

התמצאות בעלי-חיים באמצעות חוש השמיעה

מספר מינים של בעלי-חיים "רואים" את סביבתם, מתמצאים במרחב או משיגים את טרפם באמצעות חוש השמיעה. דוגמאות אופייניות מובאות להלן:

תנשמת – התנשמת היא דוגמא לטורף בעל התאמות אנטומיות ופיזיולוגיות המאפשרות לו לאתר את הטרף באמצעות חוש השמיעה. התנשמת היא עוף דורס לילי, הניזון בעיקר ממכרסמים קטנים. היא חייבת לזהות את מיקום הטרף במהירות ובדייקנות הן במישור האופקי והן לזהות את זווית ההגבהה שלה מעל בע"ח אותו היא צדה. כיצד היא עושה זאת? התנשמת מסוגלת לזהות הבדלים זעירים בין הקולות הנקלטים באוזנה הימנית לבין אלה הנקלטים באוזנה השמאלית. האוזניים נמצאות בד"כ במרחקים שונים ממקור הקול, כך שהגלים מגיעים אל אוזניים בזמנים שונים. כאשר הקול מגיע מהצד – ההבדל הוא מרבי. כאשר הקול מגיע ישירות מחזית הציפור, אין הבדל בזמן הגעה לשתי האוזניים. בין גבולות אלה משתנים הפרשי הזמן בהתאם לזווית הקול במישור האופקי. בנוסף, קולות המגיעים אל האוזן הקרובה יותר אל מקור הקול הם בעוצמה חזקה יותר לעומת האוזן הרחוקה, ושוב – הבדלים או העדר הבדלים בעוצמת הקול מאפשרים את מציאת הכיוון. תכונה נוספת המאפיינת את התנשמת הם מיקום האוזניים – האוזן הימנית ופתחה מכוונים כלפי מעלה ואילו השמאלית מכוונת כלפי מטה, וכתוצאה מכך רגישה האוזן הימנית יותר לקולות הבאים מלמעלה והשמאלית – לקולות הבאים מלמטה.



מתוך: <http://www.dnr.state.wi.us/org/land/er/factsheets/birds/images/barnowl.jpg>

למבנה הפנים של התנשמת תפקיד מכריע בשמיעתה המעולה. מסביב מקיפות את הפנים שורות צפופות של נוצות ("זר הפנים"). הוא משמש בתפקיד דומה לזה של יד, המטה את אפרכסת האוזן כדי להיטיב ולשמעו. כשהתנשמת מבחינה ברעש, היא מפנה את ראשה בתנועה מהירה, המביאה את מקור הקול ישירות לפניה. בתנועה זו היא מביאה את הקול לאזור בו שמיעתה חדה ביותר. התנשמת מאתרת קולות בשני ממדי חלל בדיוק רב. מחקרים הראו שהציפור מסוגלת למצוא את מקור הצליל בדיוק של מעלה אחת עד שתיים באזימוט ובהגבהה. מעלה אחת היא בערך רוחב אצבע קטנה במרחק של זרוע. כאשר התנשמת נוחתת על המכרסם, גם בחדר חשוך לחלוטין, היא מכוונת את טפריה

לדריסתו הסופית של הטרף במקביל לציר גופו של המכרסם, וכשהמכרסם מנסה לרוץ לכיוון אחר, היא מסדרת את טפריה בהתאם. התנהגות זו מגבירה את הסיכויים לדריסה מוצלחת. בניסויים בהם סתמו לתנשמת אוזן אחת, הופיעו טעויות גדולות בכיוון הטיית האוזן ובאחוז ההצלחה בטריפה.

לשמיעת קולות של תנשמת, תוכל לבקר באתר הבא (בחר ב-media)
[http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/tyto/t_alba\\$media.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/tyto/t_alba$media.html)

עטלפים, דולפינים ולווייתנים מתמצאים בסביבתם ע"י שימוש בשיטה הקרויה eco-location (ניווט באמצעות הד).

