

İNSAN VE HAYVANLARDAKİ SES TANIMI VE FREKANS ARALIKLARI

Elektrik Mühendisi, Ar-Ge Sorumlusu: Ali Toprak
Muson Mühendislik Ar-Ge, Eğitim ve Danışmanlık Ltd. Şti.

Konu başlıkları:

- a) İşitme aralığı
- b) Ölçüm
- c) İnsanlar
- d) Diğer Primatlar
- e) Hayvanlar
 - 1) Kedi
 - 2) Köpek
 - 3) Yarasa
 - 4) Fare
 - 5) Kuş
 - 6) Balık

İşitme aralığı

İnsan işitme frekans aralığı genellikle 20 ila 20.000 Hz'dir. Ancak bireyler arasında, özellikle de yüksek frekanslarda önemli farklılıklar olup, yaşla birlikte daha yüksek frekanslara kademeli olarak hassasiyet kaybı normal kabul edilmektedir. Duyarlılık ayrıca eşit ses kontürleriyle gösterildiği gibi frekansa göre de değişir. İşitme kaybı için rutin araştırmalar genellikle normale göre eşik seviyelerini gösteren bir odyogramı içerir.

Birçok hayvan türü, insan işitme aralığının çok ötesindeki frekansları duyabilir. Bazı yunuslar ve yarasalar, örneğin, 100.000 Hz'ye kadar olan frekansları duyabilir. Filler sesleri 14–16 Hz'de duyabilir, bazı balinalar infrasonik sesleri 7 Hz kadar düşük (su içinde) duyabilirler.

Ölçüm

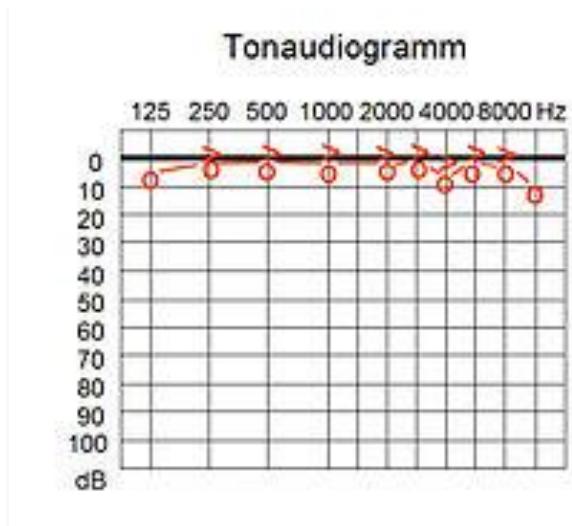
Temel bir işitme ölçüsü, bir organizmanın nominal işitme aralığı boyunca çeşitli frekanslarda mutlak işitme eşiği (minimum görülebilir ses seviyesi) grafiği olan bir odyogram ile sağlanır [1]. Davranışsal işitme testleri veya fizyolojik testler, insanların ve diğer hayvanların işitme eşiklerini bulmak için kullanılabilir. İnsanlar için test, belirli frekanslarda (zift) ve yoğunluklarda (yüksek ses) sunulan tonları içerir. Konu sesi duyduğunda, bir el

kaldırarak veya bir düğmeye basarak gösterir. Duydukları en düşük yoğunluk kaydedilir. Test çocuklar için değişir; sese verdikleri tepkime kafanın bir dönüşü veya bir oyuncak kullanılarak belirtilebilir. Çocuk, oyuncak bir adamı bir tekneye yerleştirmek gibi sesi duyduktan sonra ne yapılacağını öğrenir. Yiyeceklerin sese yanıt olarak ödül olarak kullanıldığı hayvanların test edilmesinde benzer bir teknik kullanılabilir. Farklı memelilerde işitme ile ilgili bilgiler öncelikle davranışsal işitme testleri ile elde edildi. Fizyolojik testler hastanın bilinçli olarak yanıt vermesine ihtiyaç duymaz [2].

İnsanlar

İnsanlarda, ses dalgaları dış kulak kanalı aracılığıyla kulağa girer ve kulak zarına (timpanik membran) ulaşır. Sıkıştırma ve seyreletme bu dalgaların orta kulak kemikleri (aracılığıyla sempatik titreşim neden hareket bu ince bir zar ayarlamak kemiklerin, koklea baziler sıvı ve içinde kıllar olarak adlandırılan ve Malleus, inkus üzenği) stereociliadır. Bu kıllar kokleayı tabandan tepeye doğru sıralar ve uyarılan kısım ve stimülasyon yoğunluğu sesin doğasına dair bir gösterge verir. Saç hücrelerinden toplanan bilgiler, beyindeki işlenmesi için işitsel sinir yoluyla gönderilir.

