליים – העכבישים, הסרטנים, החרקים, הטרילוביטים... הוא הוריש לכולם שלד חיצוני קשיח, הרבה רגליים פרוקות ועוד כמה תכונות חשובות. האבות הקדמונים הללו כבר נכחדו, אך אפשר למצוא את חלקם במאובנים.

מי מכיר את בעל החיים הזה (טרילוביט)? זהו מאובן של טרילוביט. טרילוביטים הם קבוצה קדומה של פרוקי רגליים ששלטו באוקיינוסים ביד רמה במשך מיליוני שנים עד שנכחדו... מאובן הטרילוביט מלמד אותנו שבעלי חיים לא רק קיימים – הם גם נעלמים! כשחוקרים מאובנים בשכבות הסלע מגלים לא רק שמינים נעלמים, אלא שמינים גם מופיעים, או נכון יותר לומר - מתפתחים. כלומר, אפשר לראות שלפעמים המינים החדשים דומים למינים שחיו לפניהם. תהליך יצירת המינים הוא תהליך הדרגתי של השתנות השכיחות של תכונות מסוימות באוכלוסייה, ולא יצירה יש מאין של תוצר שלם ומושלם. לדוגמה, אנחנו יכולים לראות שבמהלך דורות מופיעים יותר ויותר פרטים עם רגליים קצרות. כנראה שבתנאי הסביבה שהמין חי קיים יתרון לפרטים שיש להם רגליים קצרות ולכן הם מצליחים להתרבות טוב יותר וכך יש יותר צאצאים בדור הבא עם רגליים קצרות. באופן הזה של תורשה וברירה טבעית תכונה של רגליים קצרות הופכת להיות שכיחה יותר באוכלוסייה מסוימת. בשלב

מסוים, כשפרט מהאוכלוסייה הזו יפגוש פרט עם רגליים ארוכות מאוכלוסייה אחרת והם לא יתרבו זה עם זה, נוכל להגדיר אותם כשני מינים שונים.

מה התכונה החיצונית הבולטת ביותר שמשותפת לכל פרוקי הרגליים? שלד חיצוני. פרוקי רגליים מגיעים בצורות מוזרות ביותר אבל לכולם תכונה אחת משותפת שהם ירשו מהאב הקדמון שלהם: שלד חיצוני קשיח. השלד החיצוני עשוי כיטין (פולימר של סוכרים). היתרון של השלד החיצוני הוא שהוא מגן על בעל החיים מפני הסביבה.

אבל שלד חיצוני גם מגביל. במה?

- הוא מגביל את הגודל, כי אי אפשר להסתובב עם שריון כבד מדי יחסית לנפח; לכן פרוקי הרגליים הם בעלי חיים קטנים יחסית.
- כשבעל החיים גדל השריון הופך קטן מדי וצריך להחליף למידה גדולה יותר. לכן פרוקי הרגליים מתנשלים (לעיתים יש תיקנים נושפים שהתנשלו, הם לבנים או בהירים מאד- כדאי להראות אותם). הבעיה שללא השריון החיצוני, הפרט לאחר ההתנשלות מאד פגיע, כי אין לו את המעטה המגן.

בואו נכנס לתערוכה.

מה נראה לך? (מוצג המגוון)

ראשית – שימו לב איזה מגוון מדהים התפתח בחרקים במהלך האבולוציה.

נצביע על פרטים שונים מאותו מין (למשל: נחושתיים, אנוקסיות...): גם בתוך כל מין אפשר למצוא שונות גדולה – השונות קיימת בין אוכלוסיות ובתוך כל אוכלוסייה. כל פרט הוא שונה מהאחר. לכן, לכל פרט סיכויים שונים להעמיד צאצאים ולהעביר את התכונות שלו לדורות הבאים. גם אצלנו יש שונות - באוכלוסיות של האדם יש שונות מדהימה - צבע השיער וצורת השיער, צבע העיניים, צורת תנוכי האוזניים וסוג הדם שלנו.

כיצד נוצרת השונות התורשתית בין הפרטים? בתהליך הרבייה מתערבבים ה-DNA של הזכר עם זה של הנקבה והצאצא שמתקבל מעט שונה מהוריו, כי מעורבות בו התכונות של שניהם. בנוסף, מתרחשות מוטציות – שינויים אקראיים ב-DNA. אם המוטציות מתרחשות בתאי המין, נוצרות לנו תכונות תורשתיות חדשות שמעשירות את המגוון של התכונות באוכלוסייה.

אז מה גורם לתכונות מסוימות להפוך להיות שכיחות יותר באוכלוסייה ולאחרות להיעלם? התשובה היא - כמה הם מוצלחים ברבייה. אם ההורים יהיו מותאמים לסביבה ויצליחו לשרוד ולהתרבות, הם יעבירו את התכונות שלהם הלאה. אם לא – הם לא יעמידו צאצאים ולא יורישו את התכונות שלהם... לאורך דורות יצטברו באוכלוסייה שינויים שיגרמו לשינוי של שכיחות התכונות באוכלוסייה, לדוגמה יתמעטו הגבוהים ויתרבו הנמוכים. עד שגבוהים ייעלמו או שנמוכים וגבוהים יהיו כל כך שונים שהם לא יצליחו להתרבות אחד עם השני. כשהשינוי מספיק גדול נוצר לנו בעצם מין חדש.

חשוב להבין: השינויים בתכונות הם תמיד אקראיים – הן מוטציות שנוצרות באקראי. אבל, ההישרדות של התכונות בדורות הבאים תלויה בכך שהן יועילו לרבייה של מי שנושא אותן – יעלו את סיכויי להעביר את תכונותיו לדורות הבאים! בתערוכה הזו, בכל המוזיאון ובכל עולם החי אפשר לראות את הפרטים המותאמים לסביבתם, תוצרי הברירה הטבעית...

בואו נראה כמה דוגמאות מרהיבות להתאמות שהתפתחו במהלך האבולוציה.

תצוגת בעלי חיים מוסוים

במינים רבים של בעלי חיים הצורה והצבע משתלבים לגמרי בסביבה כך שהם מוסוים לגמרי מטורפים. איך זה קורה? אם תכונה תורשתית מקנה הסוואה בסביבה, הנושאים אותה פחות יטרפו. אם תשתנה הסביבה – יכול להיות שאלו שהיו קודם מוסוים יהיו עכשיו גלויים וחשופים יותר לטריפה.

תצוגת יכולות גדולות

והנה עוד תכונה שכל פרוקי הרגליים ירשו מהאב הקדמון המשותף שלהם, ושם מרמז עליה: **רגליים פרוקות**. לכל פרוקי הרגליים יש הרבה (לפחות 6) רגליים. למרות שהן עטויות שלד חיצוני קשיח, מבנה הפרקים של הרגליים מאפשר תנועה וגמישות. אגב – **למי עוד יש רגליים פרוקות?** לנו ולכל החולייתנים היבשתיים. הרגליים הרבות הללו הן גם פתח להמון שונות – במהלך האבולוציה רגליים שונות התפתחו לכיוונים שונים ואפשרו יכולות שונות.