עטלפים – העטלפים, שהם יונקים מעופפים משתמשים בגלי הקול לצורך השגת צרכיהם החיוניים, המתמקדים בשני מישורים עיקריים:

התמצאות במרחב - בעיקר הטריטוריה האישית במערה. מספר העטלפים החי במערה אחת הוא גדול מאד, ונמצאו מספר מערות בעולם המאוכלסות ע"י 20 מיליון עטלפים. למרות המספר האדיר, מסוגלים העטלפים להגיח יחד לעת ערב, כשכל אחד מאתר את הדי קולותיו בתוך בליל קולות הלהקה, ולחזור מאוחר יותר בדיוק אל הטריטוריה שלו במערה. הצפיפות הרבה מחייבת גם את הנקבה מיומנות גבוהה של התמצאות, שכן לאחר שהמליטה ועפה כדי לאכול, עליה לחזור ולמצוא את ולדה, ולזהות אותו על פי קולו בתוך "שטיח" גורים המשתרע על מאות מ"ר ויש בו מיליוני גורים.

השגת מזון - מיומנות ההתמצאות של העטלף נחוצה גם לצורך השגת המזון. העטלפים הם יונקים מעופפים ומזונם חייב להתעכל במהירות, כיוון שהעטלפים אינם יכולים לשאת "מטען עודף". מסיבה זו העטלפים חייבים להשיג את מזונם בצורה יעילה וחסכונית.

אם חילוף החומרים אצל יונקים קטנים הוא מהיר ונמרץ, חילוף החומרים של העטלף נמרץ פי כמה, מפני שהתעופה צורכת אנרגיה רבה. עטלף, הניזון מחרקים, אוכל במשך הלילה חרקים, שמשקלם בין רבע למחצית ממשקל גופו; המזון מתעכל במהירות, והעטלף ממחר להיפטר מן הפסולת.

מתוך כ-1000 מיני עטלפים, כ-80% מהם הם עטלפי חרקים (היתר – רובם עטלפי פירות). העטלף מסוגל לאתר ולתפוס טרף זעיר כיתוש בקצב של חרק כל שמונה שניות.



מתוך: http://www.brown.edu/Administration/News_Bureau/1998-99/98-026g.html

עטלפי החרקים משתמשים בקולות גבוהי תדר (אולטרה-סוני). הם מפיקים את הקולות בעזרת מבנים מיוחדים על האף, ובאמצעות ההד החוזר אליהם הם מזהים את טרפם או את דרכם. העטלף שולח קריאות לכל הכיוונים ומייצר במוחו "מפה קולית" של השטח. כדי שיחזרו גלי קול מטרף קטן כמו יתוש, משמיע העטלף קול בתדר גבוה. הסיבה לכך היא שכדי שעצם יוכל להחזיר גלי קול, עליו להיות בגודל מינימלי יחסית לתדר.

תדירות גבוהה מאפשרת גילוי ואיתור מדויק של עצמים קטנים ביותר. בניסוי שנערך על עטלף חום קטן (*Myotis lucifugus*), הכניסו עטלף לחדר חשוך לחלוטין שנמתחו בו חוטי תיל שתי וערב. העטלף הצליח להבחין בחוטים בעובי 0.2 מ"מ, ולא להיתקל בהם, למרות מהירות תנועתו.

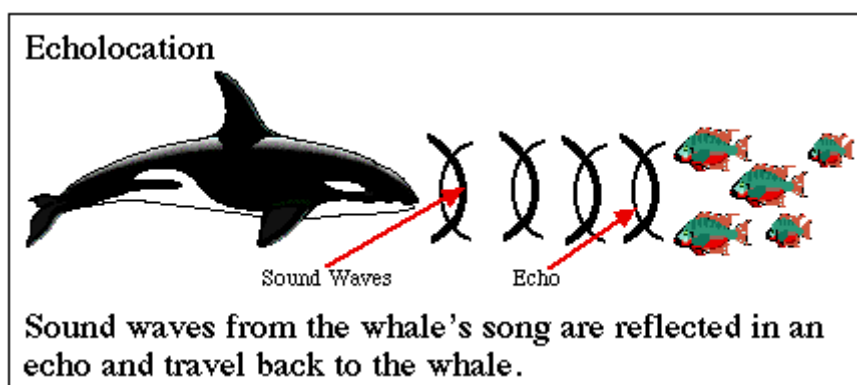
אורך הגל קצר, והסיכוי שיפגע בעצם קטן ויוחזר ממנו הוא גבוה. עם זה, קולות גבוהי תדר מאבדים עוצמה מהר מאוד, ולכן העטלף "מבזבז" זמן בסריקות שווה עד שהוא מאתר את טרפו. במרחבים פתוחים ובמהירות גבוהה העטלפים מרבים להשתמש בקולות קבועי-תדר וב"אפקט דופלר". כך הם מקבלים נתונים על המרחק מן המטרה, על מיקומה ועל מהירות תנועתה ביחס אליהם. הם רגישים להבדלים שבין קול ששלחו לבין קול שחזר אליהם וכך הם לומדים תוך חלקיק שניה על המרחק המדויק של הטרף, על כיוון תנועתו בחלל, על גודלו ועל המרקם שלו.