Genel olarak belirtilen insan işitme Aralığı 20 Hz ila 20 kHz'dir. [9,10] İdeal laboratuvar koşullarında, insanlar 12 Hz [11] gibi düşük ve 28 kHz kadar yüksek sesler duyabilirler, ancak eşik son işiticiye göre 15 kHz'de keskin bir şekilde artar[12]. İnsanlar en çok 2.000 ila 5.000 Hz arasındaki frekanslara (yani en düşük yoğunlukta ayırt edebiliyorlar) duyarlıdır [13]. Bireysel işitme aralığı, bir insanın kulaklarının ve sinir sisteminin genel durumuna göre değişir. Menzil ömrü boyunca küçülür [14], genellikle sekiz yaş civarında başlar ve üst frekans sınırı düşer. Kadınlar tipik olarak erkeklerden daha az derecede işitme kaybı yaşar, daha sonra başlarlar. Erkekler 40 yaşına kadar üst frekanslarda yaklaşık 5 ila 10 dB daha fazla kayba sahiptir [15,16].



Şekil 1. Standart bir normdan tipik işitme varyasyonunu gösteren bir odyogram.

İnsani işitme odyogramları, konuyla farklı frekanslar sunan, genellikle kalibre edilmiş

kulaklıklarla belirtilen seviyelerde bir odyometre kullanılarak üretilir. Seviyeler, "normal" işitmeyi temsil etmesi amaçlanan minimum işitilebilirlik eğrisi olarak bilinen standart bir grafiğe göre frekans ile ağırlıklandırılır. İşitme eşiği yaklaşık 0 ayarlanır fon eşit gürlük hatlarına (yani 20 micropascals, genç sağlıklı bir insan algılayabilir yaklaşık en düşük ses) [17], ancak bir standartlaştırılmıştır (ANSI 1 kHz ile standart). Farklı referans seviyeleri kullanan standartlar, odyogramlardaki farklılıklara yol açar. Örneğin, ASA-1951 standardı [18] 1 kHz'de 16.5 dB SPL (ses basıncı seviyesi) seviyesini kullanırken, daha sonra ANSI-1969 / ISO-1963 standardı 6.5 dB SPL'yi kullanır, daha sonra yaşlılar için 10 dB düzeltmesi uygulanır.

Diğer primatlar

Bazı primatlar, özellikle küçük olanlar, ultrasonik alana kadar olan frekansları duyabilir. 60desibelde tanımlanan Senegal çalı bebeğinin işitme aralığı 92 Hz – 65 kHz ve ring kuyruklu lemur için 67 Hz-58 kHz'dir. Test edilen 19 primattan, Japon makak, insanlar için 31 Hz - 17.6 kHz ile karşılaştırıldığında en geniş 28 Hz-34.5 kHz aralığına sahiptir [19].

Hayvanlarda

HAYVAN İSMİ	NUMARASI	GÜÇ(VA)	Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 M
TON BALIĞI	1	4,58						
TAVUK	2	4,08						
JAPON BALIĞI	3	7,28						
SU KURBAĞASI	4	4,98						
KEDİ BALIĞI	5	6,38						
AĞAÇ KURBAĞASI	6	6,38						
KANARYA	7	5,08						
PAPAĞAN	8	5,08						
MUHABBET KUŞU	9	5,48						
FİL	10	9,38						
BAYKUŞ	11	5,98						
ÇİNÇİLLA (KEMİRGEN)	12	9,38						
AT	13	9,38						
İNEK	14	10,68						
RAKUN	15	8,68						
EVCİL KOYUN	16	8,48						
KÖPEK	17	9,48						
GELİNCİK	18	11,48						
KİRPİ	19	7,58						
GİNE DOMUZU	20	10,08						
TAVŞAN	21	9,08						
AYIBALIĞI	22	8,08						
GERBİL	23	10,18						
SIÇANGİLLER	24	7,08						
ALBİNO SIÇAN	25	7,58						
KANATLI SIÇAN	26	7,18						
KEDİ	27	10,58						
FARE	28	6,48						
KAHVERENGİ YARASA	29	3,58						
BELUGA BALINASI	30	6,98						
YUNUS	31	10,08						
DOMUZ BALIĞI	32	11,08						

Tablo1: Frekansa bağlı hayvanların duyma aralığı [3,4,5,6,7].

