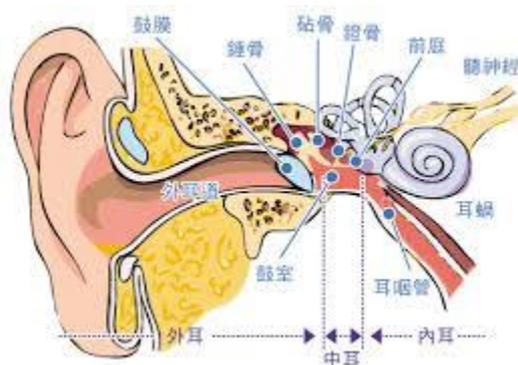


聽 覺



聽覺，是重要性僅次於視覺的感覺類型。如果我們閉上雙眼，請他人一次將一個不同幣值的硬幣丟在桌上，那麼只要單憑這些撞擊所發出的不同聲音，我們就不難區別何者為一元、五元或十元的硬幣。試想，沒有聲音的世界會是什麼樣子？沒有音樂、沒有風吹樹葉的颯颯、沒有溪水激石的潺潺、沒有鬧鐘的鈴響催人醒來、當然也就沒有說話的溝通！做任何事情，如果欠缺聲音的回饋，績效也將大打折扣。經驗老到的修車師傅單憑引擎聲響的不同，就能診斷車子的毛病所在。

我們常低估聽覺的影響，因為人們太倚賴視覺了，一般人總以為看不見比聽不到可憐，所以寧可失去聽覺也不願失去視覺。可是，真的是這樣嗎？記得曾經看到過一篇報導，有人請教海倫凱勒---一位非常知名且有成就的聾啞人士---「如果看不見和聽不到讓妳選擇，妳會選哪個？」令人意外的是，她選的是看不見。為什麼？她解譯說：看不見是切斷了你和外在世界的溝通，讓你生活在黑暗中，可是聽不到則是切斷了你和人們心靈的溝通，讓你生活在孤獨中！

聽覺刺激係指耳朵對機械能的反應，所謂機械能係指空氣中分子的壓力變化，如音叉、琴弦或聲帶等振動物，在振動時可造成周遭空氣分子的連續振動，而產生波的效果，是為聲波，此即聽覺刺激的來源。聲音的兩個重要特性為頻率和強度（或振幅），此外由於聲音很少是純音，因此，複雜度便成為聲音的第三個特性，說明如下：

1、聲波之頻率

聲音的「頻率」(frequency) 係指每秒鐘內壓力變化週期的次數，通常用 cps (cycles per second) 或 hertz (Hz) 表示。將頻率的單位命名為 hertz (赫茲)，乃是為了紀念德國物理學家 Heinrich Hertz。

倘若人類與生俱來的正常聽覺其敏感度再增加一些，那麼人們將會被在耳內空氣分子互相撞擊的運動聲響吵得難以安寧，並不見得是好事。人耳可以聽到的頻率範圍大約在 20 至 20,000 Hz 之間，通常超過 14,000 Hz 一般人即無法聽到，且並非對所有的頻率都有相同的敏感度。此外，人類與其他動物所聽到的頻率範圍亦不相同，例如，狗（可聽到 15 至 50,000 Hz）能聽到的一些高頻率的聲音就非人類所能及。由於低頻音能夠傳達到很遠的地方，所以獨來獨往的鯨魚，在求偶期靠發出的超低頻音才能在茫茫大海中找到牠的伴侶。

物理上的聲波頻率，在人耳的感受上稱為「音調」(pitch)，若振動頻率愈高，所感受到的音調也愈高。女性講話聲音的平均頻率高於男性，所以感覺上女性講話音調比較高，男性則比較低沉。

2、聲音之強度

聲音的另一個重要特性是它的「強度」(intensity)，也就「振幅」(amplitude)。聲波的振幅決定聲音的強弱，振幅愈大，聲音愈強。物理上的聲波振幅，在人耳的感受上稱為「響度」(loudness) 或音量 (volume)。

「貝爾」(Bel, 簡稱 B) 為量度聲音強度最基本的單位，係兩聲音強度比率的對數。而使用貝爾一詞乃為了紀念 Alexander Graham Bell。實用上因為貝爾的單位較大，通常是以「分貝」(decibel, 簡稱 dB, 即十分之一貝) 來表達，即 $1 \text{ dB} = 0.1 \text{ B}$ 。0 分貝係人耳對 1,000 Hz 純音的聽覺下絕對閾；大約 130 分貝可謂令人感到疼痛的上絕對閾；通常說話的聲音大約 60 分貝；超過 90 分貝的聲音若持續刺激一段期間，就會造成暫時性耳聾的現象。

3、複合音

除非利用儀器，否則很難看到單一波長的光線；同樣地，人也幾乎聽不到單一波長的聲音，即使是樂器所發出來的聲音也不是純音。例如，按壓鋼琴琴鍵時，不但會有基音 (fundamental tone)，同時也會包含各種倍數的倍音。那麼，為何鋼琴和小提琴演奏同樣音符時聽起來會有差異呢？那是因為不同種類樂器的聲音，其倍音數目的多寡和樂器結構不同之故。此種音樂的特質我們稱為「音色」(timbre)；藉著音色，人們才能辨認各種樂器所奏鳴出來的聲音。

所謂「複合音」(complex sounds) 係指由各種不同頻率與不同振幅的純音所組成的聲音。如果所組合的聲音呈現有規律的振動時，聽起來就有和諧感，此即「樂音」；反之，若混合的聲音為不規則的振動時，聽起來雜亂不會有和諧感，就成為「噪音」。