נציג את רגלי החפירה של הערצב, רגלי הקפיצה של החגבים ושאר הרגליים שמוצגות.

תצוגת רבייה

כפי שכבר ראינו, הסוד באבולוציה הוא לשרוד ולהתרבות! תכונות שמעלות את הסיכוי שלנו לשרוד או להתרבות – יעברו הלאה לדורות הבאים. והתכונות שמעלות את סיכויי הרבייה של יצורים הן שונות ומשונות.

אילית סורית: כאשר שני זכרים נפגשים בקרבת נקבה, התחרות ביניהם דורשת הכרעה, וזו נקבעת מיד כאשר הזכר הקטן בין השניים מוותר ועוזב. במקרה שבו היריבים שקולים בגודלם, הם נאבקים זה בזה. המאבק מתרחש על עץ, וחוקי המשחק פשוטים: כל אחד מהזכרים מנסה להגיע לאחיזה טובה של יריבו. ברגע שהצליח, הוא מרים את יריבו עד שרגליו מאבדות את האחיזה בעץ ואז הוא מושלך מטה. בשל משקלו הקל ושריונו הקשה, הזכר המובס, הנופל ופוגע בקרקע, אינו נפגע. הוא פורש מיד את כנפיו ומנסה את מזלו במקום אחר.

קופצן טוסי: בעונת הרבייה, הקופצן הטוסי רוקד ריקוד ראוה ומנענע את רגליו וגבו הססגוני. כך הוא מרשים נקבות. הזכר המחזר, המבליט עצמו לעיני הנקבות, בולט גם לעיני הטורפים שלו וכך מסתכן בטריפה.

זבוב דיופסיד: אצל זבובים אלו, במקום קרבות עזים, הזכרים פשוט משווים למי יש יותר גדול. זאת אומרת, למי יש רווח גדול יותר בין העיניים. העיניים שלהם ממוקמות בקצות מחושים ארוכים, והזבוב בעל המרווח הגדול ביותר יזכה להזדווג.

עקרון ההכבדה: בכל השיטות הללו, הזכרים משקיעים המון אנרגיה, ונראה שזה אפילו עלול לפגוע בשרידות שלהם: חשבו על זבוב שמסתובב לו עם עיניים תלויות לצדדים – מקשה על הראייה וחושף את העיניים לפגיעה. או חשבו על זכר האילית או הקופצן: כמה אנרגיה הם משקיעים באיברים הללו, לא חבל?! חוקרים התחבטו בשאלה הזו במשך שנים רבות, ונראה היה שהתופעה הזו סותרת לכאורה את תיאוריית הברירה הטבעית... מי שהציע לבסוף פתרון היה חוקר ישראלי בשם אמוץ זהבי, שחקר במשך עשרות שנים ציפורים אפורות וחביבות בערבה (זנבנים). אמוץ הבין שחייב להיות איזשהו יתרון לתכונות הללו, שהוא קרא להן "מכבידות", וזה בדיוק היתרון שלהן: ההכבדה. מי שמכביד על עצמו בקרניים כבדות, זנב מהודר וכו' מעביר מסר חשוב לנקבה: אני מסוגל לעמוד בהכבדה הזו ובכל זאת לשרוד, לכן אני כנראה מוצלח וכדאי להזדווג איתי, כי הצאצאים שלי יהיו מוצלחים.

תערוכת צורה, מבנה, תפקוד

קרקל ופרנקולין

התערוכה שאנחנו נכנסים אליה כעת היא תערוכה שמציגה את תוצרי האבולוציה בשיא תפארתם ומראה דוגמאות להתכנסות ולהתבדרות.

רוב בעלי החיים שתפגשו כאן התפתחו מאב קדמון משותף - דג קדום, שלפני כמה מיליוני שנים התפתחו אצלו תכונות שאפשרו לו לצאת מהמים: ריאות וגפיים שיכולות לשאת את גופו ביבשה. הוא הוריש לצאצאיו תכונות רבות: חוליות עמוד שדרה, ראש עם איברי חוש, שלד פנימי עשוי עצמות ועוד ועוד. מאז ועד היום, צאצאיו מתפתחים לכל מיני כיוונים.

לדוגמה – הקרקל והפרנקולין: אצל הפרנקולין הגפיים הקדמיות התפתחו לכנפיים, בעוד שאצל הקרקל הגפיים הפכו שריריות ומותאמות לריצה ולזינוק על טרף. הקשקשים של האב הקדמון המשותף התפתחו באבותיו של הפרנקולין לנוצות, ואילו באבותיו של הקרקל – לפרווה.

פטרזאור

במהלך האבולוציה, במינים שונים החיים בסביבות דומות או מתמודדים עם אתגרים דומים, מתפתחות התאמות דומות. למשל – תעופה. תעופה התפתחה באופן בלתי תלוי בכמה קבוצות: יונקים, עופות, זוחלים וחרקים. בכל פעם הפתרון בא מכיוון אחר: נוצות או עור, מתוחים על האצבעות או על עצמות הזרוע.

פטרזאור זה חי לפני 100-150 מיליון שנה באפריקה ואסיה. הפטרזאור המוצג במוזיאון הוא העתק מדויק. פירוש השם פטרזאור הוא "לטאה עם כנפיים". ואכן, הפטרזאורים הם זוחלים קדומים מכונפים שחיו בתקופת הדינוזאורים, אך הם עצמם לא היו דינוזאורים. גודלם נע בין גודלו של דרוו לזה של מטוס, והם היו החולייתנים הראשונים, והגדולים ביותר אי פעם, שעופפו – כבר בתקופות היורה והקרטיקון. בדומה לעופות, לפטרזאור היו עצמות חלולות. היו לו התאמות נוספות לתעופה: מוח גדול עם אונות אופטיות מפותחות ורכסים על העצמות שאליהם התחברו שרירי התעופה.

הרחבה למתעניינים בפטרזאורים

הכנפיים של הפטרזאורים נתמכו בעיקר על אצבע רביעית מוארכת מאוד. סיבים של ממברנת הכנף הוסיפו תמיכה וקשיחות. לפחות לחלק מהמינים הייתה כסות גוף דמוית שיער (שהתפתחה באופן בלתי תלוי לשיער היונקים) ולכן החוקרים מאמינים שיתכן והם היו אנדותרמים. יכולת התעופה אפשרה להם להגיע למגוון גומחות ולנצל מגוון מקורות מזון, וזה מתבטא בין היתר במגוון גדול של צורות גולגולות.

