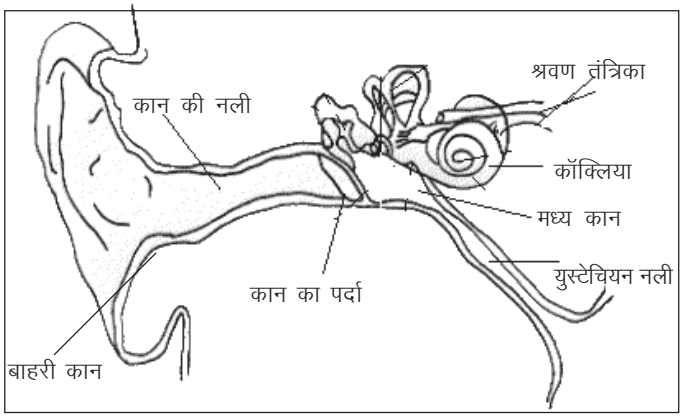
हमारा कान आवाज़ों को पहचानने में माहिर है

एस. अनंतनारायणन

हम काफी सारा पैसा इस बात पर खर्च करते हैं कि हमारे साउंड सिस्टम, ध्वनि विस्तारक यंत्र (एम्प्लीफायर्स) और स्पीकर्स आवाज़ में विकृतियां पैदा न करें। हम चाहते हैं कि ये सारे यंत्र मूल आवाज़ के प्रति वफादार रहें। मगर मज़ेदार बात यह है हमें सुनने के लिए ज़रूरी है कि ध्वनि को थोड़ा बिगाड़ा जाए और हमारा कान यह काम नपी-तुली मात्रा में करता है।



फ्रांस के वैज्ञानिक क्रिस्टीन पेटिट और पौल एवान ने यह पता लगाया है कि ध्वनि में ये विकृतियां पैदा करने वाली व्यवस्था का जेनेटिक आधार क्या है। यदि यह व्यवस्था न हो तो श्रवण शक्ति में नुकसान होता है और यहां तक कि पूर्ण बहरापन भी पैदा हो सकता है। शोधकर्ताओं ने उस प्रोटीन को खोज निकाला है जो हमारे अंदरुनी कान को ध्वनि में विकृतियां पैदा करने में समर्थ बनाता है। इसी के चलते हम विभिन्न ध्वनियों के बीच भेद कर पाते हैं और वाणी को समझ पाते हैं।

आवाज़ को बारीकी से पकड़ने का काम हमारे आंतरिक कान या कॉक्लिया में होता है। जब आवाज़ कान तक पहुंचती है, तो सबसे पहले बाहरी कान उसे पकड़ता है और कान में उपस्थित एक नलिका द्वारा कान के पर्दे तक पहुंचाता है। यह पर्दा एक अत्यंत महीन झिल्ली होती है जिस पर ध्वनि के कंपन टकराते हैं, तो वह कंपित हो जाती है। इस पर्दे के कंपनों को आंतरिक कान या कॉक्लिया तक पहुंचाने का काम एक महीन हड्डीनुमा रचना द्वारा किया जाता है।

कॉक्लिया करीब 3.5 से.मी. लंबी कुंडलाकार नली होती है। बाहर की ओर यह मोटी होती है मगर अंदर जाते हुए पतली होती जाती है। इसी नलिका के माध्यम से ध्वनि ऊर्जा को अंदर स्थानांतरित किया जाता है। विभिन्न आवृत्ति की ध्वनियां कॉक्लिया के अलग-अलग हिस्से पर अनुनाद पैदा करती हैं। कॉक्लिया पर मौजूद छोट-छोटी रोमिल रचनाएं इस ध्वनि को पकड़ती हैं। यहां ध्वनि के कंपनों को विद्युत संकेतों में बदला जाता है और तंत्रिकाओं के माध्यम से मस्तिष्क तक पहुंचाया जाता है।

रोचक बात यह है कि रोम कोशिकाओं की ध्वनि कंपनों के प्रति अनुक्रिया रैखीय न होकर गैर-रैखीय होती है।

गैर-रैखीय अनुक्रिया

एक अच्छी साउंड सिस्टम की निशानी यह होती है कि वह ध्वनि की सारी आवृत्तियों को एकरूप ढंग से बढ़ाए ताकि ध्वनि को ऊंचा करते समय उसकी गुणवत्ता में कोई अंतर न आए। मूल ध्वनि में उपस्थित सारी आवृत्तियों को बराबर-बराबर बढ़ाना अच्छे एम्प्लीफायर की खूबी होती है।

