

הפונקציונליות של צורת מקור בעופות

המקור הקרטיני של העופות הוא מבנה אנטומי חשוב לאין ערוך, והוא מאפיין כמעט בלעדי שלהם (לאחר הנוצות, כמובן). מבנה המקור, המורפולוגיה שלו וצבעו, מעידים על תזונת בעליו, ושיטת הצייד או איסוף המזון שבו הוא מתמחה, ומכאן גם לזיהוי הסוג, בנוסף לפרמטרים אחרים מסייעים (כמו גודל גוף). הדמיון בצורת המקור ומידותיו בין מין אחד לאחר מעיד ברוב המקרים על קרבה גזעית, ובוודאי על תזונה דומה.



מקור של סולה (Sula) המותאם היטב לאכילת דגים (מגושם עם קצה מקור עליון מאונקל במקצת המסייע באחיזת הדג) לאחר צלילה אנכית יחד עם רבים אחרים כמטר טילי טורפדו אל ריכוזי דגים בים. איור: חיים מויאל



איסוף מזון במקור דמוי פינצטה (לדוגמה אצל אוכלי חרקים), שיסוע הטרף במקור חד ומאונקל, פיצוח המזון במקור עבה, תלישת מזון כעלים או עשב (לדוגמה אצל אווזים וסופיות) או סינון פלנקטון במקור (כמו במקרה של ברווזים רבים, כפנים ופלמינגואים) - הם רק מקצת האסטרטגיות הקיימות בעופות.

תפקיד המקור אינו מסתכם בהשגת מזון ומים בשיטות שונות, אלא במקרים לא מבוטלים למקור תפקידים נוספים כמו סיוע בקריאות ובשירה, תוך כדי שינוי הצלילים בהתאם למבנה המקור ומיתרי הקול באיבר הממוקם בגרון העוף ומכונה סירינקס (כמו במקרה של תקתוקי המקור של החסידה, Ciconia). המקור מנוצל במקרים רבים גם למלחמה בין יריבים או אל מול פולשים, בחיזור (כמו הצלבות מקור אצל הסולות או זקיפת מקורים זה מול זה אצל האלבטרוסים). למקור תפקיד חשוב בסינון (ומיצוי שומן מהבלוטה שמעל הזנב ומשיחת כל נוצה בהקפדה רבה), בקידוח חורים (כמו במקרה של הנקרים בעלי המקור האזמלי, beak Chisel, המחובר היטב לגולגולתם החזקה להדהים), בהאכלה של צעירים, וכן בהשתתפות בבניית הקן. כבר דרווין הגדול כתב בפרוטרוט על חשיבות האורגניזמים המעטרים את מקורי העופות, אשר חשובים כמכניזמים או כסיגנלים המעידים על כושרו של העוף, אך גם בחר לציין כי למקור חשיבות אבולוציונית עצומה בהתפתחות תוך כדי שינוי. על כך מעידים "הפרושים" שגילה ואסף במסעותיו באיי גלפגוס (למעשה 14 המינים שייכים למשפחה אחרת המכונה "טנאג'רים", *Thraupidae*, ומאז נתגלו עוד כתרסיר נוספים

תפקידי המקור

תפקידי המקור עשויים להיות מגוונים, והם מושפעים בעיקר מסוג המזון, ההתאמה וההתנהגות, אך בראש וראשונה הוא תחליף לסתות ולשיניים גם יחד. לעופות אין שיניים מלאות (הכוללות אמייל כבד יחסית, אם כי שינון דווקא קיים אצל ברווזים ומרגונים), שהרי משקל השיניים היה בוודאי מקשה על קלות תעופתם החיונית. המשקל היה עלול להיות קריטי במיוחד במקרה של ציפורים קטנות ובינוניות. עם זאת, ברור כי המקור, כמבנה אנטומי חיצוני חשוב, ממלא את תפקידו נאמנה, אם בקרב אלו שמקורם חד בקצהו ומחודד בשוליו כמספרים (אשר קיים אצל עופות רבים מספור), או אלו שמקורם קוני ועבה, ובעוצמתו הם יכולים לפצח אגוזים ודומיהם (כמו במקרה של התוכי, העורב והפצחן). לתוכי אומנם מבנה של מקור עבה במיוחד, המותאם לפיצוח גרעינים ואגוזים, אבל שליפתם היעילה תלויה גם בקצה מקורם המאונקל ובלשונם השרירית.