Kediler

Kedilerin mükemmel işitmeleri vardır ve çok geniş bir frekans aralığını tespit edebilirler. 55 Hz'den 79 kHz'e kadar olan frekansları algılayarak insanlardan veya çoğu köpekten daha yüksek perdeli sesler duyabilirler [20,21]. Kediler bu yeteneği iletişim için ultrason duymak için kullanmıyorlar, ancak avlanmada büyük olasılıkla [22], birçok kemirgen türü ultrasonik çağrı yaptıkları için önemlidir [23]. Çat işitme duyusu da son derece hassastır ve herhangi bir memelinin en iyileri arasındadır, en çok 500 Hz ila 32

kHz aralığındadır [24]. Bu hassasiyet, kedinin büyük hareketli dış kulakları (kulak kepçeleriyle daha da artar)Hem sesleri yükselten hem de bir kedinin bir sesin geldiği yönü algılamasına yardımcı olan).

Köpekler

Bir köpeğin işitme kabiliyeti, cins ve yaşa bağlıdır, ancak işitme aralığı genellikle yaklaşık 67 Hz ila 45 kHz'dir. [25,26] İnsanlarda olduğu gibi, bir köpek cinsleri işitme yaş dar aralıkları [27], gibi Alman çoban ve minyatür fino. Köpekler bir ses duyduğunda, alımı en üst düzeye çıkarmak için kulaklarını ona doğru hareket ettirirler. Bunu başarmak için, bir köpeğin kulakları, kulakların eğilmesine ve dönmesine izin

veren en az 18 kas tarafından kontrol edilir. Kulağın şekli, sesin daha doğru duyulmasını sağlar. Pek çok cins, genellikle sesleri yönlendiren ve yükselten dik ve kavisli kulaklara sahiptir.

Köpekler insanlardan daha yüksek frekanslı sesler duydukları için, dünyanın farklı akustik algılarına sahiptirler. İnsanlara yüksek sesler veren sesler çoğu zaman köpekleri korkutabilecek yüksek frekanslı tonlar yayar. ıslık denilen ultrasonik ses yayan, köpek ıslık bir köpek böyle seviyelere çok daha iyi cevap verecektir olarak, köpek eğitiminde kullanılmaktadır. Vahşi doğada köpekler, yiyecekleri avlamak ve bulmak için işitme yeteneklerini kullanırlar. Yerli ırklar, artan işitme yeteneklerinden dolayı mülkü korumak için sıklıkla kullanılır. "Nelson" köpek ıslıkları, insanlara duyulabilir ses seviyesinden daha yüksek frekanslarda, ancak köpeğin işitme aralığında da sesler üretir.

Yarasalar

Yarasalar, gece aktiviteleri ile başa çıkmak için çok hassas bir işitme geliştirmiştir. İşitme aralıkları türlere göre değişir; en düşük seviyede bazı türler için 1 kHz, diğer türler için ise en yüksek değeri 200 kHz'e ulaşabilir. 200 kHz'i tespit edebilen yarasalar, 10 kHz'in altındaki sesleri çok iyi duyamaz [28]. Her durumda, en hassas

yarasa işitme aralığı daha dardır: yaklaşık 15 kHz ila 90 kHz.

Yarasalar, nesnelere etrafında gezinir ve yankılarını kullanarak avlarını bulur. Bir yarasa çok yüksek ve kısa bir ses çıkarır ve geri döndüğünde yankıyı değerlendirir. Yarasalar uçan böcekleri avlar; Bu böcekler yarasa çağrısı için hafif bir yankı döndürür. Böcek türü, ne kadar büyük olduğu ve mesafe yankı kalitesi ve yankı geri tepme için geçen zaman ile belirlenebilir. İki tür çağrı sabit frekansı (CF) ve adımda azalan frekans modülasyonlu (FM) vardır [29]. Her tip farklı bilgiler gösterir; bir nesneyi tespit etmek için CF, mesafesini değerlendirmek için FM kullanılır. Yarasa tarafından üretilen ses darbeleri, saniyenin yalnızca birkaç binde biri kadar dayanır; aramalar arasındaki sessizlikler yankı şeklinde geri gelen bilgileri dinlemek için zaman verir. Kanıtlar, yarasaların Doppler etkisi ile üretilen ses perdesindeki değişimi, uçuş hızlarını etrafındaki nesnelere göre değerlendirmek için kullandıklarını göstermektedir [30]. Boyut, şekil ve dokuya ilişkin bilgiler, çevrelerinin ve avlarının konumunun bir resmini oluşturmak için oluşturulmuştur. Bu faktörleri kullanarak yarasa hareketlerdeki değişimi başarılı bir şekilde izleyebilir ve bu nedenle avlarını avlayabilir.