इस बात को समझने के लिए यह देखें कि कोई भी ध्वनि अलग-अलग आवृत्तियों के कंपनों से मिलकर बनी होती है। जब ये आवृत्तियां एक साथ निकलती हैं तो ध्वनि को एक विशेष गुण हासिल होता है। उदाहरण के लिए एक सुर को बांसुरी पर बजाया जाए और उसी सुर को पियानो पर बजाया जाए तो उनकी आवाज़ अलग-अलग होती हैं, हम उन्हें अलग-अलग पहचान लेते हैं। मज़ेदार बात यह है कि जहां बांसुरी से निकला सुर लगभग शुद्ध होता है वहीं पियानो से एक आवृत्ति नहीं बल्कि उस आवृत्ति के हार्मोनिक्स

भी साथ ही पैदा होते हैं।

अब यदि बांसुरी और पियानो की ध्वनियों को एम्प्लीफाय करना हो तो उनकी सारी आवृत्तियों को एम्प्लीफाय करना होगा। यदि किसी एक आवृत्ति को कम और दूसरी को ज़्यादा एम्प्लीफाय किया गया तो ध्वनि की गुणवत्ता बदल जाएगी - बांसुरी बांसुरी जैसी सुनाई नहीं पड़ेगी और पियानो पियानो जैसा सुनाई नहीं पड़ेगा। इसलिए साउंड सिस्टम में इस बात पर बहुत ध्यान दिया जाता है कि वह सारी आवृत्तियों को बराबर एम्प्लीफाय करे। यह नहीं हो सकता कि वह कम या ज़्यादा आवृत्ति वाली ध्वनियों को अलग-अलग स्तर तक एम्प्लीफाय कर दे। इस तरह के एम्प्लीफिकेशन को रैखीय एम्प्लीफिकेशन कहते हैं।

मगर कॉक्लिया के संदर्भ में देखा गया है कि एम्प्लिफिकेशन एकरूप नहीं होता। कॉक्लिया स्पष्ट रूप से गैर-रैखीय एम्प्लिफिकेशन करता है। इसका कारण यह लगता है कि कॉक्लिया का काम मात्र यह नहीं है कि वह आवाज़ों को ऊंचा कर दे। कॉक्लिया तो ध्वनियों की अलग-अलग पहचान करने और उनके बीच भेद करने का काम करने के लिए बना है। इस काम के लिए सिर्फ सभी आवृत्तियों के एकरूप एम्प्लिफिकेशन से काम नहीं चलता।

गैर-रैखीयता के फायदे

गैर-रैखीय एम्प्लिफिकेशन का एक उपयोग सुरों को शुद्ध बनाने में है। बहुत पास-पास की आवृत्तियों वाली ध्वनियों में कई बार ऐसा होता है कि एक आवृत्ति की ध्वनि दूसरी को दबा देती है। यदि इन आवृत्तियों का अलग-अलग स्तर तक एम्प्लिफिकेशन किया जाए तो एक आवृत्ति उभर आएगी जबकि दूसरी गुम हो जाएगी।

गैर-रेखीय एम्प्लिफिकेशन में एक और बात हो सकती है - इसके ज़रिए दो या अधिक मूल आवृत्तियों के मेल से कोई नई ध्वनि तैयार की जा सकती है। इस प्रक्रिया के ज़रिए उन आवृत्तियों को पहचानने में मदद मिलती है जो आपकी श्रवण शक्ति की रेंज से बाहर हैं। इससे ध्वनि की गुणवत्ता को बेहतर समझने में मदद मिलती है।

इसके अलावा, गैर-रेखीय एम्प्लिफिकेशन के द्वारा दो लगभग एक-जैसी ध्वनियों की तीव्रता और आवृत्ति के बीच स्पष्ट भेद करने में भी मदद मिलती है। हालांकि गैर-रेखीय एम्प्लिफिकेशन नई ध्वनियां पैदा करता है मगर यह हमारे कान की कोई खामी नहीं है बल्कि यह उसकी एक खूबी है जिसकी बदौलत उसकी श्रवण की रेंज बढ़ती है और आवाज़ों के बीच भेद करने में मदद मिलती है।