- 1 מקורו העצום של "עוף הטרור" (*Titanis*) שחי עד לפני כ-2 מיליון שנה ואורך מקורו האימתני היה באורך של כמעט חצי מטר (לפי הערכות שונות צד פרסתנים גדולים במיוחד בצפון אמריקה). צילום: A Gude/flickr
- 2 קיאה (*Nestor notabilis*). תוכי מאוד אינטליגנטי מניו-זילנד, אשר לו מקור עליון מאוד מאונקל וחד ביותר, מה שמאפשר לו לטרוף חיות קטנות, לנקר אליית כבשים וכתעוזה רבה גם לעקור או לפגוע במתקני אדם, כמו מראות מכונות וכדומה. צילום: Bernard Spragg



כתב: ד"ר חיים מויאל

מקור של תוכי-ים (*Fratercula*) האוחז צלופחים
 קטנים בחוזקה כשלשונם השרירית מצמידה היטב את
 הטרף כנגד מקור המשונן. צילום: Conor Lawless



נוספת בליטה משולשת מוזהר למדיי, הן אצל הזכר והן אצל הנקבה, ותפקידה טרם הוברר סופית.

באיים שם), אשר גם סייעו לו לקבוע בספרו "מוצא המינים" (1859) כי יש להם אב משותף, והם התפתחו לאחר תחרות דינמית וברירה טבעית כל אחד בבית גידול מועדף ומבודד, ופיתחו מקורים שונים בהתאמה לסוג המזון הזמין שם.

ממה בנוי המקור

המקור בנוי משתי עצמות, שהן בעצם הלסתות - העליונה (*Maxila*) והתחתונה (*Mandibula*), המכוסות בקרטין (מין חלבון סיבי), ובמרבית המקרים הוא מצויד בנחיריים (לעיתים בדונוגית שבבסיס המקור, והם משמשים בעיקר לנשימה והרבה פחות לריח). תועד מקרה שבו צעירים בקוסטה ריקה שברו כמעט לגמרי את מקורו של טוקאן באכזריות לשמה (אין גרנרציה טבעית של מקור), אך הושגה הצלחה בשחזור יתרת מקורו באמצעות מדפסת תלת-ממד.

צבעי המקור נקבעים על ידי רקמות הקרטין החיות, שנצבעות בהתאם לפעילות ההורמונלית. אצל עופות מסוימים צבע המקור קשור לחיזור ולגיל, כך למשל אצל הפשוט המקור של הזכר נצבע בשחור בעונת הכללות, ואצל לא מעט מינים הצבע נהיה עז יותר - בניגוד גם לצעירים של מינים רבים שצבע מקורם דהה (אצל מיני עופות אחדים, כמו פינגווינים מסוימים, מתווספים צבעים אולטרה-סגולים) - ובמיוחד אדום מבריק המסמל בריאות וכשירות מצוינת. אצל עופות מסוימים, בעונת החיזור מתווספים מבנים על המקור, כך למשל אצל השקנאי

- ① קיווי נקוד קטן (*Apteryx owenii*) הוא הקטן מבין 5 מינים השוכנים בניו-זילנד ולכל אחד מהם מקור בגודל שונה, אך אצל כולם המקור גמיש מאוד עם עצבי חשה מפותחים, זיפים בבסיס המקור ונחיריים הסמוכים לקצה המקור, בניגוד ליתר עופות העולם (על כן חוש הריח שלו של עוף לילי זה מאוד מפותח). צילום: Kimberley Collins
- ② מקור של פצחן (*Coccothraustes*). מקור עבה במיוחד המסגל אותו היטב לפיצוח שקדים ואגוזים קשי-קליפה. צילום: Charlie Jackson
- ③ מקור שחף (*Larus*). לשחפים הגדולים מקור חזק, מאונקל במקצת במקצהו בהתאמה לקריעת בשר דגים, כשנחיריו מאורכי ומפותחים למדי. כתם שחור המצוי לרוב מקורו מעיד אולי כסימן על רחבו ועוצמתו של המקור, אך כתם אדום מגרה את האפרוחים לנקרו ולגרות את ההורים להקיא מזון למענם. צילום: C Watts/flickr
- ④ לפרגטה (*Fregata*) מקור המותאם נהדר לאכילת דגים (על אף שנוהג דווקא לשדוד אותם מעופות ים אחרים). מבסיס מקורו וגורונו של הזכר מפתח באורח פלא בלון אדום ענק המסייע לו בתצוגות ראווה מרשימות אל מול הנקבה, שתבחר את המוצלח ביותר, מבחינתה. צילום: Constanza S. Mora



