

FM輔具認識、使用與維護

婦聯聽障文教基金會 邱文貞 聽力師

聽覺輔助科技

Hearing Assistive Technology

紅外線

近場磁感應

藍芽

遠距麥克風 Remote Mic + 無線科技 Wireless Technology

數位調變

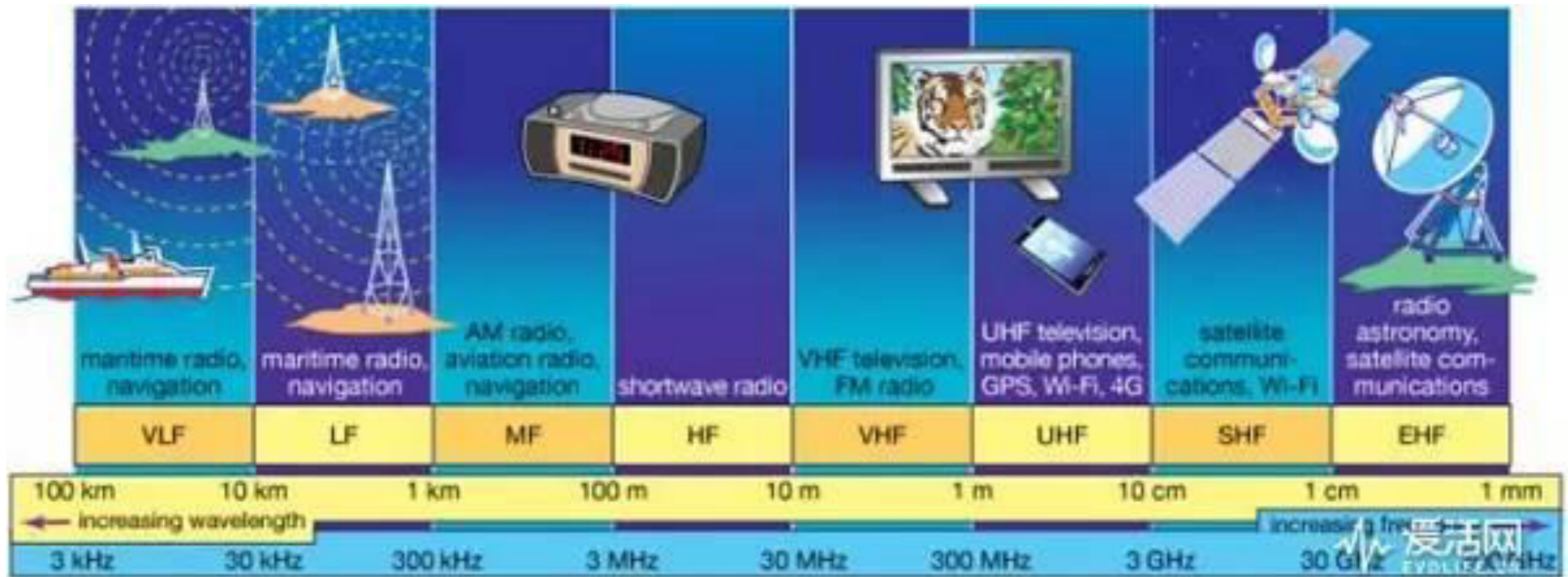
感應線圈

調頻系統

FM

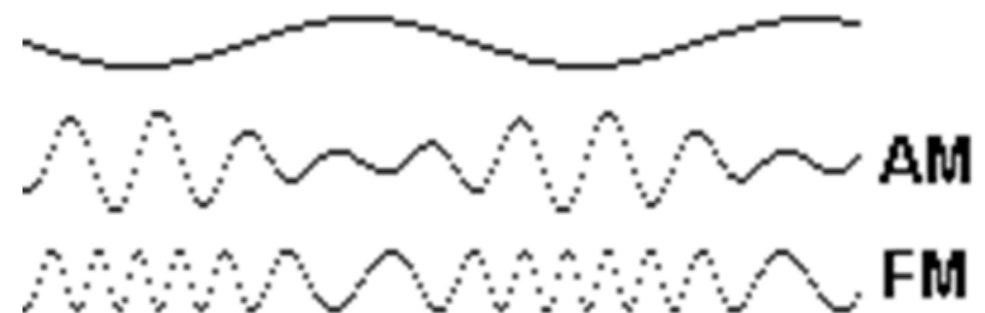
無線電波

- 在空氣或真空中傳播的電磁波(3kHz-300GHz)。
- 依其頻率範圍可劃分八個波段。



調頻系統

- Frequency Modulation System
- 利用無線電波來傳遞聲音訊號的一種聽覺輔助科技。
- 利用頻率調變技術將訊號和載波合成電波訊號。
- 屬於類比調變技術。



調頻系統的運作



調頻系統適用的射頻頻段

- 根據台灣電信法規：低功率射頻電機技術規範
 - 72-73 MHz（現在多已不用了！）
 - 216-217 MHz

頻道劃分範例

頻道	MHz
CH 01	216.0125
CH 02	216.0375
CH 04	216.0875
CH 05	216.1125

不同廠家頻道號碼

Appendix 1 – 216 Frequency Compatibility (significant only if using the Microphone-Restricted Integration method)

216 MHZ FREQUENCY	Oticon T5	Oticon T10	PHONAK	OTICON AMIGO T20/T21/T30/T31	PHONIC EAR RADIUM SF	FRONTROW TOGO SF
215.9875			N31			
216.0125	01	1	N01	01		
216.0375	02	2	N02	02		
216.0750	42	42		42	42	42
216.0875	04		N04	04		
216.1125	05		N05	05		
216.1875	08		N08	08		
216.2125	09		N09	09		
216.2250	45	45		45	45	45
216.2750	46					46
216.2875	12	12	N12	12		
216.2750					46	
216.3125	13		N13	13		
216.3250					47	47
216.3750	48	48		48	48	48

頻道使用原則

- 一次只能使用一個頻道**發射**訊號！
- 多位使用者可以選擇同一頻道**接收**訊號。
- 發射器與接收器使用**相同頻道**才能接收。



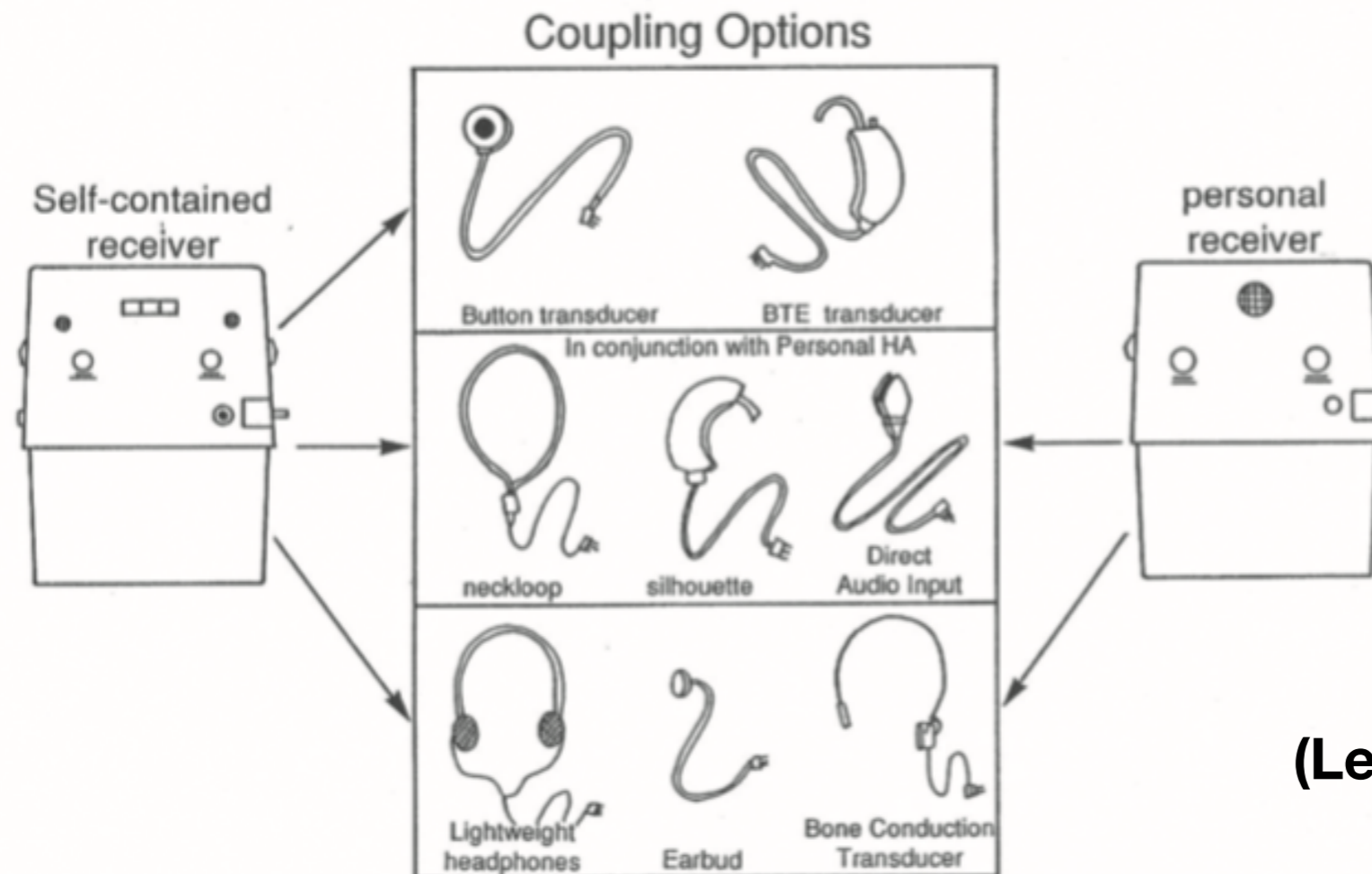
頻道干擾

- 兩個或以上的發射器同時使用相同頻道！
- 環境中的干擾：高壓電塔、無線電波...
- 頻道間的干擾

頻道	使用頻率 MHz	干擾頻道
CH 01	216.0125	N42,N02,N04,
CH02	216.0375	N42,N01,N04,N05,
CH04	216.0875	N42,N05,N01,N02,N08,N09,N45