Fareler

Farelerin vücutlarına göre büyük kulakları vardır. İnsanlardan daha yüksek frekanslar duyarlar; frekans aralığı 1 kHz - 70 kHz'dir. İnsanların duyabileceği daha düşük frekansları duymazlar; bazıları insanlar tarafından duyulamayan yüksek frekanslı sesler kullanarak iletişim kurarlar. Genç bir farenin tehlike çağrısı, 40 kHz'de üretilebilir. Fareler, kendilerini tehlikeye atmadan diğer tehlike farelerini uyarmak için avcılarının frekans aralıklarından ses üretme yeteneklerini kullanırlar, özellikle de kedilerin işitme aralığı farenin tüm ses aralığını kapsar. İnsanların duyabildiği gıcırtilar, frekansta daha düşüktür ve düşük frekanslı sesler, yüksek frekanslı seslerden daha uzağa gidebildiğinden, fareyle daha uzun mesafeli aramalar yapmak için kullanılır [31].

Kuşlar

İşitme, kuşların ikinci en önemli hissidir ve kulakları sesi odaklamak için huni şeklindedir. Kulaklar gözlerin biraz altında ve arkasında bulunur ve korunmaları için yumuşak tüylerle (kulaktan kulağa) örtülürler. Bir kuşun başının şekli, yüz diskleri kulaklarına doğrudan ses iletmeye yardımcı olan baykuşlar gibi duymasını da etkileyebilir.

Kuşların işitme aralığı, 1 kHz ve 4 kHz arasında en hassastır, ancak bunların tam aralığı kuş türlerine bağlı olarak daha yüksek veya daha düşük limitlerle insan işitme kabiliyetine benzer. Ultrasonik seslere tepki gösteren hiçbir kuş türü görülmemiştir, ancak bazı kuş türleri infrasonik sesleri duyabilir [32]. "Kuşlar özellikle zift, ton ve ritim değişikliklerine duyarlıdır ve bu varyasyonları gürültülü bir sürüde bile diğer kuşları tanımak için kullanırlar. Kuşlar ayrıca farklı durumlarda farklı sesler, şarkılar ve çağrılar kullanır ve farklı sesleri tanır Bir aramanın bir avcının uyarıcısı olup olmadığını, bölgesel bir hak talebinde bulunup bulunmadığını veya yiyecek paylaşmayı teklif edip etmediğini belirlemek için esastır"[33].

Balık

Balıkların çoğu memelilere göre daha dar bir işitme aralığı vardır. Japon balığı ve yayın balığı, bir Weberian cihaza sahiptir ve ton balığından daha geniş bir işitme aralığına sahiptir.

Deniz memelilerinde

Sudaki ortamlar kara ortamlarından çok farklı fiziksel özelliklere sahip olduklarından, deniz memelilerinin kara memelileriyle karşılaştırıldığında nasıl duydukları konusunda farklılıklar vardır.

İşitsel sistemlerdeki farklılıklar sudaki memeliler, özellikle de yunuslar üzerinde kapsamlı araştırmalara yol açmıştır.

Araştırmacılar geleneksel olarak deniz memelilerini, en iyi sualtı işitme aralığına göre beş işitme grubuna böler.

Mavi balinalar gibi düşük frekanslı balya balinaları (7 Hz - 35 kHz);

Çoğu yunus gibi orta frekanslı dişli balinalar ve sperm balinaları (150 Hz ila 160 kHz);

Bazı yunuslar ve porpoises gibi yüksek frekanslı dişli balinalar (275 Hz - 160 kHz);

Contalar (50 Hz ila 86 kHz); Kürklü foklar ve deniz aslanları (60 Hz - 39 kHz). [34]

Bir kara memelisinin işitsel sistemi, tipik olarak ses dalgalarının kulak kanallarından aktarılması yoluyla çalışır. Mühürlerdeki, deniz aslanlarındaki ve morslardaki kulak kanalları kara memelilerinininkilere benzer ve aynı şekilde işlev görebilir. Balinalarda ve yunuslarda, sesin kulağa nasıl yayıldığı tamamen net değildir, ancak bazı çalışmalar sesin alt çenedeki alandaki dokular tarafından kulağa yönlendirildiğini kuvvetli bir şekilde ortaya koymaktadır. Bir balina grubu, Odontosetler (dişli balinalar), avlar gibi nesnelere konumunu belirlemek için eko-konumlandırmayı kullanır. Dişli balinalar ayrıca kulakların kafatasından ayrılması ve iyi bir şekilde

yerleştirilmeleri bakımından da olağandışıdır, bu da ekolojisi için önemli bir unsur olan lokalize seslere yardımcı olur.



