

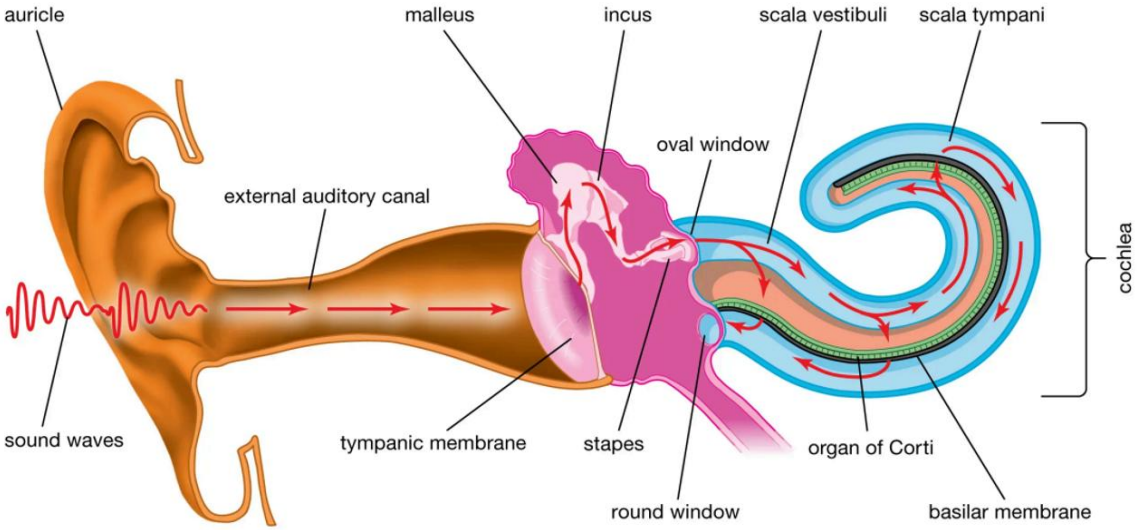
SATBAYEV UNIVERSITY

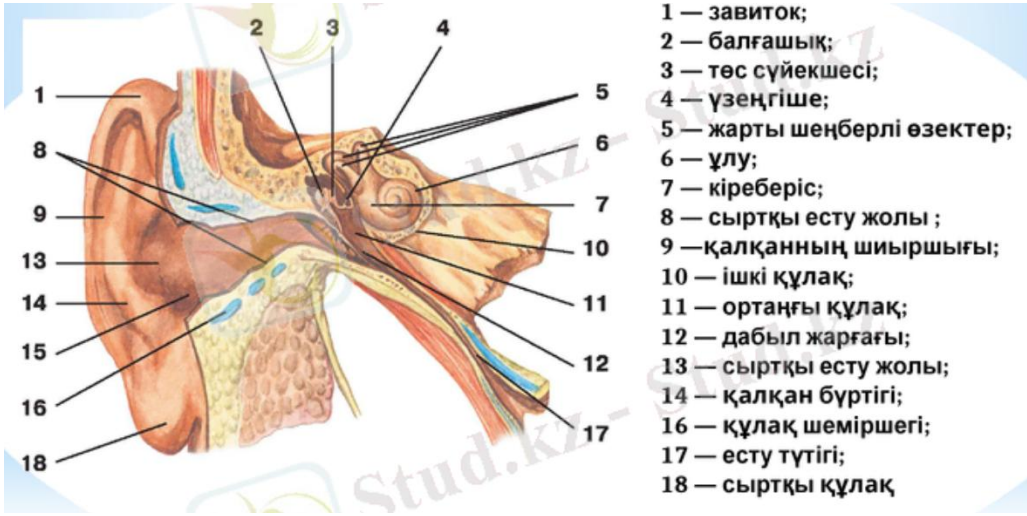
Алимбаев Чингиз Абдраимович

Биомеханика

Дәріс №11. Есту жүйесінің биомеханикасы. Есту аппаратының құрылысы мен жұмысы. Құлақ пен оның құрылымдарының механикалық қасиеті

ҚҰЛАҚТЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ





Есту механизмі дыбыс толқындарының құлақ арқылы өтіп, мида дыбыс ретінде танылуынан тұрады. Дыбыс толқындары сыртқы ортада ауа молекулаларының тербелісінен пайда болады. Бұл тербелістер алдымен құлақ қалқанына жетеді (auricle). Құлақ қалқаны дыбысты жинап, оны сыртқы дыбыс жолы (external auditory canal) арқылы ішке қарай бағыттайды. Бұл арна бойымен қозғалған дыбыс толқыны дабыл жарғағына (tympanic membrane) келіп соғылады. Дабыл жарғағы дыбыс толқынының қысымына байланысты алға-артқа қозғала бастайды.