אחד המאפיינים המסקרנים של הפטרזאורים היה ציציות (crests) מפוארות על הגולגולת. לפטרזאור שמוצג במוזיאון, *Dsungaripterus weii*, היו צמד ציציות: ציצית ארוכה ונמוכה על האף וציצית קצרה שהזדקרה מאחורי הראש.

טיפוס

דיברנו על תעופה, נעבור לדבר על סוג אחר של תנועה – תנועה על עצים. במינים שונים, שחלקם מוצגים כאן, קיימים פתרונות שונים שהתפתחו לתנועה על עצים:

לעצולן, שלא ממש מטפס, אלא בעיקר נתלה בחוסר תנועה, יש אצבעות ארוכות עם טופר ושריר מפותח, שנמשך מהאמה עד אצבעותיו ומכווץ את כפותיו לצורת וו-תלייה. האצבעות האלו מאפשרות לו להתלות בקלות על הענפים עליהם הוא נמצא רוב שעות היממה.

הגלגו מנתר על הקרקע וגם מטפס על עצים. רגליו האחוריות, החזקות והארוכות מאפשרות לו לנתר בקלילות מעץ לעץ.

לקולובוס יש שרירים שמחוברים לשכמה ולעצם הבריח ומאפשרים לו לפשוט את זרועותיו ולקטוף פרות התלויים מעליו.

האורנגוטאן הוא בעל החיים הגדול ביותר שחי על עצים. ידיו, המותאמות לטיפוס, ארוכות יותר מהרגליים. האצבעות ממוקמות זו מול זו כדי לאפשר אחיזה טובה של ענפים.

בזיקית אפשר למצוא סידור אצבעות דומה, וגם זנב שרירי שמסוגל להתלפף סביב ענפים.

קפיצה

אז דיברנו על תעופה בשמיים ותנועה על עצים. בואו נחזור רגע לקרקע ונדבר על קפיצה. **כיצד אנחנו קופצים?** בהכנה לקפיצה אנחנו מקפלים את רגלינו, ואז מותחים אותן במהירות, רגלינו דוחפות את

הקרקה, והקרקה המוצקה מספקת התנגדות ודוחפת את גופנו לזינוק. מהירות הזינוק משפיעה על מרחק הקפיצה ועל גובהה. רגליים ארוכות מגדילות את מהירות הזינוק, ולכן בעלי חיים שנעים בקפיצות מתאפיינים ברגליים אחוריות ארוכות.

גם הקנגורו מתקדם בקפיצות. האם תוכלו לחשוב מה התפקיד של הזנב הארוך והשרירי שלו בקפיצות? זנבו של הקנגורו עוזר לו לייצב את גופו בקפיצה, ואילו בהליכה הוא משמש כמו מקל הליכה שמוסיף נקודת משען. הסחוס בברכיו מכיל סיבי חלבון, המסייעים בספיגת הזעזועים בזמן הקפיצה.

למרות שהוא קטן, **לירבוע** יכולת קפיצה מרשימה ביותר. הירבוע הוא ה"קנגורו הישראלי". גם אצלו אפשר להבחין בכף רגל ארוכה שדוחפת את הקרקע וכן גידים ארוכים וגמישים שמסייעים בקפיצה. הירבוע הקטן הזה מסוגל לקפוץ למרחק של יותר ממטר.

רגליה האחוריות הארוכות של **הקרפדה** מאפשרות לה לקפוץ לגובה רב כדי להימלט מטורפים. **הארבה** קופץ למרחק גדול הודות למנגנון מכאני במפרק רגלו האחורית, שנמתח ומשתחרר במהירות בדומה לקלע.

שחייה

בדומה לתעופה, שחייה התפתחה באופן בלתי תלוי במינים שונים – מדגים ועוד יונקים (דולפין). ובנוסף, בתוך קבוצת הדגים התפתחו התאמות שונות לשחייה בסביבות שונות.

כדי לשחות ולנוע קדימה, יש לדחוף את המים לאחור. בעלי החיים חותרים במים באמצעות הנעת כל הגוף או חלקים ממנו, כמו סנפיר הזנב, סנפירי החזה, כפות הרגליים ועוד.

הדגים הם השחיינים הטובים ביותר. רובם בעלי מבנה גוף אליפטי מוארך, שמאפשר להפחית את התנגדות המים ואת המערבולות שנוצרות בזמן השחייה. הדגים המהירים נעים בעזרת הנעת הגוף והזנב לצדדים, ואילו שחיית סנפירים מקנה כושר תמרון גבוה.

דג הטונה הוא שחיין מהיר ביותר. זנב דמוי סהר שנוע לצדדים משמש לו כמנוע, והוא מצמיד את סנפירי החזה לגופו כדי להפחית את התנגדות המים. הסנפירונים בבסיס זנבו מפחיתים את היווצרות מערבולות המים.

הסולית לעומת זאת חיה בקרקע. היא שוכבת על צדה, ולכן שתי עיניה ממוקמות באותו הצד של הגוף. היא מתרוממת ושוחה בעזרת תנועות הזנב. הסולית ירשה מהאב הקדמון שלה זוג עיניים שני צדי הפנים. הפתרון שהתפתח במהלך האבולוציה הוא שבמהלך ההתבגרות של הסולית, אחת העיניים נודדת ממקומה לצד העין השנייה.

התוכיבון חי בשוניית האלמוגים, בסביבה "סבוכה" ומורכבת. הוא שוחה בעיקר בעזרת סנפירי החזה; בעת בריחה מטורפים הוא מניע את הגוף והזנב לצדדים. סנפירים הצד פחות מתאימים לשחייה מהירה, אך מצוינים לתמרונים.

באיזו סביבה לדעתכם חי הפיקסון? הפיקסון חי בשוניית וגופו פחוס ומותאם לתנועה בסביבה מורכבת. הוא נע בעזרת תנועה גלית של סנפירי הגב והשת ומציג יכולת תמרון מרשימה בין אלמוגי השוניית.

ומה לגבי הניבן? זהו מין נוסף שחי בסביבה המורכבת של השוניית. אך הוא נע בצורה שונה, בעזרת פיתול גופו.

תערוכת מהו אדם

מסרים עיקריים:

- האדם הוא חלק מתת-שבט שנקרא הומינינים, שכולל את הסוג אדם ואת קרוביו הנכחדים.
- פלאונטולוגים מסתמכים בעיקר על בחינת שרידי עצמות, שיניים וכלים כדי ללמוד על ההתפתחות האנטומית, התזונה ואורחות החיים של מיני האדם.
- בישראל ובסביבותיה נחשפו כמה מהאתרים הארכיאולוגיים העתיקים ביותר בעולם מחוץ לאפריקה, שתרמו רבות להבנת מוצא האדם ותפוצתו ברחבי העולם.
- מעל 98% מהחומר הגנטי של האדם בן-זמננו זהה לחומר הגנטי של השימפנזה. התפתחות האדם והיבדלותו מקרוביו קופי האדם מקורה בשלושה מאפיינים פיזיולוגיים עיקריים: הזדקפות והליכה על שתיים, ידיים משוחררות ומוח גדול. מאפיינים אלו אפשרו את ההתפתחות האנושית התבונית, החברתית, התרבותית והטכנולוגית המוכרת לנו כיום.