人的耳朵構造主要分成三大部分，即外耳、中耳和內耳；外耳司聲音收集，中耳司聲音傳導，而內耳則專司聲音之轉變為神經衝動，再經由聽覺神經而傳至腦部的聽覺中樞。

1、外耳

外耳的主要功能在於收集聲音，包括耳殼、聽道，而止於鼓膜。聽道長約 1 吋左右，由於其共鳴特性有助於耳朵的敏感度，使耳朵可以接收 2,000~5,000 Hz 的聲音；此外，聽道亦可增強大約 12 分貝的聲壓水準。個人聽力之好壞可用聽力計 (audiometer) 加以測量。

2、中耳

中耳以鼓膜為界。包括三個聽小骨，即錘骨、砧骨和鐙骨，均因其形狀而得名。此三塊聽小骨互相連接，而得以將鼓膜傳來之聲波傳到內耳之卵圓窗。鼓膜係由一層骨質薄膜所構成，由於聲波壓力之交替轉變，而使此鼓膜前後振動，於是經空氣傳導之聲波經此轉變為骨塊之傳導。而錘骨、砧骨和鐙骨剛好構成一槓桿以傳導聲波到內耳，其中鐙骨的作用有如卵圓窗的活塞，能夠將聲壓轉換成為內耳之液壓。由於鼓膜的面積較大，再加上聽小骨的槓桿作用，因此，聲壓傳到內耳大約被放大 22 倍左右。

3、內耳

內耳較為複雜，除職司傳導聲音之外，尚司平衡感覺；司平衡感覺的器官稱為前庭；而職司聽覺功能者主要為內部充滿液體的耳蝸。鐙骨將聲波傳到卵圓窗之後，卵圓窗的壓力會造成耳蝸內液體的振動，此一壓力在耳蝸內的卵圓窗消失。液體中壓力的改變會使耳蝸中的基膜產生振動，並將振動傳到 Corti 氏器官。Corti 氏器官包括毛狀細胞和神經末梢，它可以感覺微小的壓力變化，由神經末梢所接收的神經衝動再經由聽神經傳到腦部。

所謂人耳的聽覺能力可分以下二個部份說明：

1、聽力

人耳聽覺的絕對閾隨聲音來源的頻率和強度不同而異，聽力健全的人可聽到的聲音，頻率約在 20~20,000 Hz 之間，強度則在 0~130 分貝左右。

2、聲源定位 (localization of sound)

一隻蝙蝠可以利用其複雜微妙的音波探測系統，飛穿如迷陣般的吊圈在空中將飛蛾捕獲。人類雖然沒有如蝙蝠般高度演化的聽覺系統，但在某些程度上，人類也可以對於聲音加以定位；而事實上，有些盲人學習是利用聲音來探知障礙物的存在。由於人有雙耳，所以對於聲音來源(聲源)的定位(距離與方向的判定)又可分為單耳線索和雙耳線索兩種。

- 單耳線索 (monaural cues)：由單耳所獲得的線索，雖不能有效地判斷聲源的方位，但卻能有效地判斷聲源的距離。此乃因為聲音的強度會隨著距離的增加而減弱，所以耳朵愈靠近聲源則聲音愈大，反之則愈小。人類對於一些熟悉的聲音，如嬰兒哭聲、電話聲、汽車聲等，其遠近的判斷更為準確。
- 雙耳線索 (binaural cues)：單耳只能判斷聲音之遠近，而同時運用雙耳則可判別聲源的方向。如聲源來自側方(如右側)時，則兩耳接收到音波刺激的時間、強度和波壓自然會有些微差別，而這些差別(時間差、強度差和波壓差)即可作為判斷聲源方向的主要線索。然而，如果聲音來自正前方或正後方時，兩耳收聽的時間差、強度差和波壓差幾乎相同，但也因此構成「非在前即在後」的線索。此時，為求判斷正確，就會有「側耳傾聽」的動作出現。

一般而言，聽力障礙(耳聾)可區分為傳導性耳聾、神經性耳聾和中樞性耳聾三種。傳導性耳聾 (conduction deafness) 可能由於鼓膜損傷、外耳聽道堵塞、中耳發炎或聽小骨變性等原因所造成；神經性耳聾 (nerve deafness) 可能由於耳蝸或聽神經損傷所致；中樞性耳聾 (central deafness) 則可能由於腦部聽覺中樞損傷或精神方面問題所引起。上述三種失聰現象，以傳導性耳聾較易矯正，一般市售助聽器即針對此一症狀；至於神經性耳聾較難矯正，此種缺陷必須將聲音增幅 (amplification) 才可望改善，目前在發展中的「仿生電子耳」(bionic ear) 即是設法將電極直接植入耳內。

人們的聽覺能力或績效除了受到自身內部因素如年齡、聽力等的影響外，亦受到外部環境因素如遮蔽、噪音等的影響。噪音除了具有遮蔽效應外，亦很容易造成聽力的損傷，嚴重者甚至可導致耳聾。所謂遮蔽 (masking) 係由於聲音環境中某一聲音的存在而影響到耳朵對於接收另一聲音的敏感度削弱。換句話說，亦即由於遮蔽音 (masking sound) 的存在，而使受遮音 (masked sound) 的聽覺閾值提高。而遮蔽效應 (effects of masking) 係指某一聲音 (受遮者) 在有無遮蔽音兩種情況下的絕對閾之差。遮蔽效應的概念在聽覺顯示器的設計和選用上相當重要，必須加以注意，有關遮蔽效應的例子在日常生活中到處可見，例如頭髮吹風機的聲音掩蓋掉電話的鈴聲，引擎的聲音遮蔽了說話的聲音等。