

זבוב (Otitus vitalyi)
צילום: עוז ריטנר



Oz Riftner



Oz Rittner

שפירית הדרכים (*Brachythemis impartita*).
צילום: עוז ריטנר





חיפושית ממשפחת המושיתיים בתעופה.
צילום: Clinton & Charles Robertson

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=lady+beetle+flight&title=Special%3AMediaSearch&type=image>

Oz Rittner

מזיאון
הטבע
פשוטי הדרך



בחליל השברק (*Polyommatus icarus zelleri*) צילום: עוז ריטנר

שפירית

לשפירית שני זוגות כנפיים קרומיות מוארכות, בעלות עורקים רבים. העורקים מונעים מהכנף להתקמט, אך מאפשרים לה להתגמש או להתקשח בתגובה לכוחות הפועלים עליה בזמן התעופה. המבנה המוארך והצר של הכנפיים מייצר כוח עילוי רב ומעט גרר, ובכך מסייע לתעופה מהירה. ואכן, השפירית היא מעופפת מעולה, המסוגלת לעוף בזריזות וגם לשנות את כיוון התעופה במהירות. יש שפיריות שמסוגלות לדאות, לרחף ואפילו לעוף אחורה. מינים נודדים של שפיריות יכולים לחצות מאות אלפי קילומטרים הודות למבנה הכנפיים, המשלב חוזק רב וגמישות במשקל קל במיוחד.

הכנפיים הקדמיות והאחוריות נעות בנפרד, ולשפיריות יכולת להניע כל כנף באופן שונה. ההפרדה בין תנועת הכנפיים מאפשרת לשפיריות לנוע גם לצדדים. שליטה זו בתנועות הכנפיים מתאפשרת בזכות העובדה ששפיריות מניעות את כנפיהן באמצעות שרירי חזה המחוברים ישירות לכנף. הכנפיים לא מסוגלות להתקפל על הגב. כשהשפירית נחה הן פרושות לצדדים, ואינן מאפשרות לה להסתתר במקומות צרים.



דבורה

לדבורה שני זוגות כנפיים קרומיות, כאשר הקדמיות גדולות מהאחוריות. בעת מנוחה הכנפיים מונחות על הגב. הכנף הקדמית והאחורית נעות כחטיבה אחת, שכן הן מחוברות זו לזו באמצעות ווים הקבועים בשוליים הקדמיים של הכנף האחורית, שנתפסים בבליטה הנמצאת בשוליים האחוריים של הכנף הקדמית. חיבור הכנפיים מקל על התעופה, מאחר שהכנפיים האחוריות אינן מתמודדות עם מערבולות האוויר שנוצרות מתנועת הכנפיים הקדמיות.

דבורים מניעות את כנפיהן במהירות רבה (דבורת הדבש מניעה את כנפיה 220-250 פעמים בשנייה) באמצעות שרירים עקיפים, שמכווצים ומשחררים את בית החזה עצמו. כל כיווץ של בית החזה מרעיד את הכנפיים ומייצר כמה מחזורי נפנוף. מהירות הנפנוף הגבוהה, גמישות הכנפיים והיכולת להגביר את מהירות הכנף באמצעות הגדלת טווח התנועה של הכנפיים מאפשרים לדבורים לייצר כוח עילוי רב, לעוף במהירות למרחקים גדולים ולשאת משקל כבד יחסית.