סיסטמטיקה של האדם (רקע למדריך)

- על-משפחה: הומינואידיים ("apes") (כולל, בין היתר: גיבונים, קופי אדם נכחדים והומינידיים)
- משפחה: הומינידיים ("great apes") (כולל, בין היתר: אורנגאוטן, גורילה, שימפנזה, וקופי אדם נכחדים)
- תת-שבט: הומינינים (כולל, בין היתר: מיני אדם, אוסטרלופיתקוס ומינים נכחדים אחרים)
- סוג: אדם
- מין: אדם מודרני

מוצא האדם – קיר הגולגולות

התערוכה האחרונה שנבקר בה היום עוסקת באבולוציה של האדם. תגליות מדעיות מצביעות על עוד ועוד קרובי משפחה בשושלת של ההומינינים – מסתבר שלא רק שאנחנו, בני האדם החיים כיום, התפתחנו מקוף קדום כלשהו, אלא שלאורך הפרהיסטוריה הסתובבו בעולם מיני אדם נוספים, שלא היו כל כך שונים מאתנו.

בתערוכה זו נכיר כמה קרובים וננסה להבין מה מיוחד בנו – מה מגדיר ומאפיין את המין שלנו: הומו ספיאנס (האדם הנבון).

נתחיל בהיכרות עם המשפחה המורחבת שלנו. האדם נמנה עם קבוצת "הקופים הגדולים" (הומינידיים), הכוללת שימפנזה, גורילה ואורנגאוטן, ומהם הקרוב לנו ביותר הוא השימפנזה. בעבר חיו מינים נוספים שהיו קרובים אלינו יותר, אך נכחדו:

סאהלאנתרופוס צ'אדנסיס (*Sahelanthropus tchadensis*) – "קוף ממדבר סאהל, צ'אד", חי לפני 6–7 מיליון שנים במרכז אפריקה. זהו ההומינין הקרוב ביותר לאב הקדום המשותף לאדם ולשימפנזה; צורת גולגולתו דומה לגולגולת השימפנזה, והוא כנראה הלך על שתיים.

אוסטרלופיתקוס אפארנזיס (*Australopithecus afarensis*) – "קוף דרומי מאזור אָפֶר, אתיופיה" – חי לפני 3.0–4.2 מיליון שנים במזרח אפריקה; שייך למשפחת האוסטרלופיתקים. ההומינין הראשון שנטש את יערות הגשם ועבר לחיות בסוואנה האפריקאית; הלך זקוף והיה צמחוני. את המין הזה עוד נפגוש בהמשך כיוון שהממצאים שלו שינו את התפיסה שלנו לגבי האבולוציה של האדם.

הומו סאפיינס (האדם הנבון) שייך למשפחת הומו. מוצגים כאן כמה חברים מהמשפחה, חלקם חיו במקביל זה לזה.

הומו האביליס (*Homo habilis*) חי לפני 2.5 מיליון שנים עד לפני 1.5 מיליון שנים במזרח אפריקה. זה הנציג הראשון בענף המשפחתי שלנו. הוא הלך זקוף וככל הנראה היה בין הראשונים שסיתת כלי

אבן, ולכן זכה לשמו, שפירושו האדם המיומן. זאת אומרת שהאדם הנבון אינו הראשון ליצור כלים מתוחכמים.

הומו ארקטוס (*Homo erectus*) חי לפני 1.9 מיליון שנים ועד לפני כ-300,000 שנה באפריקה, אירופה ואסיה. ככל הנראה, זה המין הראשון שיצא מאפריקה והסתגל לתנאי סביבה חדשים. גם הוא התמחה בייצור כלים.

הומו היידלברגנזיס (*Homo heidelbergensis*) חי לפני 600 אלף שנה ועד לפני כ-100 אלף שנים באפריקה, אסיה ואירופה. ככל הנראה, מקבוצה זו התפתח האדם בן-זמננו. היו לו מוח גדול ומבנה גוף מסיבי.

הומו ניאנדרתלנזיס (*Homo neanderthalensis*) חי לפני 400 אלף שנה ועד לפני כ-30 אלף שנים באירופה, מרכז אסיה והמזרח התיכון. חי במקביל למין שלנו, הומו סאפיינס, וככל הנראה היו בין שני המינים קשרים חברתיים שונים, והם אפילו העמידו צאצאים משותפים. נפגוש אותו שוב במהלך הביקור בתערוכה ונגלה שהוא הרבה יותר דומה לנו ממה שאנחנו נוהגים לחשוב. המוח שלו גדול קצת יותר משלנו והכלים שיצר דומים בצורתם ובתפקודם לכלים שיצר הומו סאפיינס.

הומו סאפיינס (*Homo sapiens*) – "האדם הנבון", המין שאליה משתייכים כל בני האדם החיים כיום – חי לפני כ-300 אלף שנים ועד ימינו, ומקורו במזרח אפריקה. בהמשך התערוכה נלמד כיצד הוא התפתח עד היום.

מעבר למינים שמוצגים פה, אנחנו יודעים היום על מינים נוספים שחיו בעבר, כמו האדם הדניסובי שחי לפני כ-40,000 שנה, וממנו נמצאו רק פיסת שן ושבר קטן של אצבע. שברי העצמות הללו הספיקו כדי להפיק מהם DNA, שממנו למדו החוקרים שהם חיו במקביל לאדם הנבון וככל הנראה אף הזדווגו אתו.

חשוב להבין שאילן היוחסין שלנו דומה לשיח רב-ענפים והוא לא סולם שמתקדמים בו שלב אחר שלב. רבים מהמינים המוצגים בתערוכה התקיימו שנים רבות יותר משנות קיומו של המין שלנו, וחלקם חיו לצדנו.

מפת תפוצה

הומו ספיינס היגר מאפריקה כמה פעמים. העדויות הראשונות הן מלפני יותר ממאתיים אלף שנים, אך אוכלוסיות העולם המוכרות לנו כיום מקורן בקבוצה שעזבה את אפריקה לפני 70–80 אלף שנה. ישראל נמצאת על ציר מרכזי מאוד בנדידה של מינים מאפריקה לאירופה ולשאר העולם, ולכן יש בישראל אתרים רבים בעלי חשיבות גדולה בחקר התפתחות האדם.