最早的 Personal FM

- 1968年 Phonic Ear 公司研發。
- 口袋式/體配式接收器：**有線連接**至個人助聽輔具。



(Lewis, 2008)

口袋式接收器

- 優點：
 - 不易遺失
 - 適用於無個人助聽輔具者
- 限制：
 - 調整參數限制
 - 美觀問題
 - 不便利/有線



輕便體配式接收器

- 體積變小 / 耳機輕便化
- 適用對象：（聆聽輔具）



(Phonak isense)

FM 使用對象

- 聽損者
- 聽覺處理缺損 Auditory processing deficits
- 學習障礙
- ANSD
- 語言遲緩/障礙
- 注意力缺損
- 第二外語

自足式FM接收助聽器

- 將FM接收器內建於耳掛式助聽器。
- 最早出現於1992年。
- 體型較大，且含有外接天線。
- 價格高，維修成本亦高。



內建無線射頻接收

- Starkey (900 MHz)
- Cochlear (2.4G z)



Starkey SurfLink
Remote mic



Cochlear Wireless
Mini Microphone 2/2+

最早出現的迷你FM接收器

- 1996年，Phonak 公司研發。
- 因為可以使用 **216-217** MHz頻段。（之前使用72-76MHz 頻段)
- 只能給特定助聽器使用—**特定型接收器**。



特定型接收器

- Dedicated receiver
- 限定特定型號的助聽輔具使用。
- 常被稱為一體成型（不需音靴或介面）、但可拆卸。
- 目前輔具中心未核發。



最早出現的通用型FM接收器

- Universal receiver
- 2000年，Phonak 公司研發。
- 屬於單頻道接收器：無法變更接收頻道。
- 使用歐規的三個插角。
- 無線連接於助聽器，需要音靴。
- 有線連接於人工電子耳，需要專用介面。



多頻道FM接收器

- 指可以變更接收頻道的接收器。
- 2003年，Phonak 公司研發。
- 方便學童接收不同發射頻道的訊號。



Phonak MLX



Phonak MLxS



Phonak MicroMLXS

單頻道/多頻道？

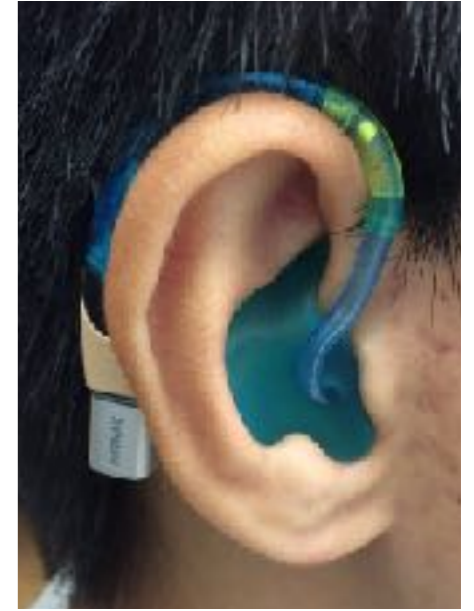


直接音響輸入

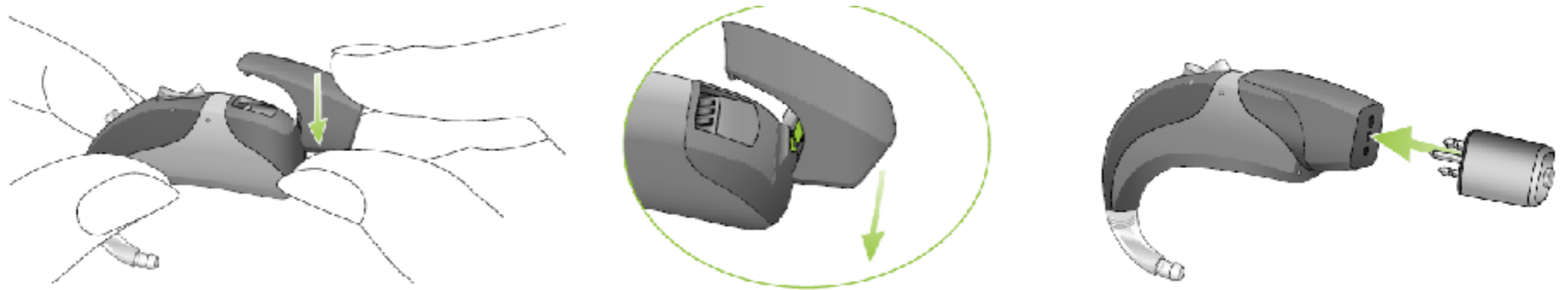
- Direct Audio Input，簡稱 **DAI**。
- 外接音源的**金屬接點**。
- 很容易鏽蝕而影響聲音訊號接收。



音靴

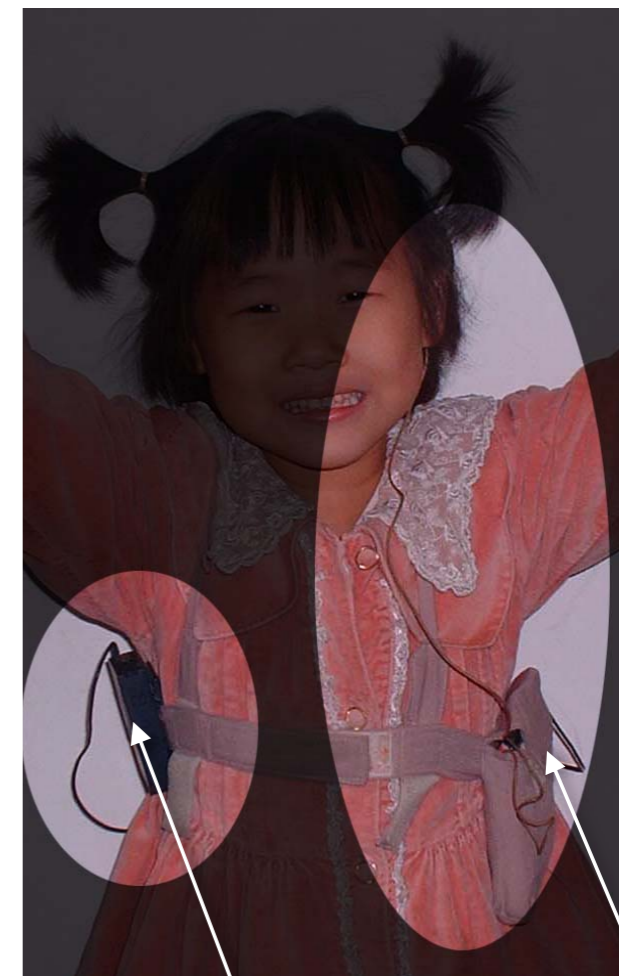


- Audio-boot / Audio-shoe
- 不同廠牌、型號的助聽器可能需要使用不同的音靴！
- 音靴與助聽器的連接方式各有不同。



舊式人工電子耳的外接音源接點

- 體配式的處理器通常用3.5mm接頭，因此多半有專用接線
- 可用**專屬介面** + 通用型接收器（通常有線）。
- 3.5mm接頭的接收器（無線連接）。



• 有線型接收器

• 電子耳語言處理機

FMM與當代電子耳連接方式

- 依據不同廠家的人工電子耳，使用不同的介面/轉接頭...

Cochlear			
	Freedom	N5	N6
AB			
	Harmony	Neptune	Naida CI Q70
MED-EL			
	OPUS2	ROUND0	SONNET

無法與個人助聽輔具直接連接時...

- 桌上音箱
- 聲場調頻系統
- 使用 T 線圈感應
- 使用近磁感應 + 調頻系統接收器

桌上音箱/聲場系統



感應線圈



- 助聽輔具需開啓 T
- 優點：lower cost / no need for FM adaptors / visualized controls



Streamer / NFMI



前情提要

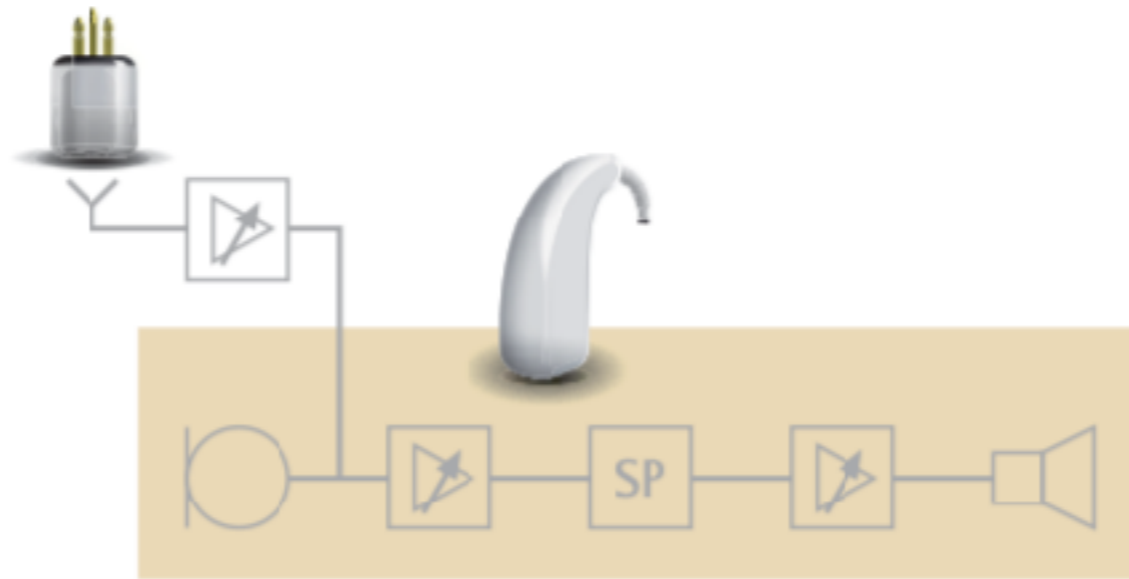
1. 有哪些遠距麥克風聽覺輔具科技。
2. 什麼是調頻系統。
3. 調頻系統運作的基本原理。
4. 調頻系統的射頻與頻道使用原則。
5. 什麼是口袋式接收器。
6. 什麼是特定型接收器、通用型接收器。
7. 什麼是DAI。
8. 通用型接收器如何與個人助聽輔具連接。