מקורו של יונק-הדבש או הקוליברי (*Colibr*) מדרום אמריקה הוא לרוב ארוך, דק עם לשון ארוכה היונקת צוף מעמקי הצופנים בפרחים אגב רפרוף מהיר להדהים באוויר. צילום: David Stewart



לשלצדף (*Heamantopus*) יש מקור מתמחה באכילת רכיכות ושבוללים במקורם הקטום בקצה (מקור חד היה מנקב את בשר הרכיכה ולא היה ניתן לשולפה. צילום: marneejill/flickr



מקורו של בז נודד (*Falco peregrinus*) מאונקל וחד וכל הבזים מצויד גם בבליטה בתחתית מקורו העליון המסייע לו בשבירת מפרקת העוף הניצוד באוויר. צילום: Christian Fritschi



2



4



1



3

בעלי אגן כשל עוף וגם מקור). ואילו הארכיאופטריקס (שהוגדר זה זמן רב כעוף הקמאי הראשון (בגלל הנוצות) היה מצויד מלבד בנוצות בפה זוחלי מצויד בקשקשים ושיניים ולא מקור טיפוסי כיתר העופות.

למי עוד יש מקור

ישנו מספר לא מבוטל של סוגי בעלי חיים שלהם מבנה דמוי מקור העשוי קרטין, ואחד הבולטים בהם הוא הברווזן או הפלטיפוס (*Ornithorhynchus*) מאוסטרליה, שלו מקור שטוח המזכיר את זה של הברווז, והוא למעשה איבר חישה חשמלי. לקיפודן הנמלים (*aculeatus Tachyglossus*), שאף הוא מאוסטרליה, מקור מובהק, ובאמצעותו הוא ניזון מטרמיטים ונמלים. קיימים גם דגים מסוימים (כמו דג החרב) שלהם מעין מקור, וכן צבים, תמנונים ועוד.

צורות מקור והתאמה למזון

ככלל, למקור קצר יש עוצמת אחיזה, חיתוך או פיצוח גדולה יותר ("חוק המנוף"), כך יוצא שמקור קצר ועבה (כמו של הפרושיים, הגבתוניים והדרוריים) מותאם לפיצוח יעיל ביותר של זרעים ואגוזים, או מקור מאונקל, חד וקצר, כמו זה של חוויאי הנחשים (*Circaetus gallicus*), יעיל ביותר בגזירת ראשו של הנחש שממנו הוא ניזון כמעט בלעדית (הדריסה אצל דורסי היום ודורסי הלילה מבוצעת בכלל על ידי הרגליים והטפרים, ואילו המקור רק מאפשר ניתוח כירורגי של הטרף לאחר דריסתו, למעט מקרים שבהם הטרף נבלע בשלמותו). מקור קצר ודק, דמוי פינצטה, יש לאוכלי חרקים רבים (*insectivora*), כדוגמת סבכיים, חטפיות וחופיות (לירגזים, *Parus*, למשל, מקור דמוי מחט, המאפשר להם לפרוס קורי זחלים ועכבישים). לעומת זאת, מקור קצר מאוד אך רחב בבסיסו (כמו אצל סנוניות, סיסים ותחמסים) מאפשר פתיחת לוע רחבה ביותר, וציד החרקים המעופפים מתבצע כמו שואב אבק תוך כדי תעופה מתמרנת באוויר. לקיכליים, לזהבנים ולרזירים מקור בגודל

מקור צבעוני קשור ברוב המקרים לראווה, כך למשל לזכר של חסידה אוכפית מאפריקה יש בליטה קרנית צהובה עזה בבסיס המקור הצבעוני בשחור ואדום (כמו בצבעי אזהרה). לפריגטה מקור אימתני המסגלה לדייג (אף על פי שהיא מעדיפה בבירור לגזול דגים מעופות אחרים), ואילו בעונת הכללות, מופיע בלון אדום ענק מתחת לבסיס מקורו וגרנו של הזכר.