שלד אדם ושימפנזה

אנשים רבים טועים לחשוב שאנחנו התפתחנו מהשימפנזה. חשוב להבין שהשימפנזים הם קרובי משפחה שלנו – מעין דודנים רחוקים, ולא סבא וסבתא שמהם התפתחנו. אי שם בעבר חי קוף קדמון – **אב קדמון משותף** – שממנו התפצלנו אנחנו והשימפנזים. השימפנזים הם פשוט בעלי החיים הקרובים לנו ביותר ששרדו עד היום והם אכן קרובים לנו מאוד: מעל 98% מהחומר הגנטי של האדם בן-זמננו זהה לחומר הגנטי של השימפנזה. מה בכל זאת מיוחד בנו כל כך? ההבדל הבולט ביותר בינינו לבין דודנינו השימפנזים הוא ההליכה: בעוד שקופי אדם אחרים נעזרים גם בידיים בעת ההליכה, אנחנו הולכים זקופים על שתיים. אילו התאמות נדרשו על מנת לאפשר זאת?

צורת עמוד השדרה השתנתה מקשת לגל, שינוי המאפשר ספיגת זעזועים ואיזון הגוף בזמן ההליכה. התאמה זו אפשרה לאדם הנבון ההליכה זקופה על שתיים. **האגן התרחב והתקצר** ומבנהו השתנה, דבר שיצר בסיס יציב לגוף, הניצב על שתיים במקום על ארבע, ואפשר פעולת שרירים יעילה המותאמת להליכה על שתיים.

עצם הירך התארכה וטווח הצעדים גדל, דבר שאפשר הליכה ממושכת למרחקים גדולים. עצמות הירך התכנסו לכיוון הציר המרכזי של הגוף והציבו את כף הרגל מתחת למרכז הגוף, דבר שסייע בשמירה על שיווי משקל בזמן הליכה.

התפתחות קשת כף הרגל והיצמדות הבוהן הגדולה ליתר הבהונות אפשרה בלימת זעזועים ודחיפה יעילה של הגוף קדימה בזמן ההליכה.

הנקב הגדול שדרכו חוט השדרה מתחבר אל המוח נדד לבסיס הגולגולת, דבר שאפשר למקם את הראש מעל הגוף.

מה היתרון הגדול בהליכה על שתיים? הליכה על שתיים פינתה את הידיים למשימות אחרות ואפשרה את התפתחות המוטוריקה העדינה. ובאמת, הבדל ניכר בינינו לבין השימפנזים הוא בנפח המוח. החוקרים היו חלוקים בדעותיהם שנים רבות בשאלה מה קדם למה: הגדלת המוח או שחרור הידיים וההזדקפות. מה דעתכם? המוצג הבא ישפוך אור על השאלה הזו.

לוסי

לוסי היא קרובת משפחה שלנו, והיא קצת יותר קרובה אלינו מהשימפנזה. היא שייכת למין אוסטרלופיתקוס אפארנזיס ומתוארכת ללפני כ-3.2 מיליון שנים. היא התגלתה באתיופיה על ידי דונלד ג'והנסון ממוזיאון הטבע של קליבלנד שבארה"ו. החוקרים חגגו את המאורע במסיבה שבה הושמע השיר *Lucy in the sky with diamonds* של להקת ה-Beatles, וכך זכתה לשמה. זהו אחד השלדים השלמים של מין זה שנמצאו, ולכן הוא מלמד אותנו הרבה על המין. למשל, מבנה האגן רמז לחוקרים שלוסי היא נקבה. אבל נחזור לשאלה שהעלנו קודם: מה קדם למה – מוח גדול או הליכה זקופה. שימו לב שלוסי יש גולגולת די קטנה – דומה בגודלה לשימפנזה, אך עצמות הרגליים מאוד דומות לאלו של האדם הנבון. מכאן הסיקו החוקרים שההזדקפות קדמה לעלייה בנפח המוח, ולמעשה חלה מוקדם מאוד באבולוציה.

טביעות כפות הרגליים שמוצגות כאן שייכות לשלושה אוסטרלופיתקים שחיו לפני כ-3.7 מיליון שנים. ממצאים אלו התגלו בלאטולי, טנזניה, באפר וולקני ששקע והתאבן על שפת אגם קדום. גם כאן אפשר להבחין שבהונות הרגל צמודות וישנו רמז לקשת כף הרגל – התאמות אופייניות להולכים על שתיים.

שחרור הידיים

עד כאן הסקנו שהשינוי המשמעותי הראשון בהתפתחות שלנו היה הזדקפות על שתיים. לאחר שהזדקפנו, התפנו שתי הידיים שלנו ואז הן עברו התאמות למשימות אחרות. בהשוואה בין ידיים של אדם לאלה של שימפנזה אפשר לראות כמה הבדלים בולטים:

- לשימפנזה אצבעות מוארכות, שמותאמות לטיפוס וללפיתת ענפים, לעומת אצבעותיו הקצרות יחסית של האדם, שמותאמות לפעולות עדינות.
- האגודל שלנו מרוחק מיתר האצבעות; הוא ארוך יותר ובעל טווח תנועה גדול יותר משל השימפנזה. לכן אנו יכולים לתפוס חפצים קטנים ולבצע פעולות עדינות.

כמובן שבשביל מוטוריקה עדינה לא מספיק ידיים עדינות, צריך גם מוח מתוחכם לתפעל אותן. בואו נראה אילו שינויים חלו במוח.

השוואת גולגולות אדם ושימפנזה

אילו הבדלים אתם מוצאים בין הגולגולת של האדם לזו של השימפנזה?

הגולגולת מחולקת לחלק עליון – קופסת המוח המגנה על המוח, ולחלק תחתון – הלסתות, שהן המאחז לשרירי הלעיסה. ככל שחלק מסוים בגולגולת מפותח יותר, אנחנו מסיקים מכך לגבי תפקודו. אם כן: איזה חלק של הגולגולת מפותח יותר בשימפנזה ואיזה באדם? בשימפנזה, קופסת המוח

קטנה ושטוחה ורכסים גרמיים בולטים מעגנים אל הגולגולת שרירי לעיסה חזקים. אצל האדם, קופסת המוח גבוהה ומעוגלת כדי להכיל מוח גדול, והרכסים נעלמים, כנראה בשל הקטנת מערכת הלעיסה. במהלך האבולוציה גדל מוח האדם פי שלושה ויותר, ואילו מערכת הלעיסה קטנה. אצל האדם, המוח תופס כשני שלישים מנפח הגולגולת; אצל השימפנזה, כשליש.

ומה לגבי הלסת התחתונה? הלסת התחתונה של השימפנזה גדולה, מלבנית ובולטת; שיני השימפנזה גדולות ומשמשות לעיבוד מזון ולהגנה (בעיקר הניבים). לסת האדם קטנה יותר ואינה בולטת ושיניו קטנות. מאחר שהאדם משתמש בכלים לעיבוד מזון, הוא נזקק לכוח לעיסה מועט יחסית.