與助聽器連接需注意事項

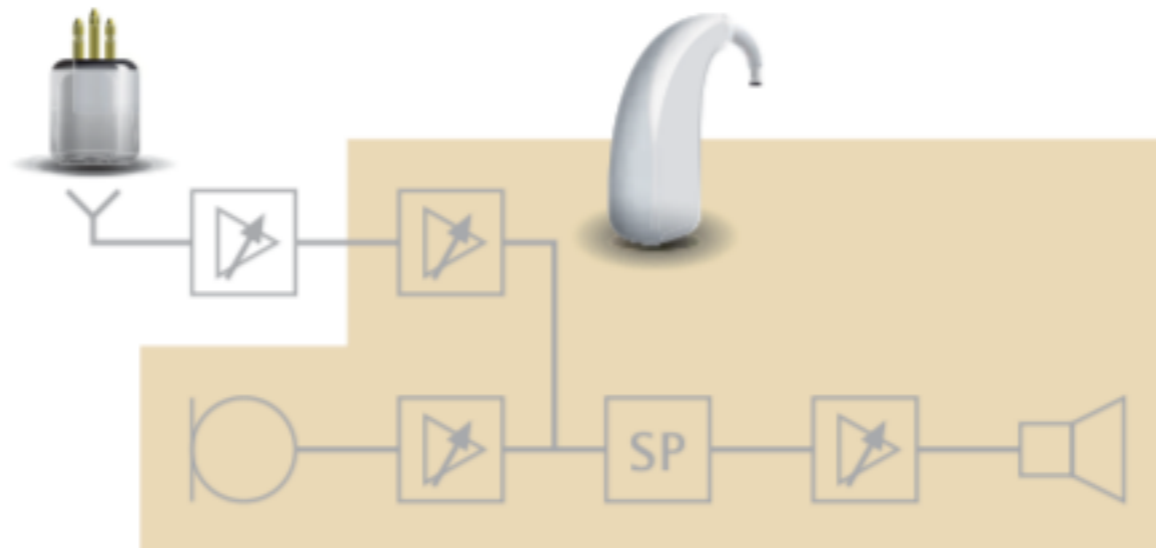
- DPAI (Designated Programmable Audio Input)
 - DPAI yes 的助聽輔具：切換 FM only、FM+M 由助聽器特定的程式來控制。FM 的訊號的阻抗不影響助聽器麥克風的收音。Although FM signal impedance does not alter DPAI-HA microphone performance, it **does affect** the level of the FM signal itself and thus can alter the **FM advantage** provided by the HA+FM system
 - DPAI no 的助聽輔具：沒有控制FM only、FM+M 的程式(可由接收器控制)，FM 的訊號與助聽器的麥克風平行，因此FM 的訊號的阻抗可能影響助聽器麥克風的收音。

DPAI

DPAI NO



DPAI YES



設定FM程式

- FM / FM+M
- 助聽器是否具備自動切換FM程式？
- 開機程式為何？
- 助聽器麥克風是否有調降


[« Program manager](#)

AUTOMATIC PROGRAMS		Position	Startup	Easy access	Label for client
A SoundFlow		A ▼	<input checked="" type="radio"/>		Automatic
Calm situation		- ▼	<input type="radio"/>		Calm situation
Speech in noise		- ▼	<input type="radio"/>		Speech in noise
ADDITIONAL PROGRAMS +					
1 Junior Roger/DAI + mic		1 ▼	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> EasyRoger	Junior Roger/DAI...
STREAMING PROGRAMS +					
Bluetooth audio + mic					Bluetooth audio +
Bluetooth phone / DECT + mic					Bluetooth phone /...

Enable mute program in last position

自動程式

OVERVIEW PHONE PROGRAMS **DAI/FM**



Automatically deactivate program switch when attaching DAI/FM shoe

STARTUP PROGRAM DAI/FM+M DAI/FM

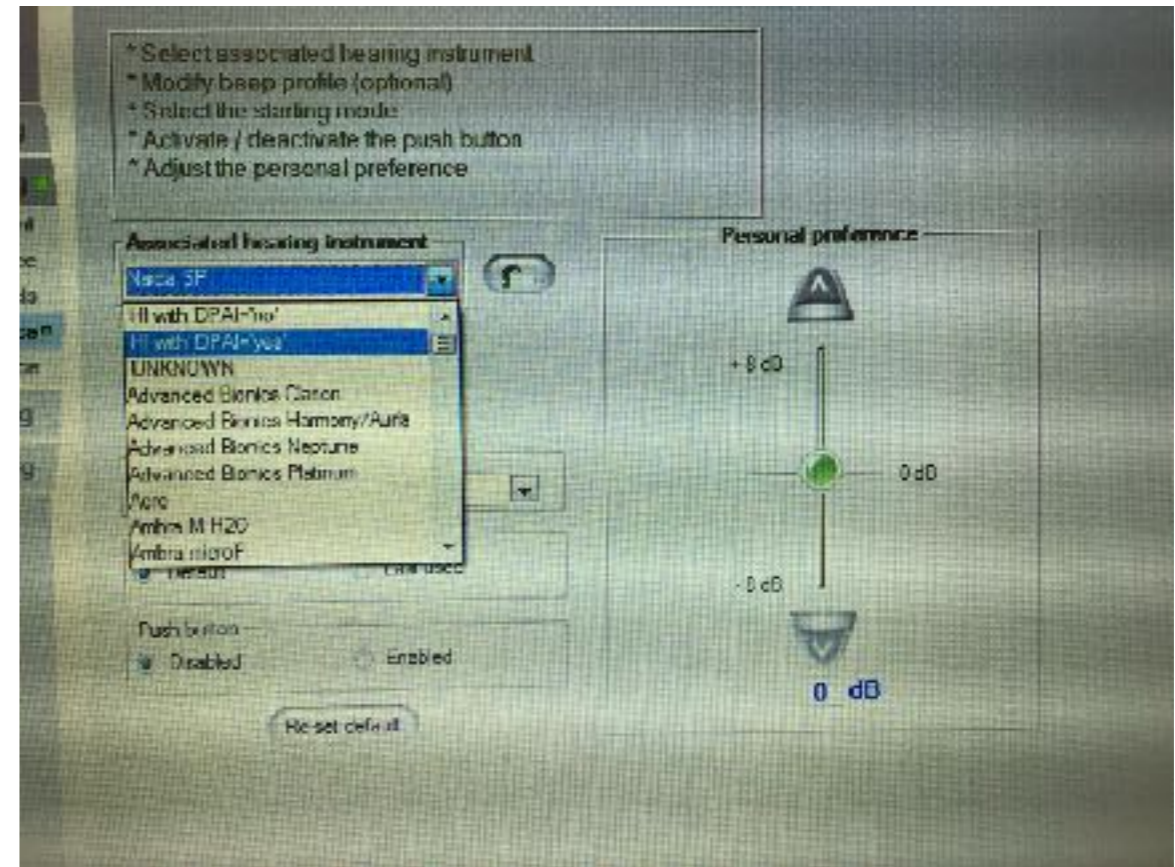
DAI/FM SETTINGS

Microphone level relative to DAI/FM

0 -6 dB

FM 接收器設定

- 利用調整軟體設定接收器的**阻抗**及**增益值**。



DPAI 與接收器兩點設定

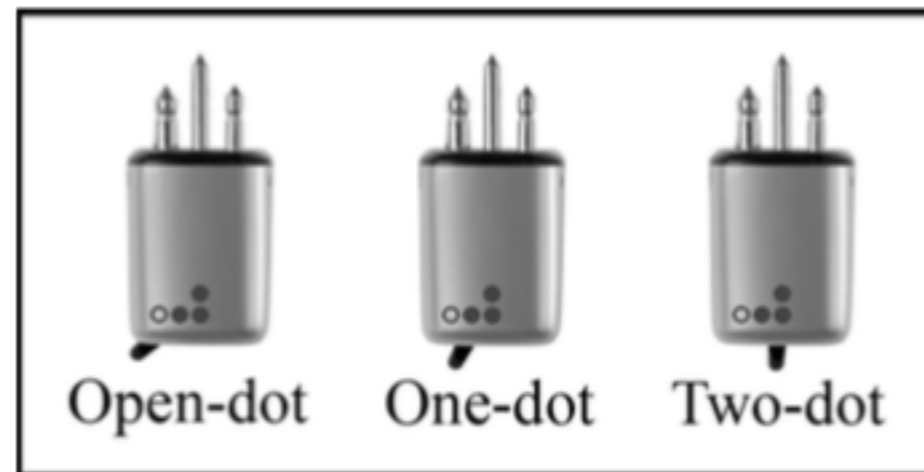


Table 1. Relative FM-signal impedance as a function of MicroMLxS DPAI and dot setting.