מתי הופיע לראשונה המקור

קרוב לוודאי שמבנה דמוי מקור הופיע לראשונה בקרב הדינוזאורים ודומיהם, בעידן היורה, לפני כ-150 מיליון שנה, כך ניתן להזכיר את הפטרוזאורים המעופפים (שהיו זוחלים מעופפים) ואת האורניתוזאורים

- 1 מקור של ברבור צעיר (*Cygnus*) במים. לברבורים כמו לברוזים יכולת לסנן מזון (פלנקטון) במקורם הרחב בעל מסננות עדינות אשר מבינם מותזים המים החוצה באמצעות הלשון. צילום: Daz Ed Dunens
- 2 מקור של אלבטרוס (*Diomedea*). מקורו מיוחד במינו המותאם בהחלט לדייג וה"כונס-אוויר" מעל המקור הם הנחיריים הנבובים העצומים המאפיינים אותו ואת היסעורים הגדולים אשר חוש הריח שלהם מפותח להפליא והמלח המרוכז מופרש החוצה בעת הצורך. צילום: Hjalmar Gislason
- 3 חסידה פשוטת-מקור (*Anastomus oscitans*). מקורה המזוד להדהים מותאם לבקע את הרכיכות (מזונה העיקרי) בחלל במקורה כמו "מפצח-אגוזים". צילום: Hari K Patibanda
- 4 לתגשמת (*Tyto alba*) כמו דרסי-לילה רבים אחרים יש מקור מאונקל, חד וקצר יחסית לשל דורסי-יום ובכך אינו "מפריע" לשדה הראייה ורפלקטור השמיעה של פניה. הטרף לרוב נבלע בשלמותו. צילום: Christopher Allen



לסנונית עצים מצויצת (*Hemiprocne coronata*) יש אולי את המקור הקצר ביותר, שהוא אגב, גם רחב בבסיסו בהתאמה ל"שאיבת" חרקים מעופפים באוויר תוך כדי פעירת המקור ואגב גלישות מהירות ומתמרנות. צילום: Hari K Patibanda



מקורו גדול-הממדים והמפורסם של הטוקאן גדולי באזורים הטרופיים, אך גם מנוצל בצבעיו המרהיבים לצורכי ראוה ותקשורת קולית. צילום: Bernard DUPONT



2



4



1



3

חרקים הם גם מושא התמחותם של חופמאים לא מעטים בעלי מקור ארוך ודק, כמו הביצניות, החרטומיות, החרמשונים והלימוזות (יכולת האחיזה שלהם מוגבלת בעוצמתה מעצם אותו "חוק המנוף", ולרוב האחיזה רופפת ועדינה ועל כן הטרף הקטן נשלח מייד לאוויר, ומשם במיומנות רבה ללוע הנפער). השרקק (*Merops*) הוא מומחה אמיתי בציד חרקים באוויר (במיוחד דבורים וצרעות), תוך כדי תעופה לוליינית עם מקור שלוף וראייה הזויה.

פלנקטון למינהו (לרבות שרימפס זעירים) הוא מרכיב מזון עיקרי בקרב עופות המצוידים במקור בעל מסננות, כדוגמת ברווזים רבים, כפנים (מסננים אגב תנועת מקור לצדדים) ופלמינגואים. לזה אחרון יש מקור מוזר הנראה "שבור", כהתאמה לסינון מזון במהופך (אגב דחיסת המים מן המסננות החוצה באמצעות לשונו הבשרית דמוית הבוכנה ובליעת המזון המסונן) במים הרדודים של בריכות מלח ומאגרים.

אוכלי עלים (*Folivores*), לרבות ניצנים ועשב, הם לא רבים, ומאפיינים מיינים כדוגמת האווז, הסופית וההואצין, אשר להם מקור רחב מעט בבסיסו ומותאם למלאכה זו.