לסקרנים ששואלים לגבי רכסי הגבות

אצל השימפנזה, וגם אצל רבים מאבותינו, רכסי הגבות מעובים, בולטים קדימה ומחוברים. אצל האדם, רכסי הגבות כמעט אינם מורגשים. חוקרים הציעו תיאוריות שונות לחשיבות רכסי הגבות. אחת התיאוריות היא שרכסי הגבות משמשים לתקשורת. רכסי הגבות המפותחים אפשרו לאבותינו הזכרים להעביר מסרים אגרסיביים יחסית. המצח הרחב והחלק שהתפתח אצלנו מאפשר לבצע מחוות תקשורת עדינות ומתחכמות. אתם מוזמנים לנסות להביע בעזרת רכסי הגבות תמיהה, כעס או שמחה...

השוואת גולגולות ניאנדרתל והומו ספיאנס

ראינו שישנו הבדל גדול בגולגולת בין אדם לשימפנזה, אבל מה לגבי מינים קרובים יותר? באיזה שלב באבולוציה חלו השינויים הללו?

נפח הגולגולת של לוסיה היה דומה מאוד לזה של שימפנזה. במיני הומו שהתפתחו לפני מיליון ושני מיליון שנים, כמו הומו האביליס והומו ארקטוס, חל גידול בנפח המוח, וזה הגיע לשיא באדם הניאנדרתלי ובאדם הנבון.

זוהי גולגולת של ניאנדרתל בת 60,000 שנים, שנמצאה במערת עמוד בגליל התחתון. זו גולגולת הניאנדרתל הגדולה ביותר שנמצאה אי-פעם, ונפח המוח שלה 1,740 סמ"ק – גדול יותר משלנו. לרוב הניאנדרתלים היה נפח מוח גדול בערך כמו זה של הומו ספיאנס, רמז לכך שהם לא היו פחות מתחכמים מאיתנו.

לצידה גולגולת של הומו ספיינס בת כמאה אלף שנים, שנמצאה במערת הקפיצה בגליל התחתון. זו אחת מגולגולות הומו ספיינס הקדומות ביותר שנמצאו מחוץ לאפריקה. במהלך האבולוציה האנושית גדל נפח מוח האדם פי שלושה בערך. כיום, מוח האדם הוא אחד הגדולים בממלכת החי, אך לא הגדול ביותר. כשלושים אחוז מהאנרגיה הזמינה לגוף האנושי משמשים לתחזוקת המוח שלנו.

<< מעבר

המעבר לעמידה זקופה אפשר במיני האדם הקדומים את שחרור הידיים. שחרור הידיים ועליית נפח המוח אפשרו התפתחות של חברה, תקשורת ועוד – בזכות שילוב זה האדם מסוגל לתכנן, לדמיין, לחשוב, לתקשר ולבצע. יכולות אלו הן הבסיס להתפתחות התרבותית והטכנולוגית של האדם ומאפשרות לו לנצל את משאבי הטבע. בכך נעסוק בהמשך התערוכה.

ייצור כלים

בתצוגה זו ניתן לראות מגוון כלי אבן מאזורנו, מסודרים לפי תקופות. כלי האבן הראשונים שמוצגים פה הם מלפני כ-1.5 מיליון שנים – עוד לפני התפתחות האדם הנבון. כלים אלו שייכים למיני אדם אחרים: הקדומים ביותר שייכים להומו ארקטוס. זהו למעשה השלב הראשון בהתפתחות הטכנולוגיה! חומרי הגלם והכלים משתנים ומשתכללים עם הזמן, אך העיקרון הבסיסי של שימוש בכלים נותר

זהה. למרות שכלי האבן נראה פשוט, עיבוד של חומר גלם והפיכתו לכלי שימושי מחייבים יכולות גבוהות של תכנון, מיומנות וביצוע. בשלבים קדומים כלי האבן גסים בעיצובם אבל עם הזמן מופיעים כלים עדינים ומתמחים יותר ויותר.

שליטה באש

השליטה באש, אחד ההישגים הגדולים של האדם, היא אבן דרך ביכולתנו לרתום את משאבי הטבע לצרכינו. האש אפשרה לאדם לשפר את יכולות ההגנה שלו ואת התמודדותו עם האקלים הקר, לנצל טוב יותר את משאבי המזון (צלייה ומאוחר יותר בישול) ולהאריך את משך פעילותו לשעות החשיכה. העדויות הראשונות לשימוש באש הן מלפני כמיליון שנה, אבל היכולת להפיק אש הושגה מאות אלפי שנים מאוחר יותר. איך אנחנו יודעים שהאדם השתמש באש? העדויות העיקריות לכך הן עצמות שרופות שנמצאו באתרים פרהיסטוריים. כאן מוצגות מגוון עצמות שרופות שנמצאו בשלוש מערות מישראל: מערת הקפיצה ליד נצרת (120–90 אלף שנים לפני זמננו), מערת היונים בגליל המערבי (45–20 אלף שנים לפני זמננו), ומערת כבארה בחוטם הכרמל (60–50 אלף שנים לפני זמננו).

מה מאפשר השימוש באש? היכולת להתמודד עם תנאי אקלים קשים אפשרה לאדם להרחיב את מגוריו לאזורים הקרים; הגנה מפני טורפים; ציד של בעלי חיים גדולים, חזקים ומהירים; בישול מזון - גילוי האש אפשר לצלות את הבשר, וכך העלה את כמות האנרגיה שהאדם קיבל מהמזון והפחית את כמות האנרגיה הנדרשת לגוף לעיכולו. בישול המזון אפשר לאדם לשמר ולאגור מזון לזמן ממושך, וכך פינה זמן לפעולות אחרות. מעבר לכך, ההתקבצות של חברי הלהקה סביב המדורה בלילה יצרה תנאים להתפתחות תרבותית.

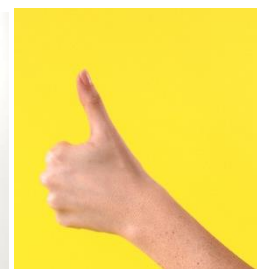
<< מעבר

ההתאמות הפיזיולוגיות שהתפתחו באדם הובילו להתפתחות של יכולות שונות: ייצור כלים, שליטה באש, אך גם הרבה מעבר לכך: המוח האנושי הוא המורכב והמתוחכם ביותר בממלכת החי. מבנהו הייחודי והקשרים בין חלקיו הם שמקנים לאדם יכולת תבונית מפותחת. יכולות כגון דמיון, חשיבה מופשטת, תכנון ותקשורת מורכבת מאפשרות ליצור שיתוף פעולה בין בני האדם, ובזכותם ניתן לפתח ולהוציא לפועל רעיונות מורכבים לטובת הכלל, כפי שנראה בהמשך.