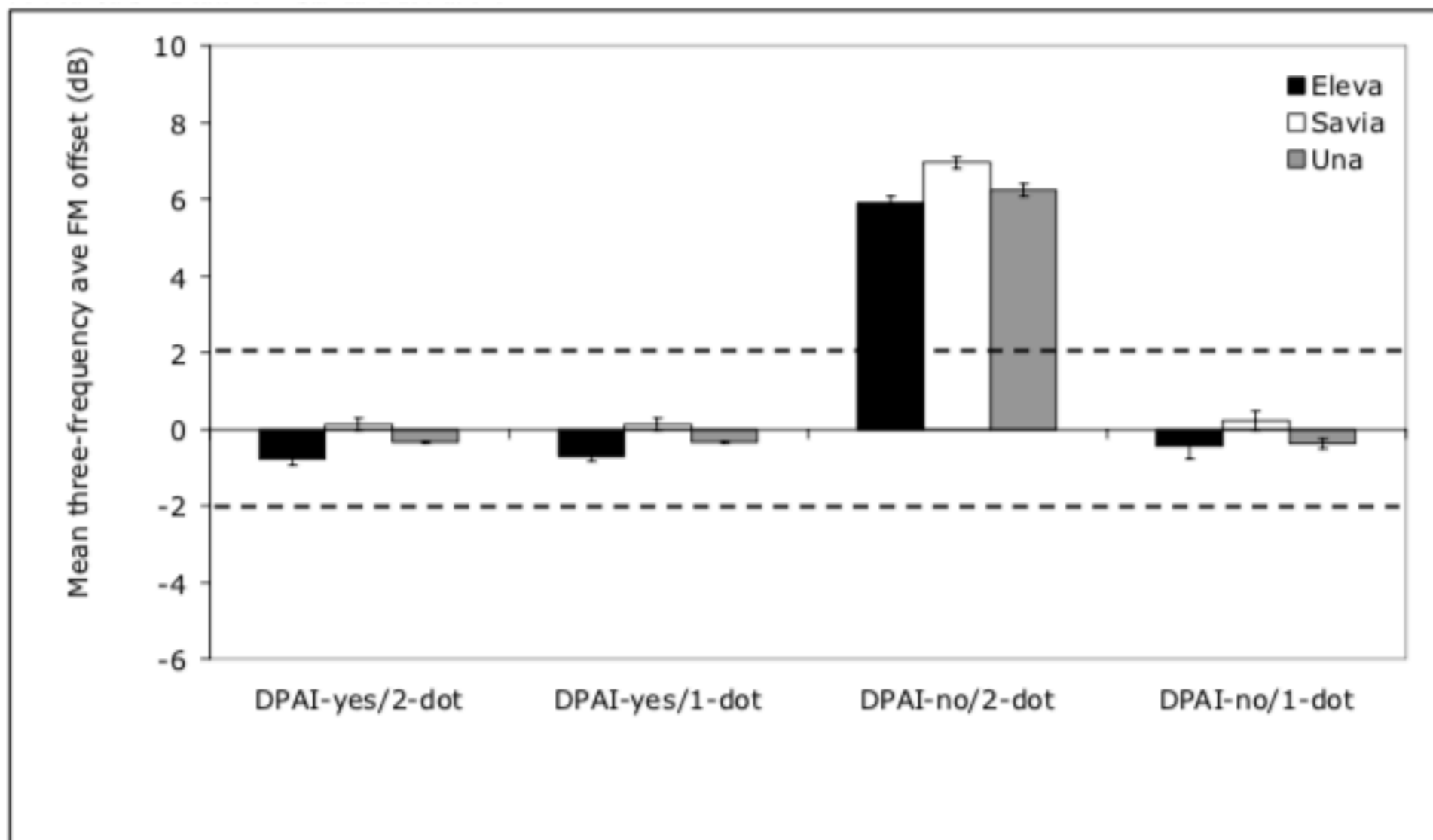
		DPAI Setting	
		"HI with DPAI = yes"	"HI with DPAI = no"
Switch Setting	"One-dot"	Low FM Impedance	Low FM Impedance
	"Two-dot"	Low FM Impedance	High FM Impedance

(Naeve-Velguth et al.,2009)

兩點設定

- 當接收器經由調整軟體被設為 DPAI NO，表示接收器一點和兩點間的阻抗設定值被deactivate。
- 當接收器經由調整軟體被設為 DPAI NO，且使用兩點設定（電阻較高）連接 DPAI 的助聽器—— the resulting high impedance FM output can result in an FM signal that is as much as 10-15 dB above target

DPAI-NO / 2 點



(Naeve-Velguth et al., 2009)

R2 的兩點設定



**Hearing Instruments
BTE Styles**

Oticon Agil family
 Oticon Epoq family
 Oticon Safari family
 Oticon Chili family
 Oticon Acto family
 Oticon Vibe Connect family

DAI Adaptor		FM Adaptor	FM receiver	Modes of operation
Low Level Input Bodyworn FM solutions e.g. Amigo R5	High Level Input TV, stereo, MP3 player, CD player, Computer	Adaptor for Amigo receivers and other ear-level receivers	Universal and dedicated Amigo receivers	Default modes of operation when using DAI adaptors and FM receivers
AP 900 399-50-520-08 Grey 		FM 9 399-50-590-00 Transparent 	Amigo R1* Silver 	Automatically adds 2 programs to the hearing instrument**: - DAI/FM + HA (default) - DAI/FM only Amigo R1/R2 switch positions: ○ or ○○ = HA + FM receiver ● = HA only/FM off
		FM 9 399-50-590-00 Transparent 	Amigo R2* Silver 	
			Amigo R12 13 colours 	

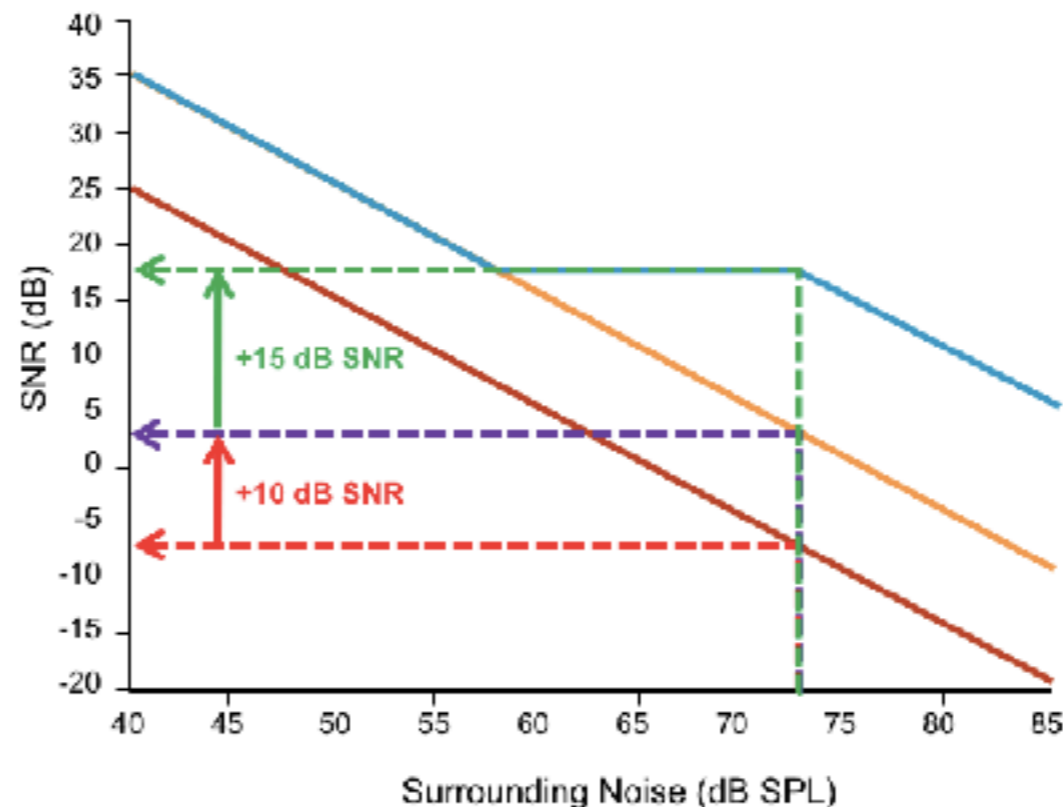
MLXi

- 自動測量輸入訊號的阻抗，提供10分貝的增益（不論助聽輔具是否為 DPAI YES）。
- 動態調頻系統
- Auto connect



動態調頻系統

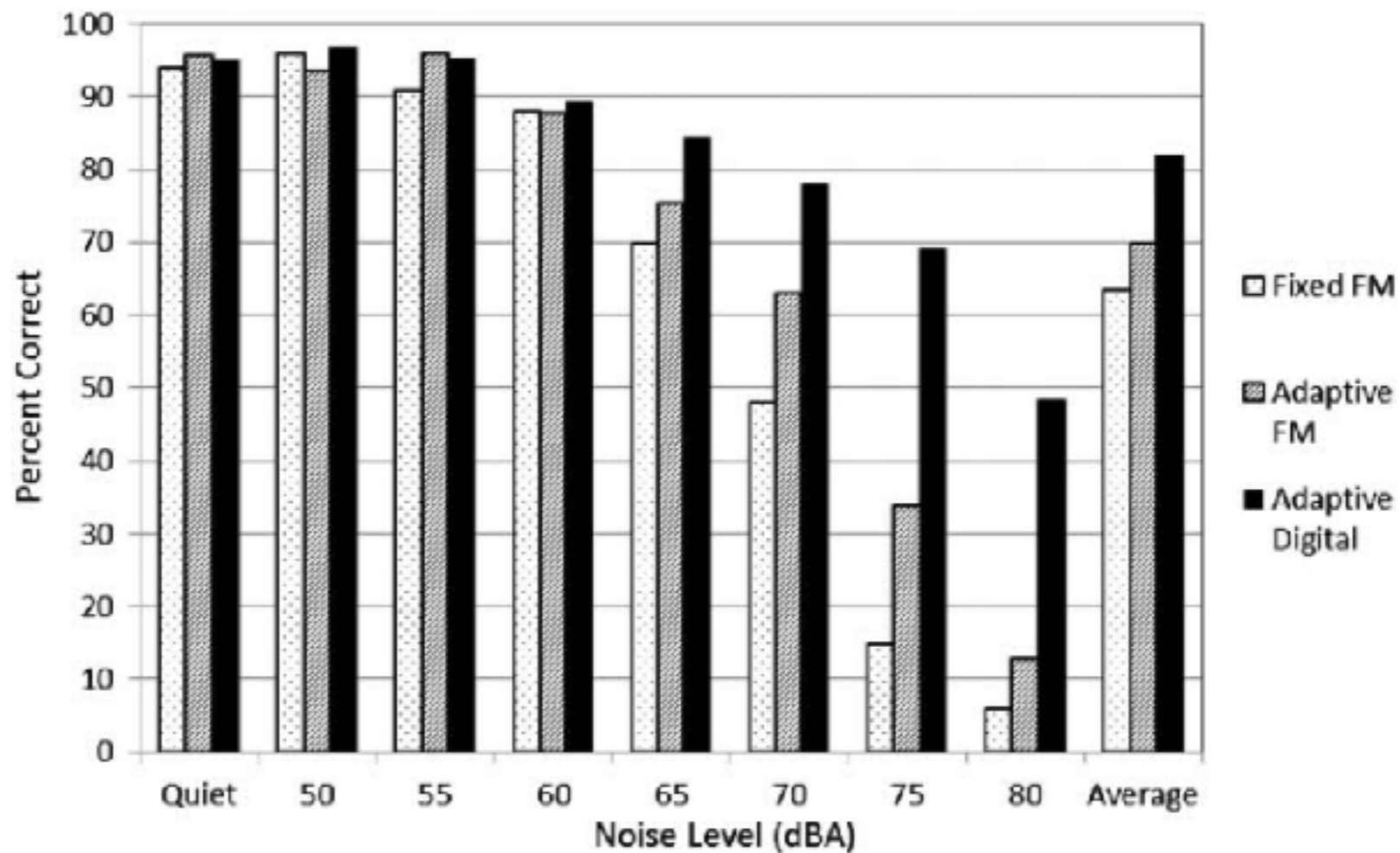
- 又稱調適性調頻系統 Adaptive FM
- 根據環境的噪音自動調整接收器的增益。 Automatically adjusts the gain of receiver depending on the noise level in the environment