בינוני, המותאם בעיקר לבליסת פירות שונים (*frugivorous*). עם זאת, יש לציין שבעונה גם אוכלי חרקים לא מעטים מתלהבים מתותי עץ. ואם באוכלי פירות עסקינן, אז ראוי לציין סוגים הניזונים מפירות טרופיים גדולים במיוחד, ועל כן מקורם אימתני בגודלו, כדוגמת הקליאו הקרנפי (*rhinoceros Buceros*), אשר לו מעין קרן קרטינית כשל קרנף, מעל המקור העליון, המסייעת לו בשליפת פירות גדולים, וגם במלחמה אל מול זכרים אחרים. לחסידה האוכפית (*Ephippiorhynchus senegalensis*) המרהיבה מאפריקה יש גם כן מגן על המקור העליון, אך מטרתו שונה וקשורה לחיזור, על כן מבנה זה מצוי רק אצל הזכר.

הטוקאן (*Ramphastos*) גם הוא ניזון מפירות גדולים במיוחד, בעזרת מקורו העצום והמפורסם (מקורו אומנם עצום אך קל וחזק להפליא, וזאת בשל רקמת קרטין ספוגית המסייעת גם לתרמורגולציה).

- 1 לנשרן מלכותי (*Sarcoramphus sacra*) מדרום אמריקה מקור מעטור בגידולי עור וצבעים מרשימים בבסיס המקור ונחשב לצבעוני בעולם הדורסים. צילום: Paul VanDer Werf
- 2 מקור דמוי הכף של כפן (*Platalea*) אותו נוהג לטבול במים רדודים ובתנועות לצדדים מסנן מזון ממים המסננות שבשולי מקורו. צילום: Nick Goodrum
- 3 מקורו של המרבו (*Leptoptilos*) הוא עצום ממדים ועמו צד בעלי חיים מגוונים למדי, אך עיקר מזונו הם נבלות המטופלות היטב במקורו המגושם. צילום: Rolf Dietrich
- 4 מקורו של הפלמינגו (*Phoenicopterus*) מעוקם ונראה כשבור, על כי הוא מסנן במהופך פלנקטון ושרימפסים מבין המסננות במקורו. צילום: psyberartist/flickr



קליאו קרנפי (*Buceros rhinoceros*). למין עוף ענק ומיוחד זה מקור מרשים עד מאוד באמצעותו אוסף פירות וגם בעלי-חיים מזדמנים. את הפירות הגדולים מצליח באמצעות הקרן הקרנפית שלו לקטוף. צילום: Paul Sableman



מקורם של האווזים, כדוגמת אווז לבן-מצח (*Anser albifrons*) בתמונה כאן משמת אותם בעיקר לתלישת עשב ועלים בבית-גידולו. צילום: Bernard Spragg

המקור המזרחי ביותר, המופנה לצד ימין בהגזמה, ובהתאמה לשליפת חרקים מתחת לאבנים, ללא צורך במאמץ מיוחד ובערנות רבה אל מול דורסים.

עמוק מאוד בתוכו). המקור של "סנוניות עצים" מסוימות הוא הקצר ביותר באופן יחסי (אם לא לוקחים בחשבון את הקיווי בשל נחיריו הקרובים מאוד לקצה מקורו).

צורות מקור מיוחדות אחרות המותאמות למזון קיימות בקרב סוגים מיוחדים, כדוגמת צלוב-מקור (*Loxia*), שמקורו הצלוב והעבה מותאם היטב לשליפת זרעים מאצטרובלי מחטניים. חופמי עקום-מקור (*Anarhynchus frontalis*), האנדמי לניו-זילנד, מצויד באחד מסוגי

ד"ר חיים מויאל מרצה במכללת לוינסקי וחוקר באוניברסיטת תל אביב



עליון קצר באופן משמעותי מן המקור התחתון, המסייע לו לסרוק בגזירה את המים בחיפוש אחר דגים. לשלצדף (*Haematopus*) גם כן מקור מזר, רחב בקצהו, בהתאמה לשליפה חיונית של "בשר" הרכיכות ללא ניקובן (נכון גם לדיית החלזונות, *uncinatus Chondrohierax*, ממרכז אמריקה ודרומה). תוכי ים (*Fratercula*), מהעופות המוכרים והחביבים על הכול בשל מראהו המוקיוני, מצויד במקור מיוחד מאוד, עבה ומשונן, בהתאמה לדיג של כמה צלופחים או דגים בבת אחת, תוך כדי קיבועם באמצעות לשונו השרירית.