צלמיות

היכולת האנושית הייחודית לבטא רעיונות מופשטים באמצעות סמלים מאפשרת להפיץ רעיונות מורכבים באופן תמציתי לקבוצות גדולות. ציורים על קירות מערות וצלמיות של בני אדם ובעלי חיים מלפני 30–40 אלף שנים הם העדויות הראשונות לשימוש האדם בדימויים וסמלים. במהלך ההיסטוריה התפתחו הסמלים ומשמעותם השתנתה מייצוג המציאות לייצוג רעיונות מורכבים ומופשטים. כמו בימי קדם, גם היום אנו מוקפים בתקשורת מבוססת סמלים. הבנת הסמלים מצריכה למידה מוקדמת ובסיס תרבותי משותף של המשתמשים.

הדגמה: נציג בעזרת הידיים כל מיני סמלים ונשאל מה הם מסמלים (לייק, לב, שקט)



איך עוד אנחנו מתקשרים? לאדם עשרות שרירי פנים המאפשרים ליצור מגוון הבעות פנים. היכולת לזהות הבעות פנים היא קדומה ובעלת יתרונות הישרדותיים, משום שהיא מאפשרת פענוח מהיר של

כוונת הזולת. העובדה שעיוורים מלידה יוצרים הבעות פנים מוסכמות בלי שלמדו אותן מסביבתם מוכיחה שמדובר בהתנהגות תקשורתית מולדת.

רעיון להדגמה (לקבוצות משתפות פעולה): נלחש לאחד המשתתפים איזו הבעת פנים עליו לעשות ונראה מי מצליח לזהות את הבעת הפנים.

עצם ההיאידי

איך עוד אנחנו מתקשרים? החשיבה הסימבולית התפתחה בהדרגה לשפה – רצף צלילים בעלי משמעות מוסכמת. השפה המילולית היא אמצעי התקשורת העיקרי של האדם, והיא מאפשרת העברת מסרים פשוטים ומורכבים.

האם לוסי הייתה מסוגלת לדבר? האם הניאנדרתלים דיברו? קשה לנו מאוד לקבוע לגבי מינים שנכחדו האם הייתה להם שפה מפותחת, אך יש עדויות פיזיולוגיות שמרמזות על היכולת להשתמש בשפה: יכולת האדם להפיק מגוון גדול של צלילים מתאפשרת הודות ליכולות הגבוהות של המוח האנושי ולמבנה האנטומי של תיבת הקול והמבנים התומכים. אחד המבנים האלה הוא עצם הלשון (היאידי), הממוקמת בקדמת הגרון ומחוברת לבסיס הלשון. והנה, לפניכם עצם הלשון של ניאנדרתל מלפני כ-60 אלף שנים, שנמצאה במערת כבארה בכרמל. הדמיון לעצם הלשון של אדם בן-זמננו מציע כי לניאנדרתלים הייתה תיבת קול דומה לשלנו, ולכן ייתכן שהם גם דיברו היטב כמונו.

הסרטונים מציגים סריקת MRI (מכשיר דימות תהודה מגנטית) של תיבת הקול של זמרת אופרה ושל זמר ראפ בזמן שירה. הסרטון מראה את פעולת מיתרי הקול, שבאמצעותם אנחנו מפיקים צלילים מגוונים.

אוסטריקון

איך עוד אנחנו מתקשרים? בכתב. כתב מאפשר להעביר מידע למרחקים ולתפוצה הרבה יותר רחבה מאשר "מפה לאוזן". לפני כ-5,500 שנים, עם התפתחותן של חברות גדולות, התעורר הצורך לתעד ולמסור ידע בתפוצה רחבה. הכתב התפתח מציורים שייצגו מילים לאותיות.

אוסטריקון הוא שבר של כלי חרס שנמצאה עליו כתובת כלשהי. האוסטריקון הזה נמצא בתל ערד ומתוארך לכ-2,700 שנה לפני זמננו. האוסטריקון הזה מציג רשימת מלאי של מצרכים: יין, לחם ועוד.

לוח משחק

במשך מיליוני שנים הייתה חברת האדם מורכבת מקבוצות קטנות של נודדים, שהיו ציידים-לקטים. השינוי במבנה החברתי חל לפני כ-15 אלף שנה, עם המהפכה החקלאית והמעבר ליישובי קבע (בלבנט), שכוננו את התשתית לחברה המודרנית של ימינו. המהפכה החקלאית הביאה להתפתחות של זמן פנוי שבו אפשר לשחק, לריב או כמו שהנוער היום מרבה לעשות – להשתעמם...

מה המוצג הזה? זהו לוח של משחק שנקרא "שלושת הבתים", שנמצא בתל ערד (כ-2,700 שנים לפני זמננו). משחק הוא אמצעי למידה בסיסי בעולם החי. ייחודו של האדם ביכולת לייצר מגוון רחב של משחקים לצורכי תהליכי חברות (סוציאליזציה) ופעילות פנאי.

המהפכה החקלאית היא נקודת מפנה בתולדות האנושות. שליטת האדם במקורות המזון שלו באמצעות ביות צמחים ובעלי חיים הגדילה את כמות המזון הזמינה ואפשרה לחלקים באוכלוסייה להתפנות לעיסוקים אחרים. התזונה שלנו היום מתבססת ברובה על אותם צמחים ובעלי חיים שביותו אז. בעקבות המעבר לכלכלה יצרנית התפתחו המסחר, הקניין והרכוש. הגידול באוכלוסייה הוביל להתפתחות מקצועות שונים ויצר היררכיה חברתית.

<< מעבר

בדרכנו לתחנה הבאה, אתם מוזמנים לבחון מגוון זרעים וכלי עיבוד של זרעים עתיקים שנמצאו באזורנו וכן את המפה שמציגה את המקומות שבהם ביתו מינים שונים של בעלי חיים.

מכאן נצא לגלות אילו תופעות חברתיות התפתחו בעקבות המהפכה החקלאית והתיישבות הקבע. ממצאי העצמות המוצגים כאן התגלו באתרים ארכיאולוגים שונים בארץ ומשויכים לתקופות שונות. המחקר האנתרופולוגי משחזר מן העצמות את סיפורו הפרטי של אדם כלשהו, ומסיפור זה ניתן ללמוד על היבטים ומאפייני התנהגות של חברת האדם בתקופה שבה הוא חי.

<> בהתאם לזמן – אפשר לבחור פה בכמה ובאילו סיפורים להתמקד <<

עצמות פיקה

לפנינו שתי עצמות פיקה: האחת בריאה, והשנייה שחוקה. העצם השחוקה נמצאה במזרזר ביזנטי במדבר יהודה והיא מתוארכת ללפני כ-1,500 שנים.