沒有使用FM
傳統的FM
Dynamic FM

聆聽狀態：
距離2公尺
語音為 65 dB SPL

動態調頻系統的效益



動態與非動態混合使用

	發射器	助聽器類型	按鍵Disable	按鍵Enable
動態接收器	固定發射器	DPAI NO	無法切換 FM only / FM+M	長按/開關 短按/切換 FM only / FM+M
		DPAI YES	助聽器控制 FM only / FM+M	長按/開關 助聽器控制 FM only / FM+M
動態接收器	動態發射器	DPAI NO	無法切換 FM only / FM+M	長按/開關
		DPAI YES	助聽器控制 FM only / FM+M	長按/開關 助聽器控制 FM only / FM+M

與人工電子耳連接需注意事項

- 選用特定頻道，以避免干擾。
- 注意不同程式音源比例的設定。



RECOMMENDED FREQUENCY CHANNELS

H Band: H16, H17, H18, H38, H46, H59, H77, H79, H89

N Band: N16, N17, N18, N52, N64, N73, N77, N79,

電子耳適用的頻道

Select the desired hearing instrument from the drop down menu

Cochlear Nucleus 5

Fitting Recommendations

Select 1:1 audio mixing ratio
Enable audio sensitivity (ASC)

Operating range for Cochlear Nucleus 5

To get a good operating range between the FM transmitter and Nucleus 5, the following FM channels are recommended:

H band
Priority 1: H06, H07, H17, H18, H20, H38, H39, H46, H47, H48, H59, H77, H78, H79, H85, H86, H87, H88, H89, H90
Priority 2: H16, H19, H57

N band
Priority 1: N09, N12, N13, N17, N18, N52, N57, N61, N62, N64, N65, N68, N73, N76, N77, N79
Priority 2: N16, N60

OK

Save to MicroMLxS

PHONAK FM Programming Interface

Insert the hearing instrument in the FM Interface, then click on 'Save to MicroMLxS'

音源比例

Cochlear

- 1 : 1 —equal input
- 2 : 1 — 6 dB attenuation
- 3 : 1 — 9 dB attenuation
- 10 : 1 — 20 dB attenuation

AB

- 50/50—equal input
- 30/70— 10 dB attenuation
- Auxiliary only—20 dB attenuation

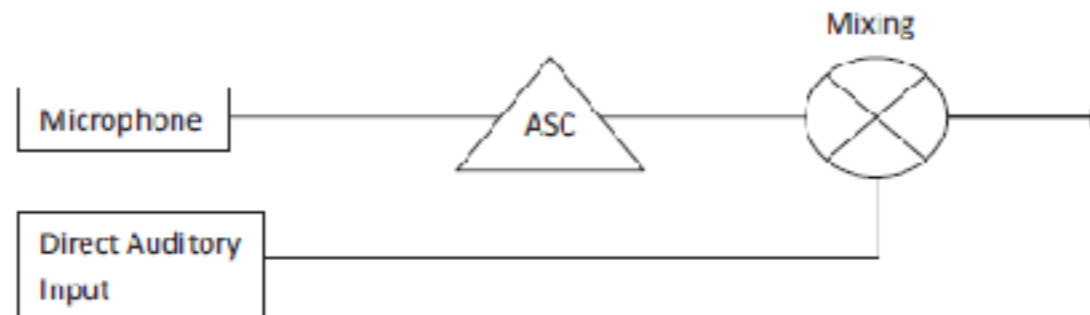
MED-EL

- 內建1:1
- 可調降CI 靈敏度達到音源比的改變

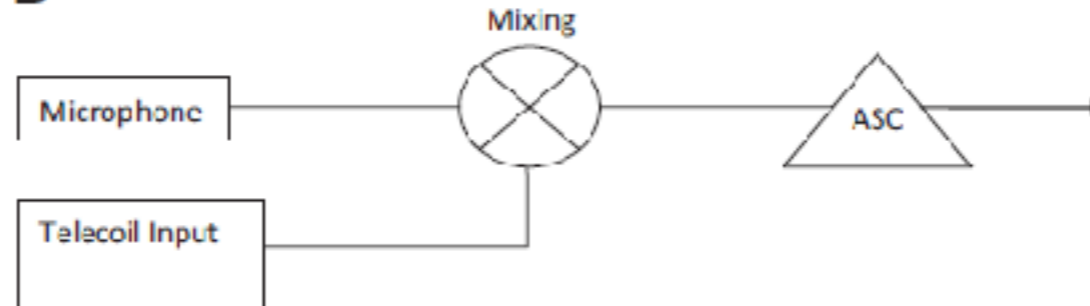
Type of FM transmission

訊號處理

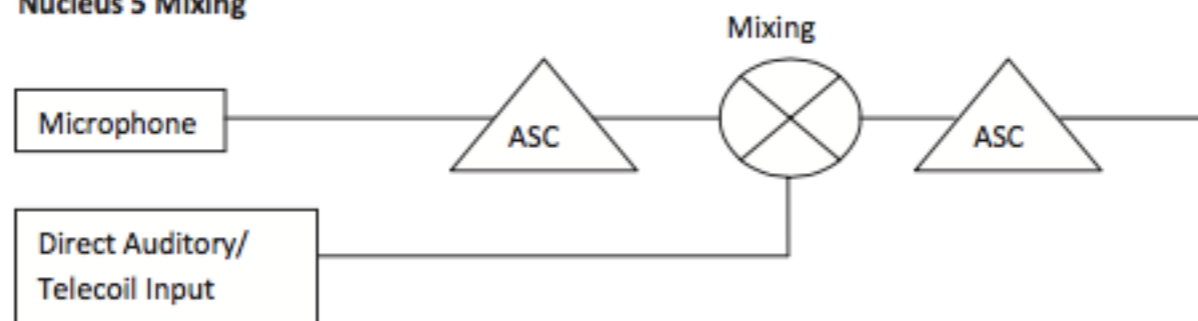
A Freedom – DAI Mixing



B Freedom – Telecoil Mixing

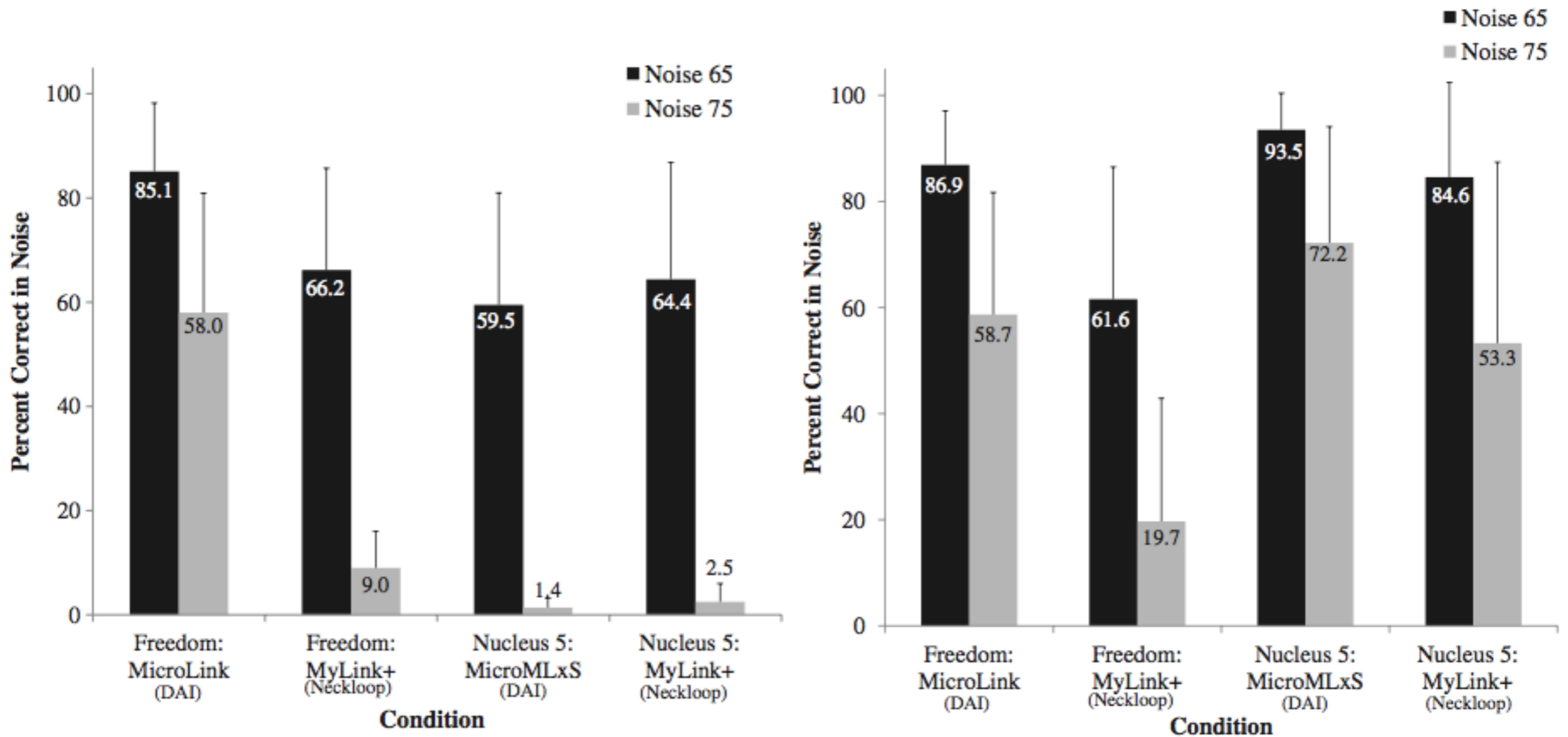


Nucleus 5 Mixing



(Wolfe et al.,2013)