עטלף הנמצא בשטחים סבוכים, או עטלף המתקרב לטרפו זקוק בזמן אמת לנתונים על טרפם. לשם כך העטלף משמיע קולות לעתים קרובות, ונעזר בקולות בעלי תדרים משתנים ($FM=Frequency$ Modulated). לעתים מושמעים קולות המורכבים ממספר הרמוניות בכל פליטת קול. המכשור המודרני (מכ"ם וסונאר) עדיין לא הצליח לחקות את יכולתם המופלאה והמשוכללת של עטלפי החרקים לאתר באמצעות הד ולהגיע למידת דיוק כמותו.

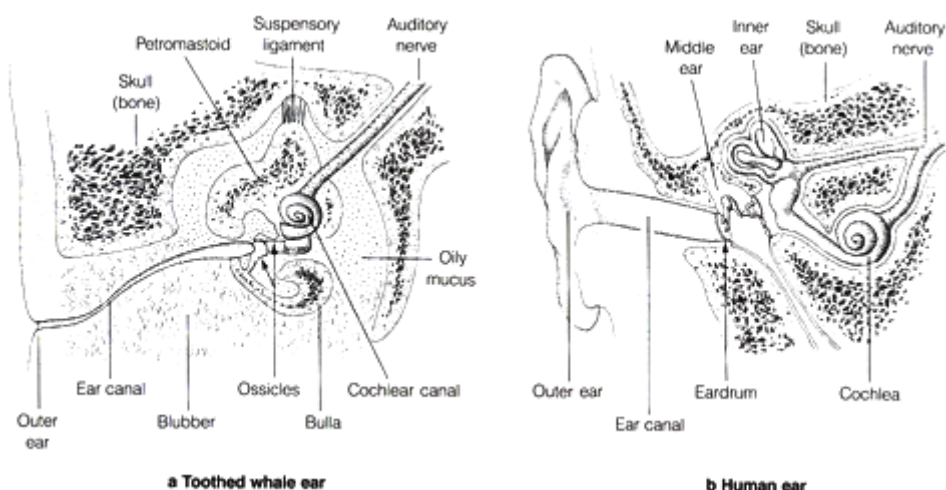
יונקים ימיים – הלווייתנאים הם סדרה של יונקים ימיים, ובסדרה זו מוצאים, בין היתר, את הלווייתנים והדולפינים. אפם של הלווייתנאים סגור רוב הזמן (פרט לשלב שאיפת האוויר, המתבצע מחוץ למים), כך שחוש הריח שלהם אינו מספק מידע לגבי הסביבה. גם חוש הראייה אינו מפותח, שכן בחלק מהמקרים המים בהם הם מצויים עכורים או חשוכים. עיקר התמצאותם מתבסס על חוש השמיעה, והוכחה לכך ניתן לראות כשמשוים את האזור האחראי על עיבוד המידע השמיעתי במוח – בלווייתנאים מרכז זה גדול באופן יחסי לעומת יונקים אחרים.

הלווייתנאים משתמשים בקולות על-מנת להימנע מהתנגשות בעצמים או בקרקעית הים, וכן לצורך תקשורת עם בני מינם. במיכל מלא מים עכורים, לוויתן יאתר דג מת תוך שניות.