Дабыл жарғағының қозғалысы одан әрі ортаңғы құлақтағы үш кішкентай сүйекке беріледі: балғашық (malleus), төс (incus), және үзеңгі (stapes). Бұл сүйек тізбегі дыбыс энергиясын күшейтіп, механикалық тербелісті тиімді түрде ішкі құлаққа тасымалдайды. Үзеңгі тәрізді сүйек өз қозғалысын ішкі құлақтың кіреберісіндегі жұқа жарғаққа (oval window) өткізеді.

Үзеңгі тәрізді сүйек жұқа жарғаққа қысым жасаса, ішкі құлақтың сұйыққа толы бөлігінде (cochlea) толқындар пайда болады. Cochlea ішінде екі арна бар: scala vestibuli және scala tympani. Stapes қозғалысынан scala vestibuli ішіндегі перилимфа сұйықтығында толқын жүреді, ал толқын cochlea бойымен жүргенде сұйық қысымы basilar membrane деп аталатын жұқа мембрананы тербелтеді. Basilar membrane үстінде орган of Corti орналасқан. Бұл құрылымда дыбысты сезетін түкті жасушалар бар.

Basilar membrane тербелгенде орган of Corti ішіндегі түкті жасушалардың «түктері» қозғалады. Бұл қозғалыс механикалық энергияны жүйке импульсына айналдырады. Осы импульстар cochlear nerve бойымен миға, әсіресе ми бағанына және одан әрі primary auditory cortex бөліміне жеткізіледі. Мида бұл импульстар өңделіп, біз оны дыбыс ретінде қабылдаймыз.

Есту — бұл дыбыс толқындарының сыртқы ортадан құлақ арқылы қабылданып, жүйке импульстарына айналып, мида дыбыс ретінде танылу процесі.

Дыбыс — ауа молекулаларының қысым тербелісі.

Толқын жиілігі (frequency, Hz) — дыбыс биіктігін (pitch) анықтайды.

Толқын амплитудасы — дыбыстың қаттылығын (loudness) анықтайды.

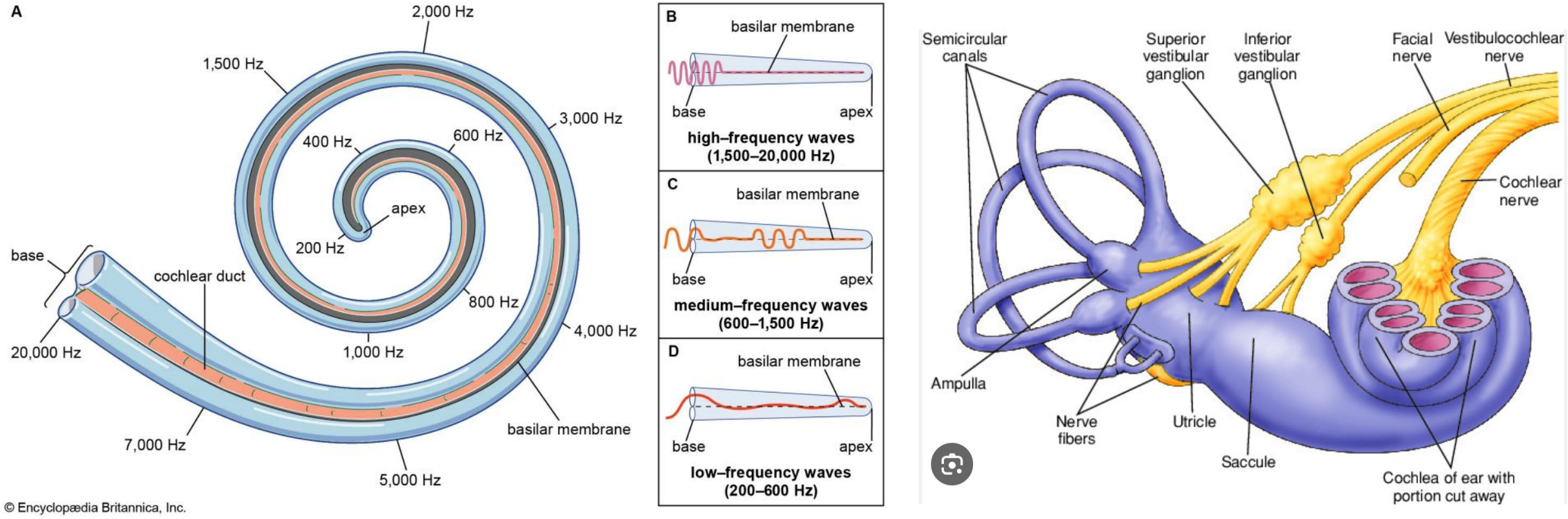
Естілетін дыбыстар диапазоны: 20–20 000 Гц, ең сезімтал аймақ — 1000–4000 Гц.