研究發現



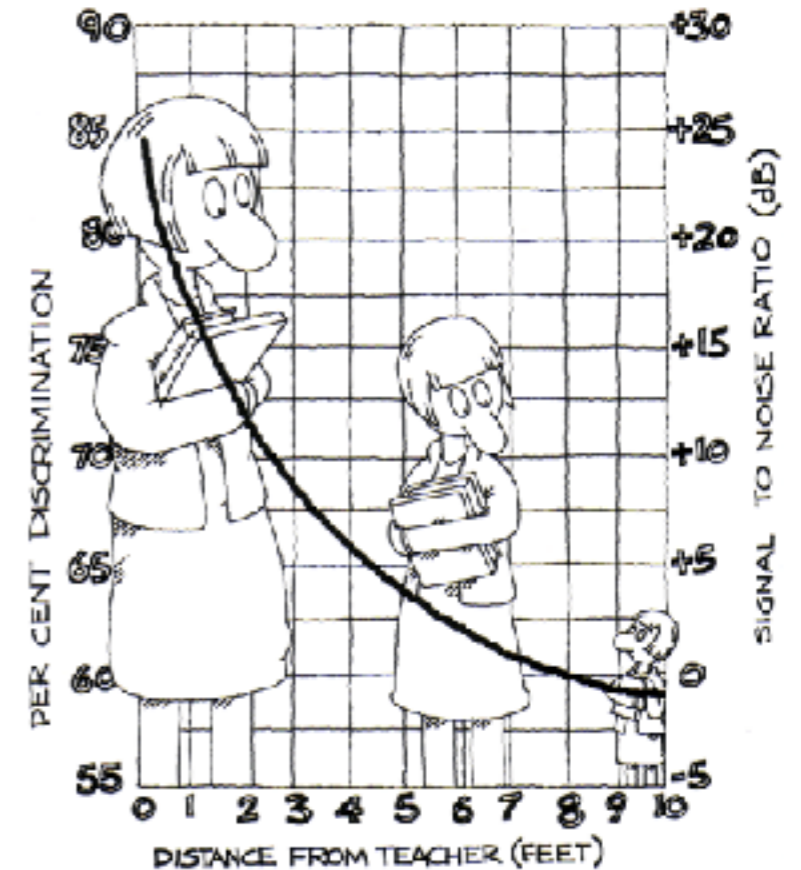
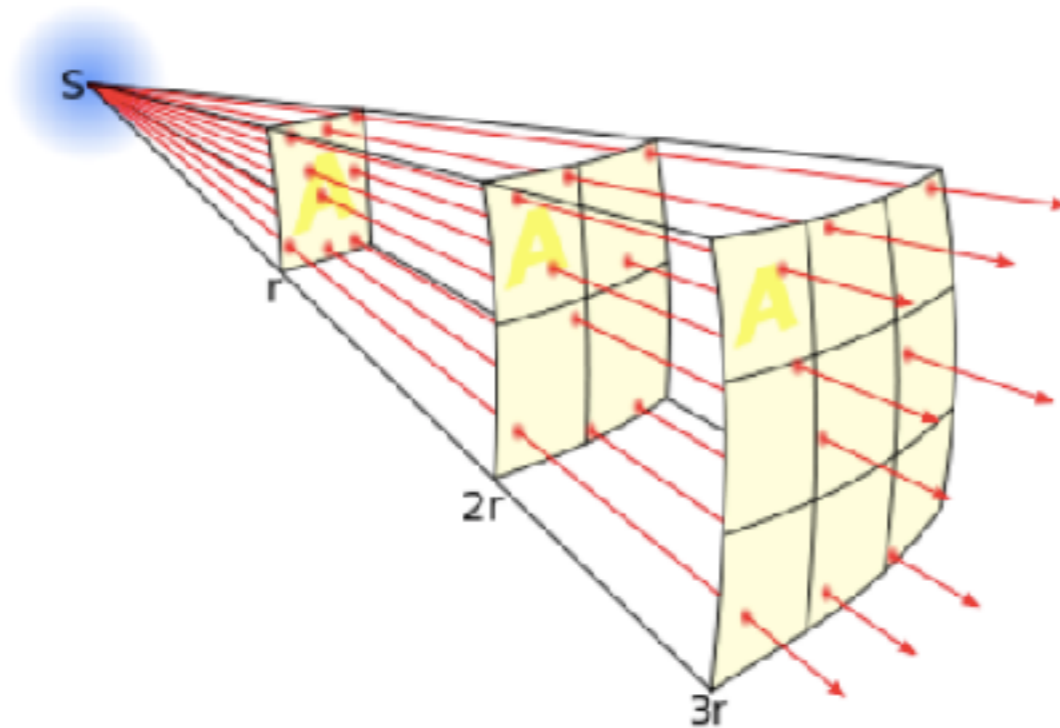
(Wolfe et al.,2013)

為何要使用調頻系統？

- 距離
- 迴響
- 噪音
- 說話者-語言-聆聽者 Talker-Language-Listener dependent

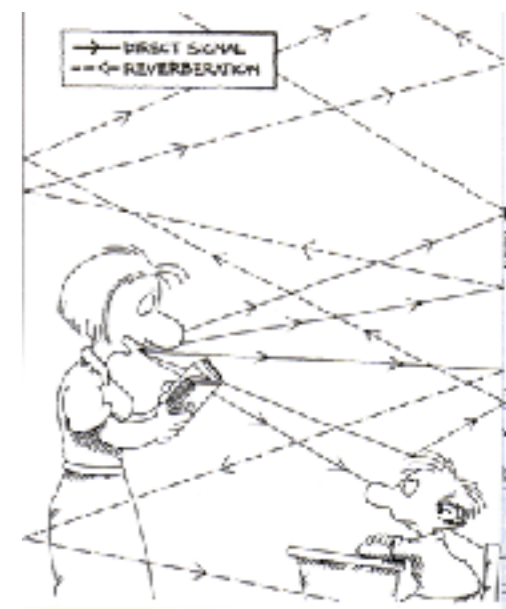
距離

- 平方反比定律 (Inverse square law) :
 - $I = W/4\pi r^2$ 距離增加一倍，聲音能量衰退_____。
 - $I = P^2/Z$ 距離增加一倍，聲音音壓衰退_____。



迴響

- 聲源停止後，聲音仍不斷反射。
- 迴響計算：聲音傳出後下降60分貝所需的時間 **RT60**。
- 迴響時間越長越不利語音聽取。
- 聽力正常的成人在1秒的迴響中聽取不大受影響。
- 感音型聽損者需要較短的迴響時間（0.4-0.5秒）。
- 兒童較成人易受迴響的影響。



噪音

- 教室中噪音的來源？
 - 一般教室中的噪音值：
 - 61 dB A (Choi & Mcpherson, 2005)
 - 64-72 dB A (Massie & Dillon, 2006)
- 噪音對接收語音的影響？



訊噪比

- 訊噪比 = Signal to Noise Ratio, S/N
 - 理想的訊噪比：
 - 正常聽力的兒童需要聽力正常的兒童需要+10 to +15dB 的訊噪比學習
 - 聽力損失的兒童需要 +15 to +20 dB or 或更高 的訊噪比來接受語音的學習
 - 感音型聽損程度與所需的訊噪比
 - 30分貝的SNHL要+4分貝SNR
 - 90分貝的SNHL要+12分貝SNR
- (Killion, 1997)

ANSI 規定

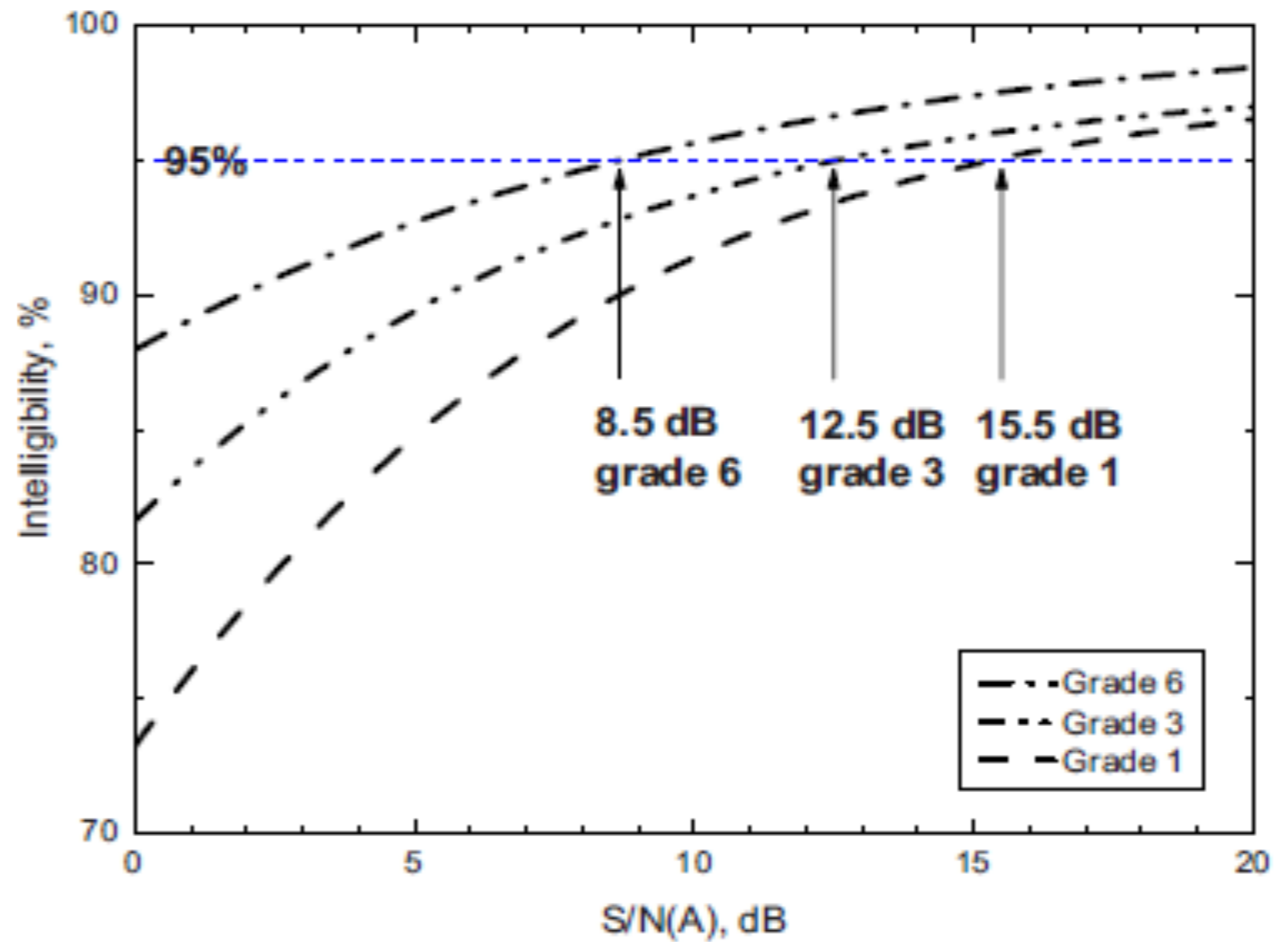
- 美國國家標準The American National Standards Institute (ANSI)
 - 教室最大容許噪音：35 dBA (1 hr average)
 - 最大容許迴響時間 (RT60)：0.6 -0.7sec (average 500, 1000, and 2000 Hz octave bands)
 - 至少+15分貝的訊噪比