מכיוון שהלווייתנים צריכים לזהות ולתקשר עם פרטים אחרים בני-מינם, בעיקר לאיתור בני זוג למטרות רבייה, והפרטים מצויים במרחקים גדולים זה מזה, הלווייתנים משתמשים בעיקר בגלי קול אינפרא סוניים.

התרשים הבא מדגים הבדלים בין אוזן לוויתן (a) משמאל, לבין אוזן אדם (b) מימין:



מתוך: <http://fin2feather.com/education/echo.html#top>

אוזניהם של יונקים יבשתיים, החשות בתנודות קול באוויר, אינן יעילות לשמיעה במים. ביונקים הימיים יש צורך במבנה שונה מעט, על מנת שתנודות המים תעוררנה את שערות החישה באוזן הפנימית. לצורך כך עצמות השמע צפופות יותר וקשות.

בנוסף, תנודות המים מרטיטות את האוזניים כל הזמן (בניגוד לתנודות האוויר) לכן בגולגולותיהם של הלווייתנאים מצויות בעות אוויר ורקמה שומנית המקיפות את האוזן התיכונה והפנימית ומשמשות כמבודדים.

מאחר שצפיפות המים קרובה לזו של מרכיבי האוזן הרבה יותר מצפיפות האוויר, העברת התנודות במים אצל בעלי חיים השומעים היטב במים - יעילה ביותר.

אוזני היונקים הימיים חסרי אפרכסת, והאוזן החיצונית מתחילה בנקב זעיר על פני העור. ללווייתנאים אין מיתרי קול (הקיימים אצל יונקים יבשתיים) וקיימות מספר גרסאות בהקשר לאופן הפקת הקולות שלהם. חלק מהחוקרים טוענים שהפקת הקולות נעשית ע"י העברת אוויר במעברי האוויר המצויים באף, וחוקרים אחרים טוענים כי הפקת הקולות נעשית בכל זאת דרך הגרון.

קרוב למוח הדולפין, באזור המצח, נמצא איבר הפולט (משמיע קולות), הקולות פוגעים במכשול כלשהו ומוחזרים ממנו. ההד המוחזר נקלט באוזן הפנימית של הדולפין, המידע מועבר למוח הדולפין, שמחשב את מיקומו של הגוף הזר ביחס לדולפין.

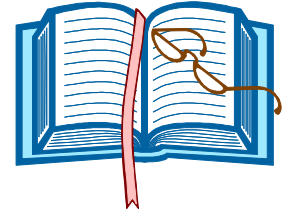


עבודה

1. ערוך השוואה בין היצורים השונים שהופיעו בפרק לגבי שימוש בחוש השמיעה:

דולפין	לוויתן	תנשמת	עטלף	
				שימוש בקולות עצמיים
				סוג גלי הקול הנקלטים
				מטרת השימוש במידע הקולי

2. איבר חוש המבוסס על הפעלת לחץ על תאים רגישים אופייני מאד בבעלי-חיים חסרי-חוליות, וביניהם סרטנים. נמצא כי בבסיס המחושם של הסרטן מצויים שקיקים בעלי פתח. הסרטן ממלא שקיקים אלה בחול, והלחץ שגרגרי החול מפעילים על תאי רגישים בתחתית השקיק מספק מידע ומאפשר שיווי משקל. בניסוי, גידלו סרטנים באקווריום שבו שמו במקום חול – חלקיקי ברזל. הסרטן השתמש בחלקיקי הברזל על-מנת למלא את השקיקים. כשקרבו מגנט מעל לסרטן, הוא התהפך מיד וצידו הגחוני כלפי מעלה. הסבר מדוע.



לקריאה נוספת:

גלי קול בעולם החי - ניר מולד, כמעט 2000, גליון מספר 2

שירת הים – (תקשורת בין לוויתנים) רונדה טננבאום, מסע אחר, 15, יוני-יולי, 1990

לוויתנים וקולות – אורנה אלדד ואדם בן-טוביה, מדע ל"ד, 1, 1989/90

סודות מעולם הצפרדעים – תמר רון, לדעת כ/2, 1990