Yunuslar

Çalışmalar, yunus popülasyonunda iki farklı koklea türü bulunduğunu bulmuşlardır. Tip I Amazon nehri liman yunuslarında ve limanlarında bulundu. Bu yunus türleri, yankı bulma için son derece yüksek frekans sinyalleri kullanır. Liman porpoezleri, biri 2 kHz'de ve biri 110 kHz'in üzerinde olmak üzere iki bantta sesler yayar. Bu yunuslardaki koklea, aşırı yüksek frekanslı sesleri barındıracak şekilde uzmanlaşmıştır ve tabanda oldukça dardır.[35]

Tip II koklea, özellikle şişe burunlu yunus gibi açık deniz ve açık su balina türlerinde bulunur. Şişe burunlu yunuslar tarafından üretilen sesler daha düşüktür ve tipik olarak 75 ila 150.000 Hz arasındadır. Bu aralıktaki daha yüksek frekanslar aynı zamanda yankı için kullanılır ve düşük frekanslar sinyaller daha uzak mesafelere giderken genellikle sosyal etkileşim ile ilişkilendirilir.

Deniz memelileri vokalizasyonları birçok farklı şekilde kullanırlar. Yunuslar tıklamalar ve ısıklarla iletişim kurarlar ve balinalar düşük frekanslı inleme veya darbe sinyalleri kullanır. Her sinyal frekans

açısından değişir ve farklı yönleri iletmek için farklı sinyaller kullanılır. Yunuslarda, objeleri tespit etmek ve nitelemek için ekoklokasyon, ısıklı sürülerde kimlik belirleme ve iletişim aracı olarak kullanılır.

REFERANSLAR

1. Marler, Peter (2004). *Nature's Music: The Science of Birdsong*. Academic Press Inc. p. 207. ISBN 978-0124730700.
2. Katz, Jack (2002). *Handbook of Clinical Audiology* (5th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 9780683307658.
3. RR Fay. 1988. *Hearing in Vertebrates: a Psychophysics Databook*. Hill-Fay Associates, Winnetka IL.
4. D Warfield. 1973. The study of hearing in animals. In: W Gay, ed., *Methods of Animal Experimentation, IV*. Academic Press, London, pp 43-143.
5. RR Fay and AN Popper, eds. 1994. *Comparative Hearing: Mammals*. Springer Handbook of Auditory Research Series. Springer-Verlag, NY.
6. CD West. 1985. The relationship of the spiral turns of the cochlea and the length of the basilar membrane to the range of audible frequencies in ground dwelling mammals. *Journal of the Acoustical Society of America* 77:1091-1101.
7. EA Lipman and JR Grassi. 1942. Comparative auditory sensitivity of man and dog. *Amer J Psychol* 55:84-89.
8. HE Heffner. 1983. Hearing in large and small dogs: Absolute thresholds and size of the tympanic membrane. *Behav Neurosci* 97:310-318.
9. Rosen, Stuart (2011). *Signals and Systems for Speech and Hearing* (2nd ed.). BRILL. p. 163. For auditory signals and human listeners, the accepted range is 20Hz to 20kHz, the limits of human hearing
10. Rossing, Thomas (2007). *Springer Handbook of Acoustics*. Springer. pp. 747, 748. ISBN 978-0387304465.
11. Olson, Harry F. (1967). *Music, Physics and Engineering*. Dover Publications. p. 249. ISBN 0-486-21769-8. Under very favorable conditions most individuals can obtain tonal characteristics as low as 12 cycles.
12. Ashihara, Kaoru (2007-09-01). "Hearing thresholds for pure tones above 16kHz". *The Journal of the Acoustical Society of America*. 122 (3): EL52–EL57. Bibcode:2007ASAJ..122L..52A. doi:10.1121/1.2761883. ISSN 0001-4966. The absolute threshold usually starts to increase sharply when the signal frequency exceeds about 15 kHz. ... The present results show that some humans can perceive tones up to at least 28 kHz when their level exceeds about 100 dB SPL.