噪音中聽取能力

N=840

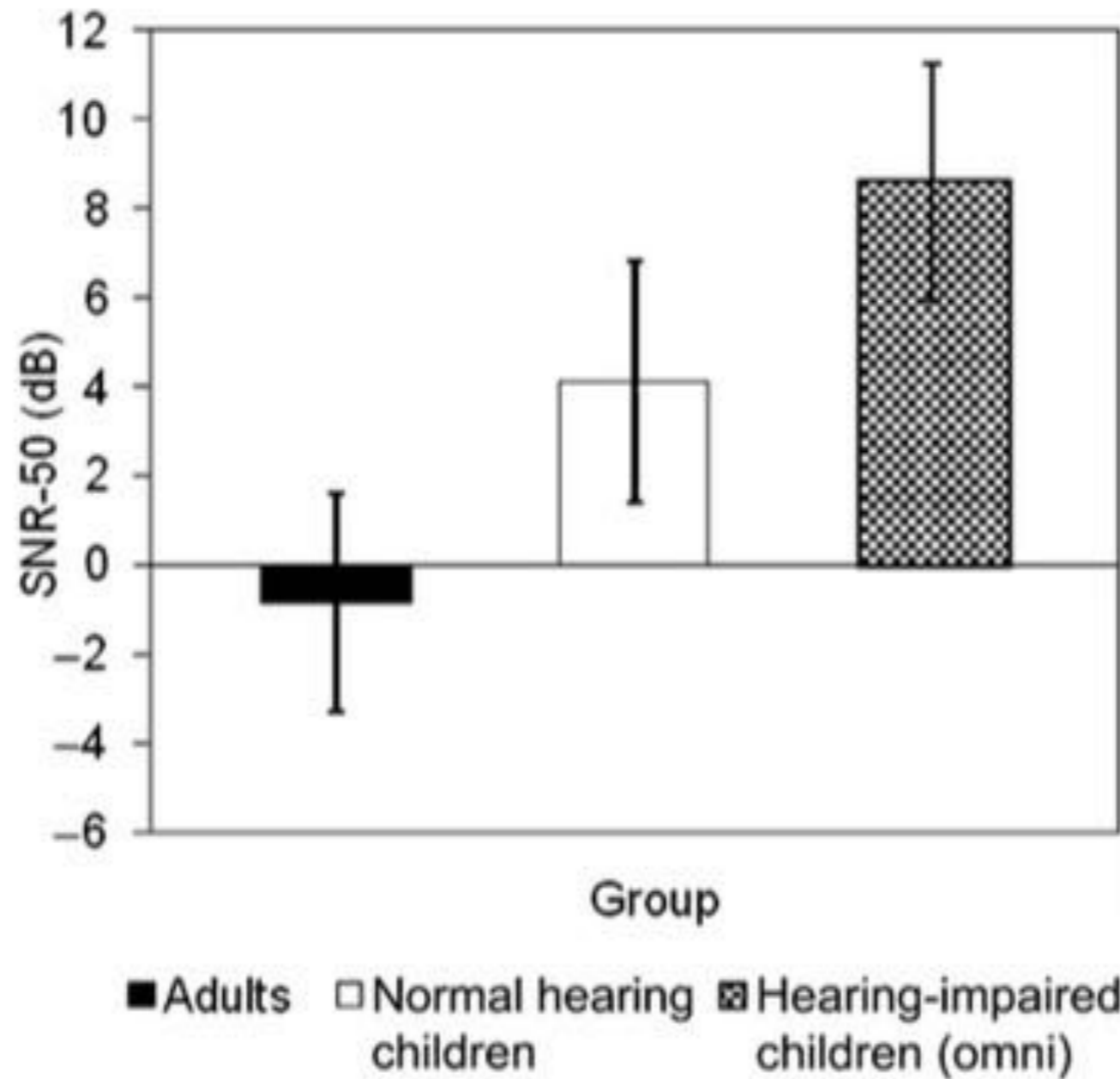
一年級和六年級差了7dB SNR

(Bradly,2008)