Қатты дыбыстар 130 дБ-ден жоғары болса, ауырсыну тудырады.

Ішкі құлақта дыбыс stapes табанының oval window үстіндегі қозғалысынан басталады. Stapes алға-артқа тербелген кезде scala vestibuli ішінде орналасқан perilymph деген сұйықта қысым толқындары пайда болады. Бұл толқындар cochlea бойымен жоғары арна арқылы жүріп, оның ұшындағы helicotrema арқылы scala tympani деп аталатын төменгі арнаға өтеді. Толқын scala tympani бойымен жүріп round window деген жарғаққа жеткенде әлсіреп, сыртқа ығысады.

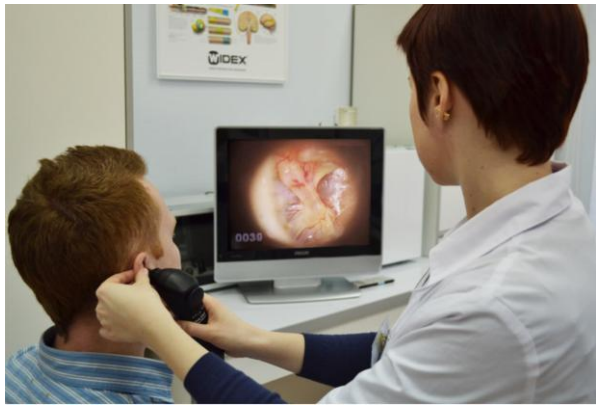
Scala vestibuli мен scala tympani ішіндегі осы толқын қозғалысы cochlear duct ішіндегі endolymph сұйықтығына да беріледі. Cochlear duct-тың төменгі бөлігі basilar membrane деп аталады, ол сұйық қысымына жауап ретінде әртүрлі аймақтарында тербеледі. Basilar membrane тербелген кезде оның үстінде орналасқан organ of Corti де бірге қозғалады. Organ of Corti-де сезімтал түкті жасушалар бар, олар tectorial membrane деген құрылымға жанасып тұрады. Basilar membrane қозғалғанда түкті жасушалар иіліп, жүйке импульстары пайда болады. Бұл импульстар cochlear nerve арқылы миға беріледі және ми оларды дыбыс ретінде қабылдайды.

Cochlea ішіндегі дыбыстың таралуы әрбір жиіліктің белгілі бір жерге әсер ететінін көрсетеді. Cochlea-ның басы base деп аталады, ал ортасы мен ұшы apex деп аталады. Base бөлігі қатты және жіңішке, сондықтан 15 000–20 000 Hz сияқты жоғары жиіліктерге жауап береді. Ортаңғы бөліктер 600–1500 Hz аралығындағы орта жиіліктерге жауап береді. Apex бөлігі кең және жұмсақ, сондықтан 200–600 Hz сияқты төмен жиіліктерге жауап береді.