חיפושית

הכנפיים הקדמיות התפתחו לכנפי חפייה קשיחות. בזמן שהחיפושית לא מעופפת, כנפי החפייה מגינות על הכנפיים האחוריות, שהן כנפי תעופה קרומיות. כנפי החפייה גם מאפשרות לחיפושית הבוגרת להתחפר באדמה או בגזעי עצים מבלי לפגוע בכנפי התעופה העדינות (מה שעלול לפגוע ביכולת התעופה). בזמן מנוחה מונחות כנפי התעופה הארוכות כשהן מקופלות על הגב מתחת לכנפי החפייה ותופסות כחצי משטח הכנף הפרושה. בזמן תעופה כנפי החפייה פרושות לצדדים או מונחות על הגב, וכנפי התעופה פרושות במלוא גודלן. לחיפושיות יש מנגנון מיוחד שמאפשר להן לפרוש ולקפל את הכנפיים בעזרת שרירי החזה. לכנפי התעופה הארוכות שטח פנים גדול, מה שמסייע לשאת את משקל הגוף, הכבד יחסית. הנחיתה של החיפושית היא מגושמת למדי, ולכן מינים רבים של חיפושיות ניזונים מפרחים בצורת קערה, שעליהם החיפושיות יכולות "להתרסק" מבלי ליפול לקרקע.



פרפר

לפרפרים שני זוגות כנפיים קרומיות מכוסות קשקשים. הקשקשים הם מבנים מיקרוסקופיים העשויים מכיטין. הם מכסים את הכנף הקרומית ומעניקים לפרפרים את דגמי הצבע שלהם. הכנף הקדמית והאחורית פועלות כיחידה אחת. התוצאה היא משטח כנף ארוך ורחב בעל שטח פנים גדול, שמאפשר להניע אוויר רב מטה וכך לייצר כוח דחף שנושא את משקל גופו הכבד יחסית של הפרפר. החיכוך שנוצר בעת שהאוויר חולף על פני הכנף הרחבה מייצר הרבה כוח גרר, שאומנם מאט את התקדמות הפרפר אך מאפשר תמרונים חדים, וכך פרפרים מסוגלים לשנות את כיוון התעופה בכל נפנוף. עוצמתו הגבוהה יחסית של כוח הגרר מובילה למנגנון תעופה בזבזני יחסית באנרגיה. שטח הפנים הגדול של כנפי הפרפרים מאפשר להם לעבור לסירוגין בין תעופת נפנוף לתעופת דאייה. פרפרים נודדים משתמשים בדאייה על מנת לנדוד למרחקים תוך חיסכון באנרגיה. כנפיהם של פרפרים נודדים יהיו לרוב ארוכות וצרות יותר בהשוואה לכנפיהם של פרפרים שאינם נודדים.

לזבובים יש רק זוג אחד של כנפיים קרומיות. הזוג האחורי התפתח לבוכניות, שהן איבר חישה למהירות זוויתית, שבנוי כמקלון דק עם קצה מעובה.

אופן פעולת הבוכניות הוא כג'יירו, המאפשר לזבוב לשמור על כיוון תנועה יציב ולקבל חיווי על סטיות מהנתיב. הבוכניות פועלות ברטט בכיוון הפוך לכנפיים – כאשר הכנף יורדת הבוכנית עולה ולהפך – ובקצב מהיר מאוד. כאשר גוף הזבוב סוטה מציר התנועה, נוצר כוח המתנגד לכיוון הרטט. חיישנים בבסיס הבוכנית מודדים את הכוח, את מידת הסטייה של גוף הזבוב ביחס למישור הרטט ואת סוג הסטייה - אופקית, אנכית או גלגול - והזבוב, בתגובה, פועל לתקן את הסטייה.

הבוכניות מאפשרות לזבובים לבצע פניות חדות בשברירי שנייה, לעוף הצידה או לאחור ואף לרחף במקום אחד.

שימוש בזוג כנפיים אחד מצריך פחות מאמץ בהשוואה לנפנוף שני זוגות כנפיים, ומאפשר את העלאת תדירות תנועת הכנפיים. הכוח שמייצרות הכנפיים עולה עם העלייה במהירות הכנף, וכך הזבובים מגיעים למהירויות תעופה גבוהות במיוחד. השילוב בין תדירות נפנוף גבוהה, צורת הכנף ויכולת בקרת התעופה שמעניקות הבוכניות מקנה לזבובים יכולות תמרון גבוהות במיוחד.