13. Gelfand, Stanley (2011). *Essentials of Audiology*. Thieme. p. 87. ISBN 1604061553. hearing is most sensitive (i.e., the least amount of intensity is needed to reach threshold) in the 2000 to 5000 Hz range
14. Rodriguez Valiente A, Trinidad A, Garcia Berrocal JR, Gorriz C, Ramirez Camacho R (April 2014). "Review: Extended high-frequency (9–20 kHz) audiometry reference thresholds in healthy subjects". *Int J Audiol*. 53 (8): 531–545. doi:10.3109/14992027.2014.893375. PMID 24749665.
15. Dittmar, Tim (2011). *Audio Engineering 101: A Beginner's Guide to Music Production*. Taylor & Francis. p. 17. ISBN 9780240819150.
16. Moller, Aage R. (2006). *Hearing: Anatomy, Physiology, and Disorders of the Auditory System* (2 ed.). Academic Press. p. 217. ISBN 9780080463841.
17. Gelfand, S A., 1990. *Hearing: An introduction to psychological and physiological acoustics*. 2nd edition. New York and Basel: Marcel Dekker, Inc.
18. Sataloff, Robert Thayer; Sataloff, Joseph (February 17, 1993). *Hearing loss* (3rd ed.). Dekker. ISBN 9780824790417.
19. Rickye S. Heffner (2004), *Primate Hearing From a Mammalian Perspective* (PDF)
20. Heffner, Rickye S. (November 2004). "Primate Hearing from a Mammalian Perspective" (PDF). *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*. 281 (1): 1111–1122. doi:10.1002/ar.a.20117. PMID 15472899. Archived from the original (PDF) on 2006-09-19. Retrieved 20 August 2009.
21. Heffner, Henry E. (May 1998). "Auditory Awareness". *Applied Animal Behaviour Science*. 57 (3–4): 259–268. doi:10.1016/S0168-1591(98)00101-4.
22. Jump up to: a b Sunquist, Melvin E.; Sunquist, Fiona (2002). *Wild Cats of the World*. University of Chicago Press. p. 10. ISBN 0-226-77999-8.
23. Blumberg, M. S. (1992). "Rodent ultrasonic short calls: locomotion, biomechanics, and communication". *Journal of Comparative Psychology*. 106 (4): 360–365. doi:10.1037/0735-7036.106.4.360. PMID 1451418.
24. Heffner, Rickye S. (1985). "Hearing Range of the Domestic Cat" (PDF). *Hearing Research*. 19: 85–88. doi:10.1016/0378-5955(85)90100-5. PMID 4066516. Retrieved 20 August 2009.
25. "[Frequency Hearing Ranges in Dogs and Other Species](#)". www.lsu.edu. Archived from the original on 2017-08-10.

26. Condon, Timothy (2003). Elert, Glenn (ed.). "Frequency Range of Dog Hearing". The Physics Factbook. Retrieved 2008-10-22.
27. Hungerford, Laura. "Dog Hearing". NEWTON, Ask a Scientist. University of Nebraska. Archived from the original on 2008-10-19. Retrieved 2008-10-22.
28. Jump up to:a b Adams, Rick A.; Pedersen, Scott C. (2000). *Ontogeny, Functional Ecology, and Evolution of Bats*. Cambridge University Press. pp. 139–140. ISBN 0521626323.
29. Bennu, Devorah A. N. (2001-10-10). "The Night is Alive With the Sound of Echoes". Archived from the original on 2007-09-21. Retrieved 2012-02-04.
30. Richardson, Phil. "The Secret Life of Bats". Archived from the original on 2011-06-08. Retrieved 2012-02-04.
31. Lawlor, Monika. "A Home For A Mouse". *Society & Animals*. 8. Archived from the original on 2012-10-13. Retrieved 2012-02-04.
32. Beason, C., Robert. "What Can Birds Hear?". USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. Retrieved 2013-05-02.
33. Jump up to:a b Mayntz, Melissa. "Bird Senses – How Birds Use Their 5 Senses". *Birding / Wild Birds*. About.com. Retrieved 2012-02-04.
34. "[Seismic Surveys & Marine Mammals](http://www.iogp.org)". www.iogp.org. Retrieved 3 October 2018.
35. Ketten, D. R.; Wartzok, D. Thomas, J.; Kastelein, R. (eds.). "Three-Dimensional Reconstructions of the Dolphin Ear"(PDF). *Sensory Abilities of Cetaceans: Field and Laboratory Evidence*. Plenum Press. 196: 81–105. doi:10.1007/978-1-4899-0858-2_6. Archived from the original (PDF) on 2010-07-30.