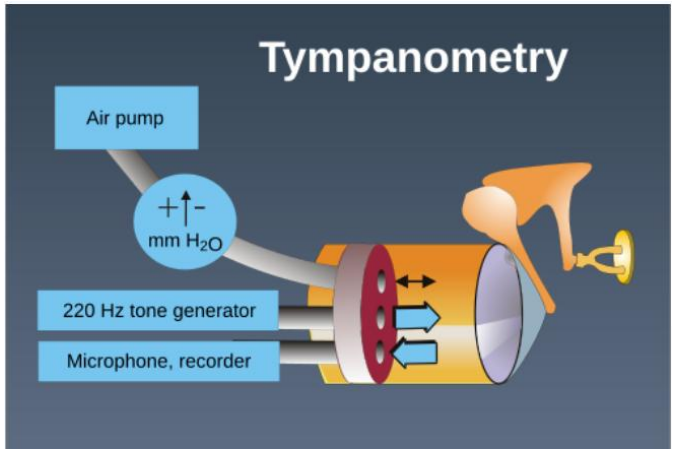
Диагностикалық аппараттар

Видео-отоскопия



Аудиометрия





Импедансометрия



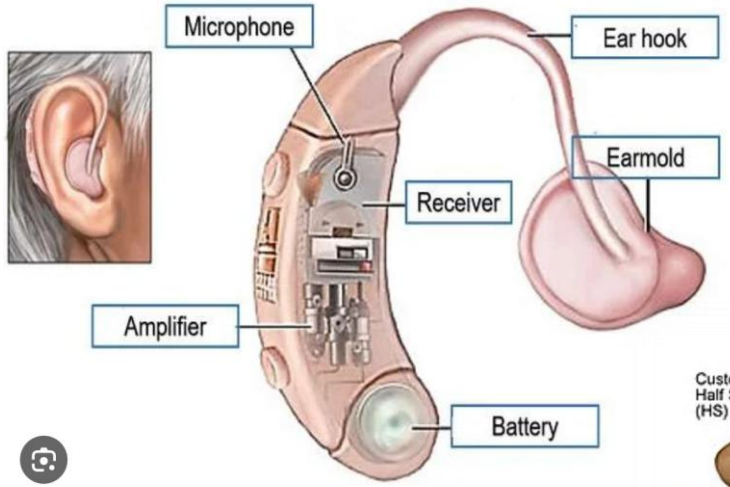
Есту миының реакциясы

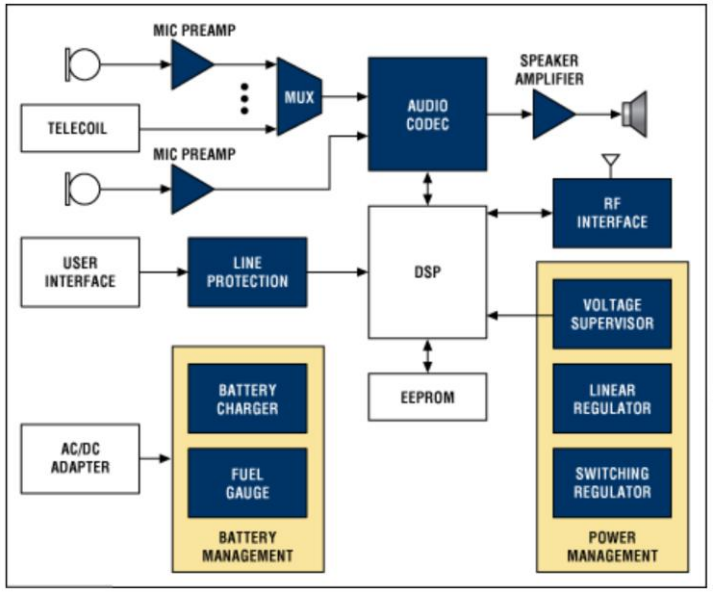