המנעלן (*Balaeniceps rex*), דמוי הדינוזאור, מצויד במקור בולבולי עצום ממש (עם קצה מאונקל), דמוי נעל ענקית, ובאמצעותו הוא צד כל חיה שרק יחפוץ. עוד עוף "דינוזאורי", מוזר ביותר ופרימיטיבי להפליא, הוא מיודענו הקיווי הניו-זילנדי (*Apteryx*) משולל התעופה, אשר מקורו ארוך, גמיש מאוד ומצויד בנחיריים דווקא בקצהו (אגב, זיפים תחושתיים בבסיס מקורו מסייעים לו לחוש היטב את טרפו בליה). מקור מסוג מיוחד לגמרי מצוי אצל האלבטרוסים ויסעורים גדולים, אשר מעל המקור (המותאם היטב לדיג) שלהם משובצים נחיריים גדולי ממדים, הנראים כזוג צינורות מעל בסיס המקור העליון.

מקור חנית (*beak Spear*) יש לאנפות ולחסידות ולדומיהן, והוא בהחלט מעולה בהתאמתו לשיפוד חיות ממחלקות שונות כמו דוחיים, סרטנים, מכרסמים, נחשים וגם דגים.

בעונת הקינון לא יבחנו גם אוכלי זרעים (*Granivores*), כמו הדוריים, להיזון מפרוקי רגליים עתירי חלבונים, כך גם אוכלי הפירות הקלאסיים (כדוגמת הקיכליים), ואפילו הצופיות והקוליבריים, יונקי הצוף (*Nectarivore*) המובהקים. אלו האחרונים מצוידים במקור ארוך (כפוף או נטוי קדימה) ובלשון ארוכה לא פחות, המסוגלת לשאוב צוף מתקתק, חיוני ואנרגטי. מעניין לציין שלקוליברי ארוך-מקור (*Ensifera ensifera*) יש מקור ארוך מאוד גופו, והוא ללא ספק המקור הארוך ביותר מבין כל מקורי העופות בעולם ביחס לאורך גוף (כאן מדובר על התאמה בלעדית לפרח אשר הצוף והאבקה שלו מצויים



מקור עבה ומגושם יש לקבוצות שונות, כך למשל לאוכלי הדגים (*Piscivores*), כדוגמת הקורמורנים (תוך כדי מרדף עם מקור אימתני אחר הדגים), השלדגים (בצלילה רדודה אל הדגים), השקנאים והסולות (צלילת "טורפדו"), ואילו מבין דורסי היום, לעיטמים (*Eagles Sea*), המצוידים במקור מגושם יותר יחסית להמשך טיפול בדגים לאחר שנלכדו בטופריהם (אגב, לשלך, *Pandion haliaetus* אין מקור מגושם, אלא רגליים המיובלות בקוצים כנגד החלקת הדג, וטופריו דמויי קרסי דיג חשובים מאוד להצלחת הטיפול בדג). לשקנאים ולקורמורנים יש קצה מקור מאונקל, המסייע להם לאחוז את הטרף היטב, ואילו לשקנאים (*Pelecanus*) יש גם שק גמיש הנמתח ככברה בתחתית מקורם, לשם פיתיון ולאחסון הדגים לפני עיכולם. אחד מהמקורים המוזרים באוכלי הדגים הוא זה של הגזרן (*Rynchops*), שלו מקור

- 1 מקורו של חופמי עקום-מקור (*Anarhynchus frontalis*) יוצא דופן מבין כל העופות בהיותו נוטה בקיצוניות ימינה. מין זה מתמחה בשליפה יעילה מאוד של יצורים החבויים מתחת לאבנים. צילום: Renke Lühken
- 2 לאנפה (*Ardea*) מקור חניתו וחד בהתאמה ללכידת דגים, דו-חיים, נחשים ופרוקי-רגליים. צילום: Susan Young
- 3 לגזרן (*Rynchops*) יש מקור עליון קצר מהמקור העליון בהתאמה ל"גזירת" המים תוך כדי תעופה ולכידת הדג אגב הסריקה. צילום: Malcolm Macgregor
- 4 מקורה של הלימוזה (*Limosa*) ארוך מאוד ודק בהתאמה לצייד חרקי מים ודומיהם במים רדודים. צילום: Stephen Gidley