कॉक्लिया में विभिन्न आवृत्तियों को ग्रहण करने के स्थान

श्रवण की प्रकृति का अध्ययन 1940 के दशक में जॉर्ज फॉन बेकेसी ने किया था। उन्होंने पाया था कि कॉक्लिया की पूरी लंबाई पर स्थित रोम कोशिकाएं ध्वनि की अलग-अलग आवृत्तियों के प्रति संवेदी हैं। उन्हें इस शोध के लिए नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था। इसके कुछ वर्षों बाद 1948 में एक भौतिक शास्त्री थॉमस गोल्ड ने तर्क किया कि यदि कॉक्लिया में प्रवेश करने और आगे बढ़ने वाली ध्वनि के प्रति कॉक्लिया की अनुक्रिया शुद्धतः मात्र एक एम्प्लिफायर की हो, तो उसका काम बहुत सीमित रह जाएगा। गोल्ड के मुताबिक कॉक्लिया मात्र एक निष्क्रिय उपकरण की तरह नहीं बल्कि एक सक्रिय सहभागी की तरह ध्वनि के साथ अंतर्क्रिया करेगा और उसमें अपनी ओर से ऊर्जा जोड़ेगा।

1978 में डेविड कैम्प ने कॉक्लिया में इस बात को खोज निकाला। उन्होंने पाया कि एक मूल ध्वनि के आधार पर कॉक्लिया नई ध्वनियां सृजित कर सकता है जो पहले मौजूद नहीं थीं। इन ध्वनियों को ओटोएकूस्टिक ध्वनियां कहते हैं। अब इन्हें शिशुओं और बच्चों में श्रवण क्षमता की जांच की मानक कसौटी माना जाता है। ऐसा देखा गया है कि ओटोएकूस्टिक ध्वनि उत्सर्जन अनुपस्थित हो तो आगे चलकर श्रवण सम्बंधी गंभीर अक्षमता पैदा होती है, और बधिरता तक पैदा हो सकती है। यह काफी आसान-सा परीक्षण है।

ध्वनि का स्रोत

पता चला है कि ओटोएकूस्टिक ध्वनियां बाहरी रोम

कोशिकाओं से पैदा होती हैं। ये रोम कोशिकाएं ध्वनि संवेदी व्यवस्था का अंग हैं। ये बाहरी रोम कोशिकाएं कॉक्लिया की झिल्ली पर पहुंचने वाले कंपनों को एम्प्लिफाय करती हैं और आंतरिक रोम कोशिकाएं संवेदी सूचनाओं को मस्तिष्क तक पहुंचाती हैं। बाहरी रोम कोशिकाओं की क्रिया इन कोशिकाओं पर रोम नुमा उभारों के ज़रिए सम्पन्न होती है। इन रोमों को स्टीरियोसिलिया कहते हैं। गैर-रेखीय अनुक्रिया का सम्बंध इन्हीं स्टीरियोसिलिया से है।

फ्रांस के उपरोक्त वैज्ञानिकों ने पता लगाया है कि एक प्रोटीन स्टीरियोसिलिन इन रोमों को यह क्षमता प्रदान करता है कि वे गैर-रेखीय यांत्रिक अनुक्रिया दे सकें। यह गैर-रेखीय अनुक्रिया ही सामान्य श्रवण के लिए ज़रूरी मानी जाती है।

उक्त शोधकर्ताओं ने जेनेटिक इंजीनियरिंग की मदद से कुछ ऐसे चूहे तैयार किए जिनमें स्टीरियोसिलिन नहीं बनता था। इन चूहों पर प्रयोगों के माध्यम से वे यह दर्शा पाने में सफल रहे हैं कि इस प्रोटीन की मात्रा और विभिन्न आवृत्तियों व आयामों वाली ध्वनियों की श्रवण क्षमता में सीधा सम्बंध है। वे यह भी दिखा पाए हैं कि कॉक्लिया द्वारा अलग-अलग आवृत्ति की ध्वनि तंरगों के पैटर्न में विकृति पैदा करने की क्षमता मूलतः बाहरी रोम कोशिकाओं के रोमों में हिलने-डुलने पर निर्भर कठोरता के कारण पैदा होती है। और यह कठोरता स्टीरियोसिलिन की उपस्थिति की वजह से पैदा होती है।

इस खोज को श्रवण क्रिया को समझने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम माना जा सकता है। इसके आधार पर हमें श्रवण सम्बंधी अक्षमता का प्रबंधन करने में मदद मिलेगी। ***(स्रोत फीचर्स)***