Отоакустикалық эмиссия

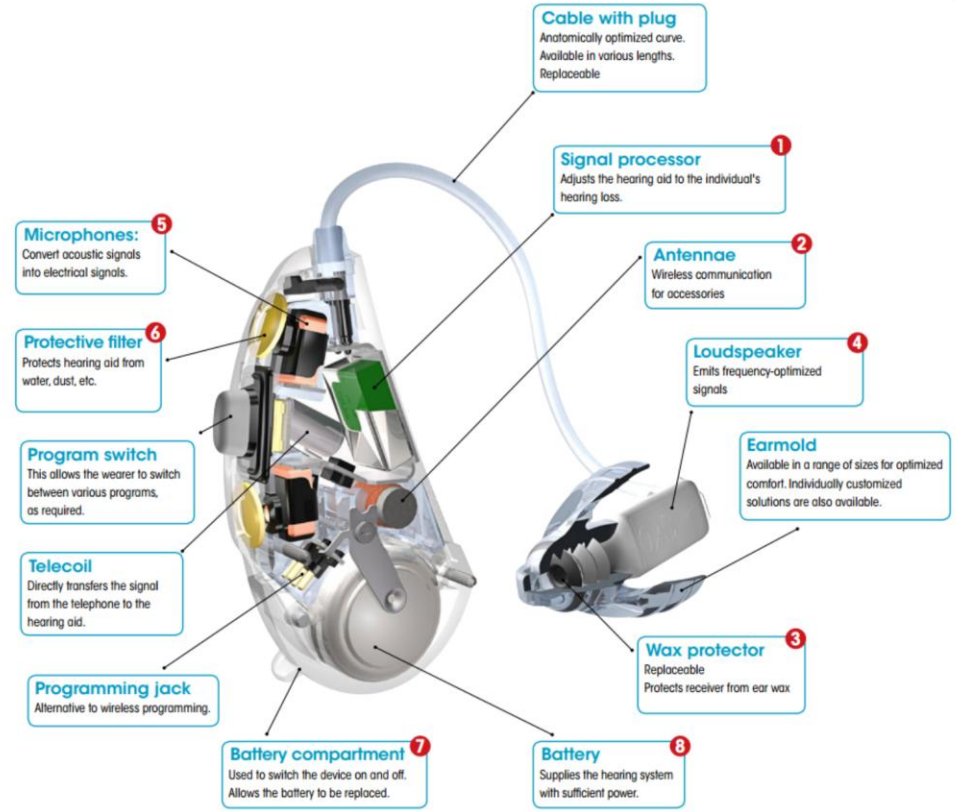


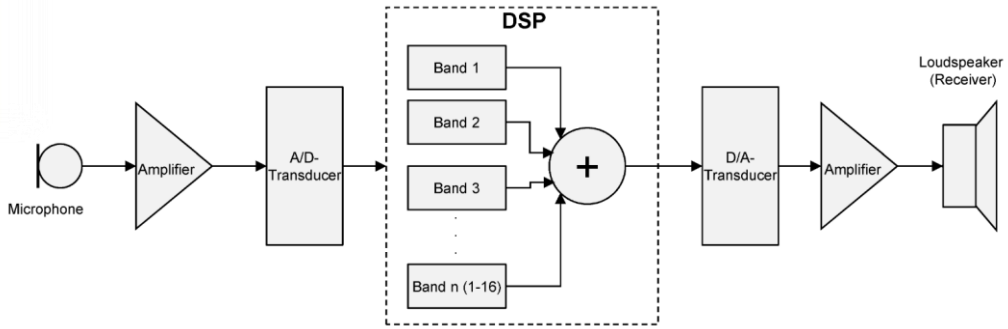
ЕСТУ АППАРАТТАРЫ











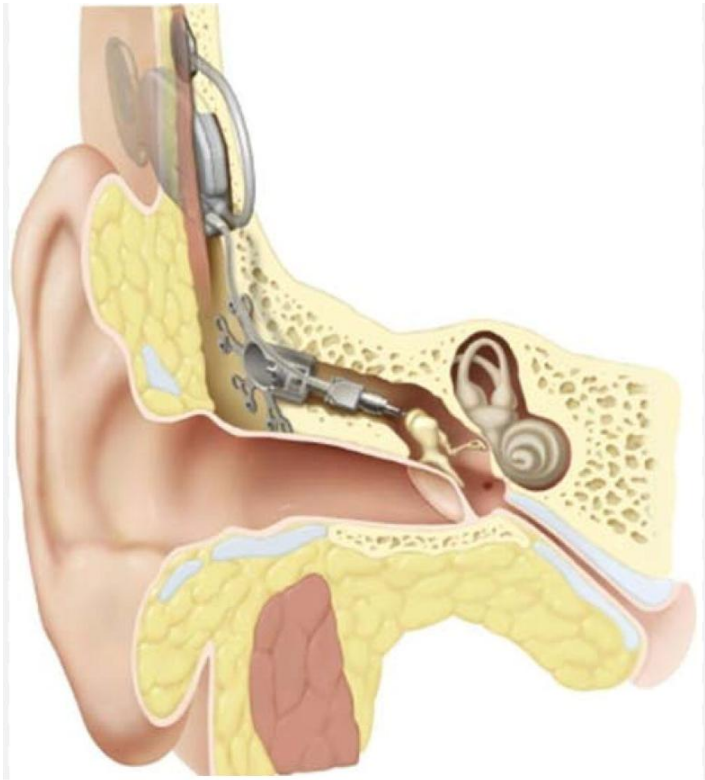
Есту аппараттарының салыстырмалы кестесі