מה מלמדת אותנו העצם השחוקה? עצמות פיקה שחוקות נמצאו בקרב רבים מקהילת הנזירים שחיו במדבר יהודה בתקופה הביזנטית. הנזק החמור לעצם נגרם בעקבות הנוהג הסגפני של הנזירים להלך על הברכיים כחלק מפולחן דתי.

עצם הצלוב

מסמר נעוץ בעצם עקב של גבר צעיר מלפני כ-2,000 שנים, מאתר גבעת המבתר בירושלים. ממצא זה הוא עדות לצליבה. צליבה הייתה עונש שכיח ואכזר בעת העתיקה. עם זאת, אין עדות כתובה המגלה כיצד היא התבצעה. ממצא זה הוא היחיד בעולם המתעד את מעשה הצליבה בתקופה הרומית, סמוך לזמן צליבתו של ישוע, על פי המסורת הנוצרית.

גולגולות מכירות

אלו הן גולגולות מכירות מלפני כ-10,500 שנים, מאתר יפתחאל בגליל התחתון. לאחר שהאדם מת, נקבר וגופתו נרקבה, הוציאו את העצמות, לקחו את הגולגולות, קישטו אותן בחמר ובצדפים והציבו אותן במקומות שונים.

מה המסר בקבורת אבותיך מתחת לבית? מדוע התפתח המנהג הזה? בעקבות המהפכה החקלאית והמעבר ליישובי קבע התעורר הצורך בהצדקת הבעלות על הקרקע. החקלאים הראשונים ביססו את בעלותם על הקרקע דרך פולחן אבות; מקצת הגולגולות הוצאו מקבריהן, פניהן כוירו וקושטו והן הונחו במקום מרכזי ביישוב.

אלימות

הוויכוח על טבעו האלים של האדם מתקיים זה מאות שנים: האם האדם הוא יצור אלים מטבעו או שמא האלימות שמא אבותינו חיו חיים שלווים והאלימות התפתחה בעקבות התפתחויות טכנולוגיות של האדם.

בשנת 1651 כתב Hobes שהמצב הטבעי הוא war of all against all. לשיטתו, יש צורך במנהיג חזק ודומיננטי כדי למנוע כאוס בחברה האנושית. לעומתו רוסי (1754) חשב שהציידים הלקטים חיו בהרמוניה עם הטבע ולא היו אלימים.

כיצד אפשר לדעת האם בני האדם שחיו לפני המהפכה החקלאית היו אלימים? ראשית, אפשר להשוות לאוכלוסיות של ציידים-לקטים בנות זמננו. ושנית, העצמות נחלצות לעזרתנו. ממצאים של גולגולות ושלדים עם פגיעות של חרב או כדורי רובה מלמדים אותנו על אלימות.

בקהילות של ציידים-לקטים שחיים כיום, 2/3 מהאנשים חיים כמעט כל הזמן במצב של מלחמות בין שבטים. כמעט 90% מהם יצאו למלחמה לפחות פעם בשנה, 25%–30% מהגברים מתים כתוצאה מרצח.

ומה מלמדות אותנו העצמות? יש עדויות רבות למקרי רצח, כמו שתי הגולגולות שמוצגות פה: גולגולות עם מכת חרב וגולגולות עם מכת אלה מלפני כ-500 שנים, שתיהן התגלו באתר להב שבצפון הנגב. בנוסף, יש עדויות להתפתחות ושכלול של ראשי חץ דווקא בתקופה שלאחר ההתיישבות. המחקר מלמד אותנו שעם התפתחותן של חברות גדולות מתרבות העדויות (סימנים בעצמות) על

פגיעות פיזיות מכוונות. קווי עדויות רבים מעידים על כך שדווקא התיישבות הקבע והחקלאות הובילו לעלייה באלימות, בגלל הצורך להגן על הרכוש והשטח.

גולגולות עם דפורמציה

גולגולות מעוצבת בעקבות התערבות מכוונת מלפני כ-2,500–3,200 שנים, מאתר לכיש בשפלת יהודה. ההתקשטות עשויה לשקף מעמד חברתי-כלכלי וזהות אישית. באזורנו נמצאו עדויות לקישוט הגוף מלפני כ-100 אלף שנים. קישוטי הגוף המוקדמים כללו מחרוזות עשויות קונכיות ימיות ואזכרה (מינרל שצבעו אדום) לצביעת הגוף. בתקופות מאוחרות יותר התבטא קישוט הגוף גם בהטלת מום גופני.

סולידריות חברתית

לפנינו שתי עצמות שוקה מלפני כ-500 שנים, מאתר להב שבצפון הנגב: עצם שֹׁקָה בריאה ועצם נוספת, קמורה מעובה ומחוררת, בעקבות מחלה זיהומית מערכתית, אשר גרמה לכאבים מתמשכים ולנכות. מה ניתן ללמוד מעצם פגועה כזו? בטבע, אדם עם מחלה כזו לא היה שורד. רק בחברה תומכת יש לו סיכויים לשרוד. היחס לאנשים עם מוגבלויות משקף את רמת האחוזה (סולידריות) החברתית. כבר בתקופות קדומות נמצאו עדויות לכך שבעלי מומים גופניים קשים חיו עד גיל מבוגר. דבר זה מצביע על דאגת הקבוצה לכל חבריה.

גולגולות עם טרפיניציה

טרפיניציה הוא ניתוח לפתיחת הגולגולת באדם חי. טיפול זה היה מקובל כבר בתקופה הניאוליתית (8,300–4,500 לפנה"ס). מעריכים שהניתוח בוצע על מנת לאפשר יציאה של רוחות שהאמינו שהן הגורמות למחלה, או כתרופה לפרכוסים, כאבי ראש, דלקות ושברים.

התמודדות עם מחלות וניסיונות ריפוי מלווים את האדם מראשיתו. הידע הרפואי שנצבר נמסר בעל פה מדור לדור, ומאוחר יותר נשמר בכתב.

מה ההבדל בין שתי הגולגולות? באחת נראים סימנים של בניית עצם חדשה מעידים על הצלחת הניתוח ובשנייה אין סימני בנייה של עצם חדשה – ככל הנראה, האדם נפטר בעקבות הניתוח. הגולגולות הללו הן מלפני כ-6,000 שנים, ממדבר יהודה.

האבולוציה בהשפעת האדם - סיכום

בסרטון ניתן לראות התחלקות של תאי עובר אנושי במעבדה, כחלק מתהליך הפריה מלאכותית. כיום, הידע המדעי מאפשר לנו לבחור באפשרויות שעשויות להשפיע על אופייה של החברה האנושית בעתיד (מין היילוד, מראהו ובריאותו). האם בכך תם תפקידה של הברירה הטבעית כמנגנון העיקרי שמניע את האבולוציה של האנושות?