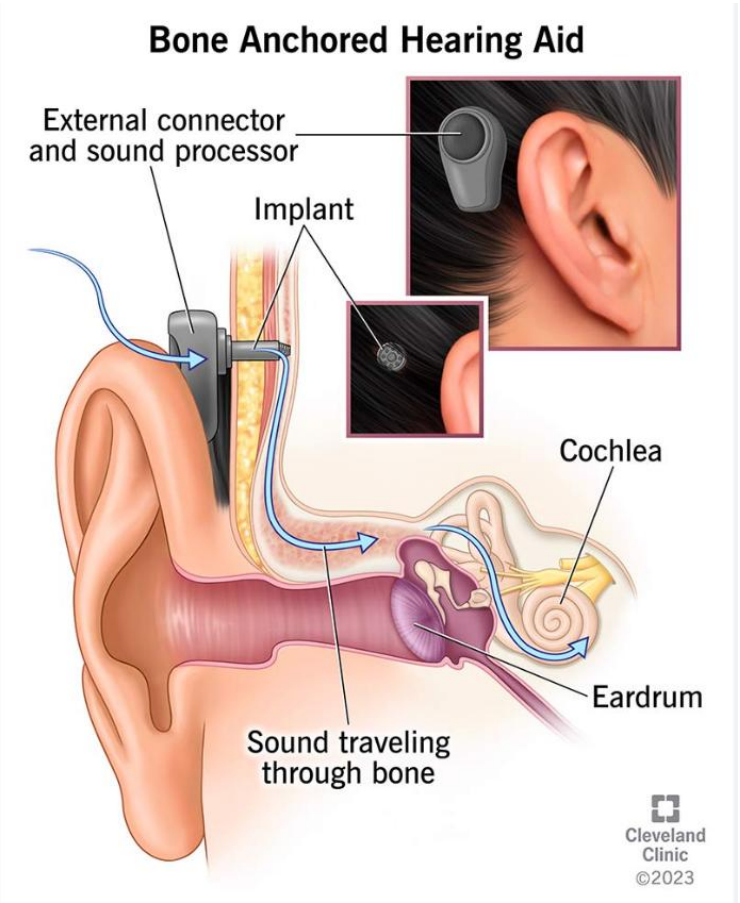
Аппарат түрі	Орналасуы	Көрінуі	Қуаты	Дыбыс сапасы	Батарея өлшемі	Bluetooth қолдауы	Ұсынылады
Half Shell (HS)	Құлақ ішінде (сыртқы бөлік)	Орташа көрінеді	Орташа	Жақсы	Үлкен батарея	Мүмкін	Жеңіл–орташа ест жоғалту
In-The-Ear (ITE)	Құлақ ішінде толық	Көрінеді	Жоғары	Жақсы, функционал көп	Үлкен 312 немесе 13	Иә	Орташа–ауыр
In-The-Canal (ITC)	Каналға жартылай кіреді	Аз көрінеді	Орташа	Табиғи	312 немесе 10	Кейде	Жеңіл–орташа
Mini-Canal (MC)	Каналдың ішкі бөлігі	Өте аз көрінеді	Төмен–орташа	Табиғи	Өте кішкентай	Жоқ	Жеңіл
Completely-in-Canal (CIC)	Толық канал ішінде	Өте жасырын	Төмен–орташа	Табиғи + бағытты эффект	10	Жоқ	Жеңіл–орташа
Invisible-in-Canal (IIC)	Каналдың ең тереңінде	Мүлдем көрінбейді	Төмен	Ең табиғи	10 немесе 5	Жоқ	Тек жеңіл
Power BTE	Құлақ арты	Айқын көрінеді	Өте жоғары	Күшті, тұрақты	Үлкен 13 немесе 675	Иә	Ауыр–өте ауыр
Standard Open-Fit BTE	Құлақ арты	Орташа	Орташа	“Бітелу” сезімі жоқ	312	Иә	Жеңіл–орташа, пресбиакусис
RIC BTE (Receiver-in-Canal)	Құлақ арты + динамик каналда	Аз көрінеді	Жоғары	Ең жоғары (динамик құлақ ішінде)	312 немесе аккумулятор	Иә	Жеңіл–ауыр
CIC-RM	CIC + сыртқы микрофон	Жасырын	Орташа	Өте табиғи + шу аз	10	Иә	Жеңіл–орташа
ITC-RM	ITC + сыртқы микрофон	Аз көрінеді	Орташа–жоғары	Жоғары	312	Иә	Жеңіл–орташа
HS-RM	HS + сыртқы микрофон	Орташа көрінеді	Жоғары	RIC-ке жақын	312, 13	Иә	Орташа–ауыр

Есту миының имплантаты



Ортаңғы құлақ импланты





Сүйекпен бекітілген есту жүйелері