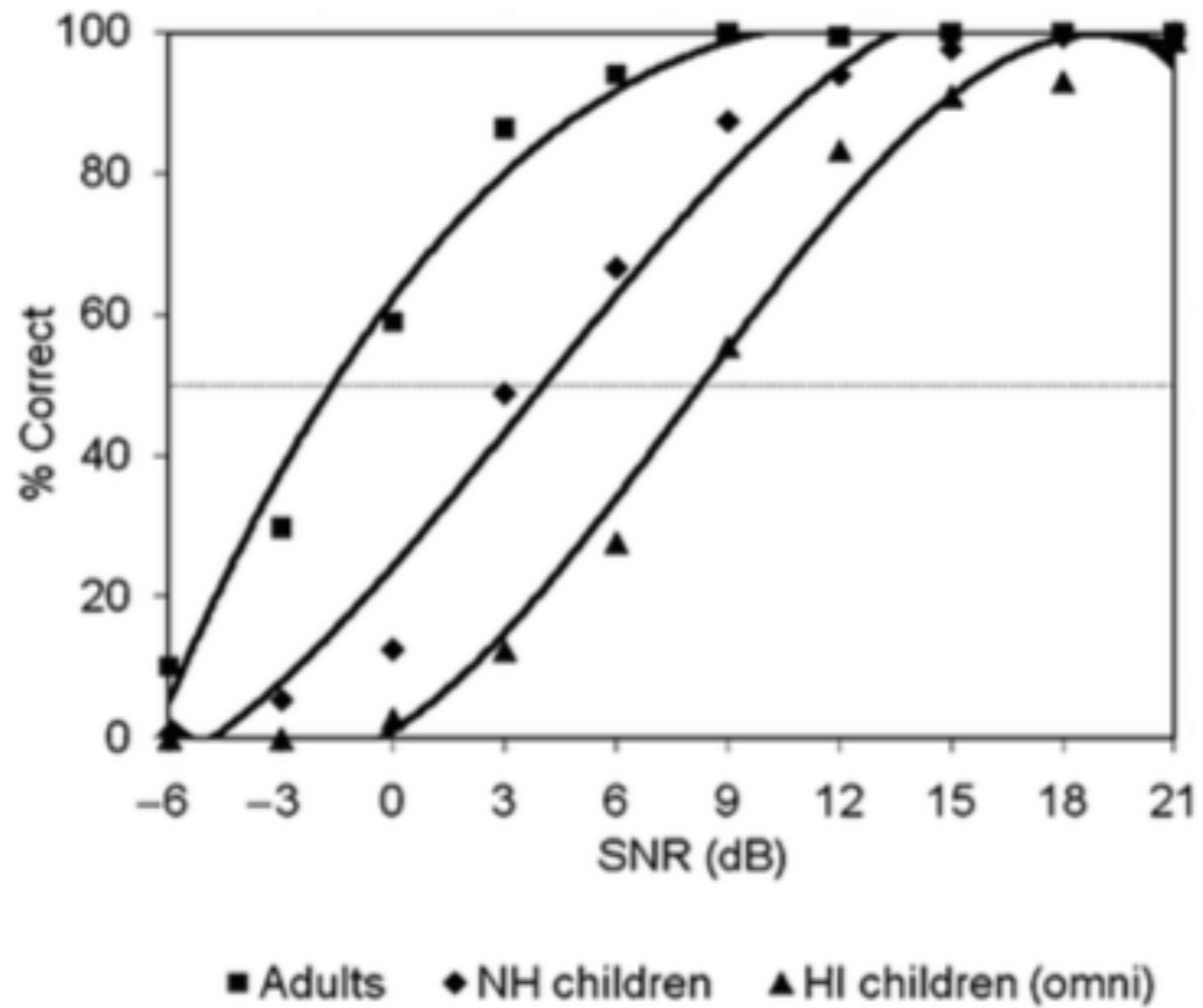
SNR-50

- 噪音中，50%語音辨識所需的訊噪比。



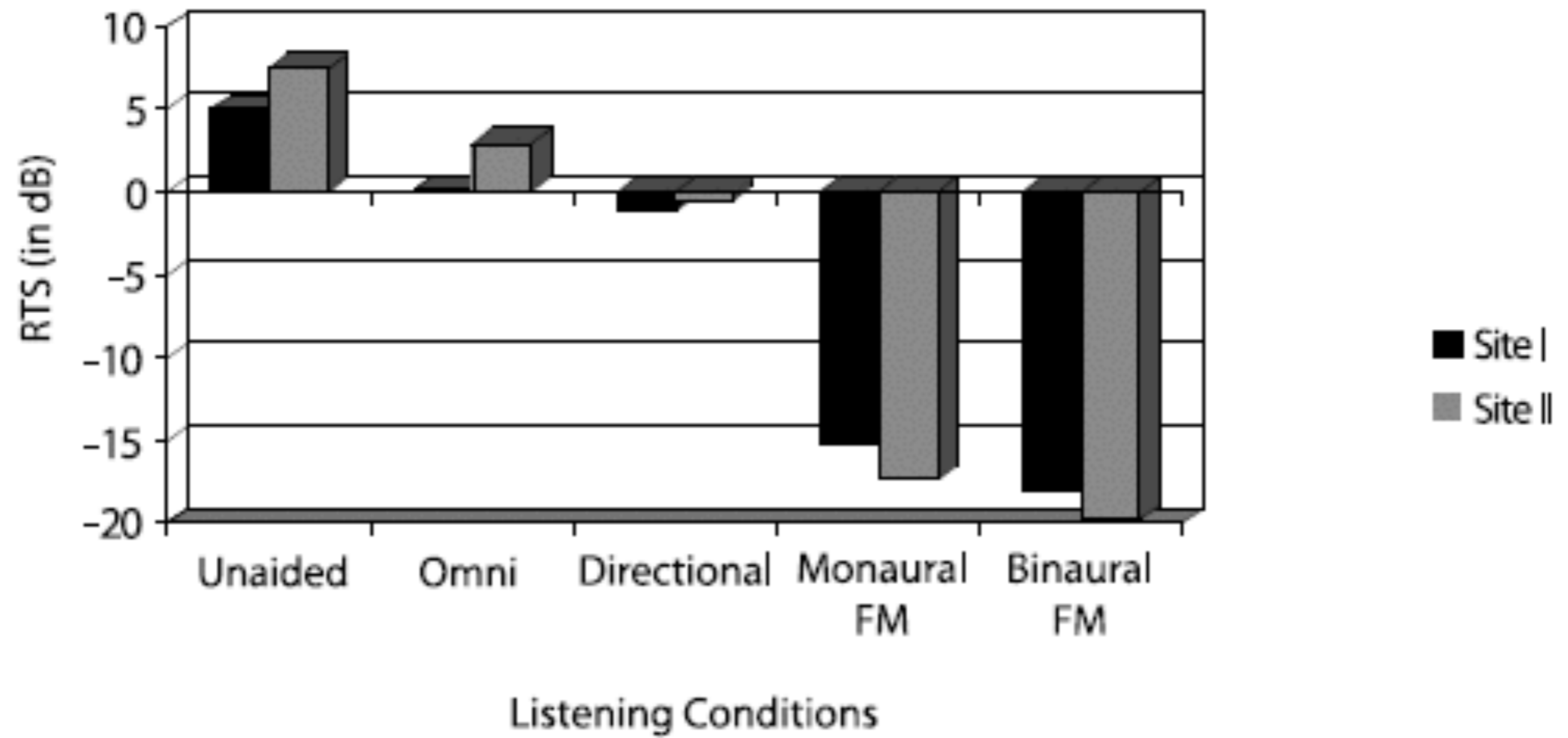
Adult=14, NH children=15
HL children=14, PTA=47.6

(Stella et al., 2011)

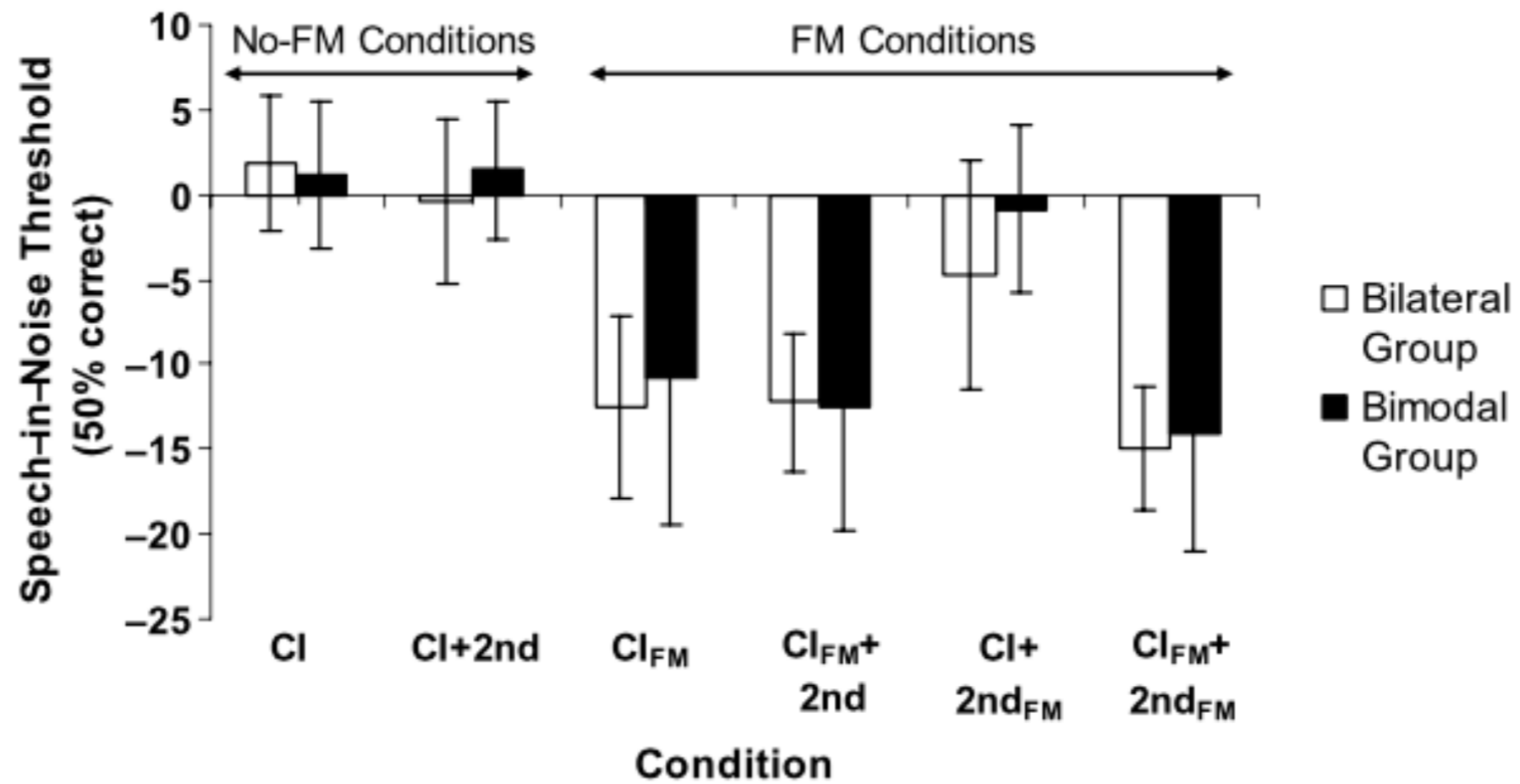


(Stella et al., 2011)

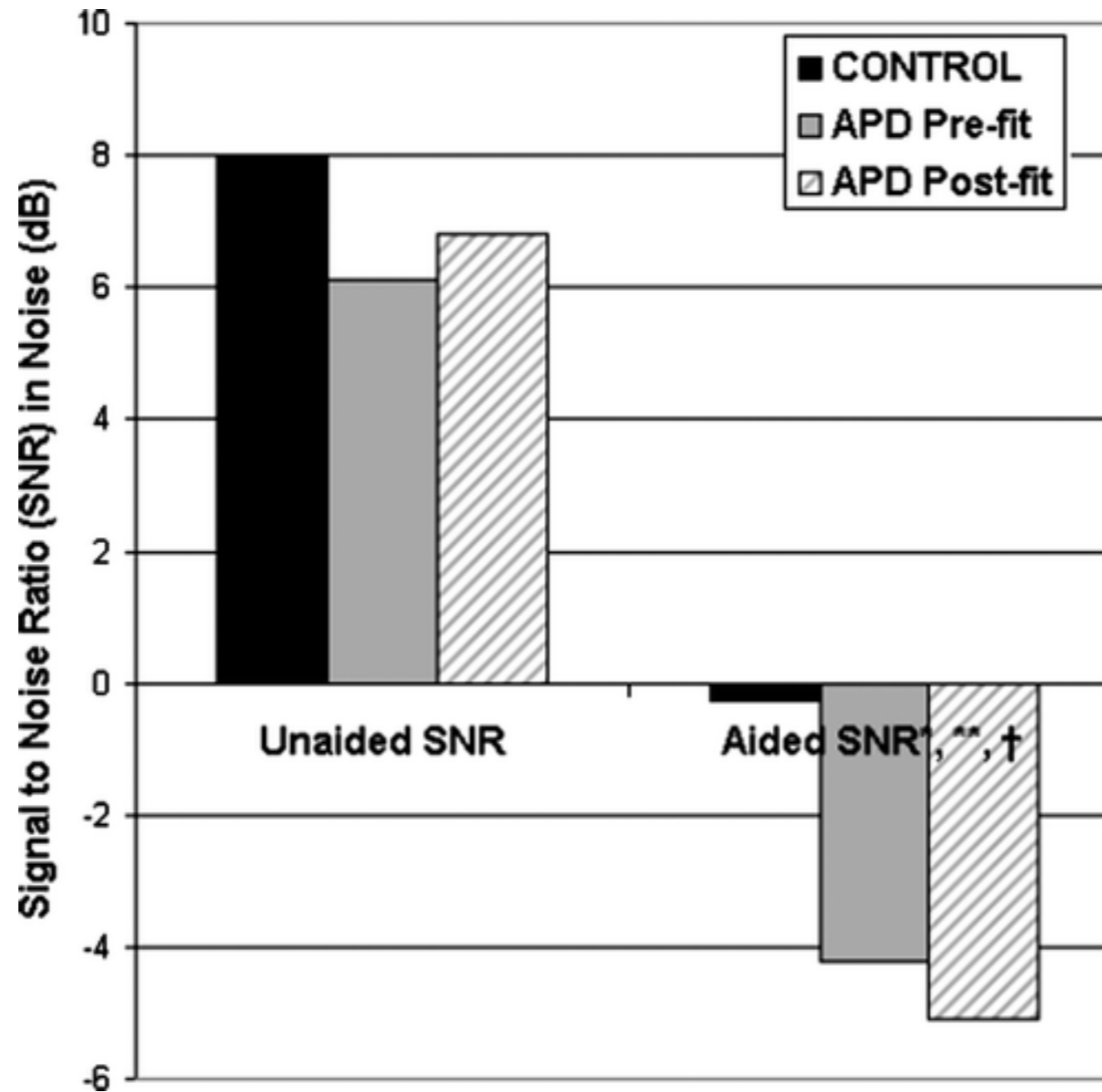
HA



CI

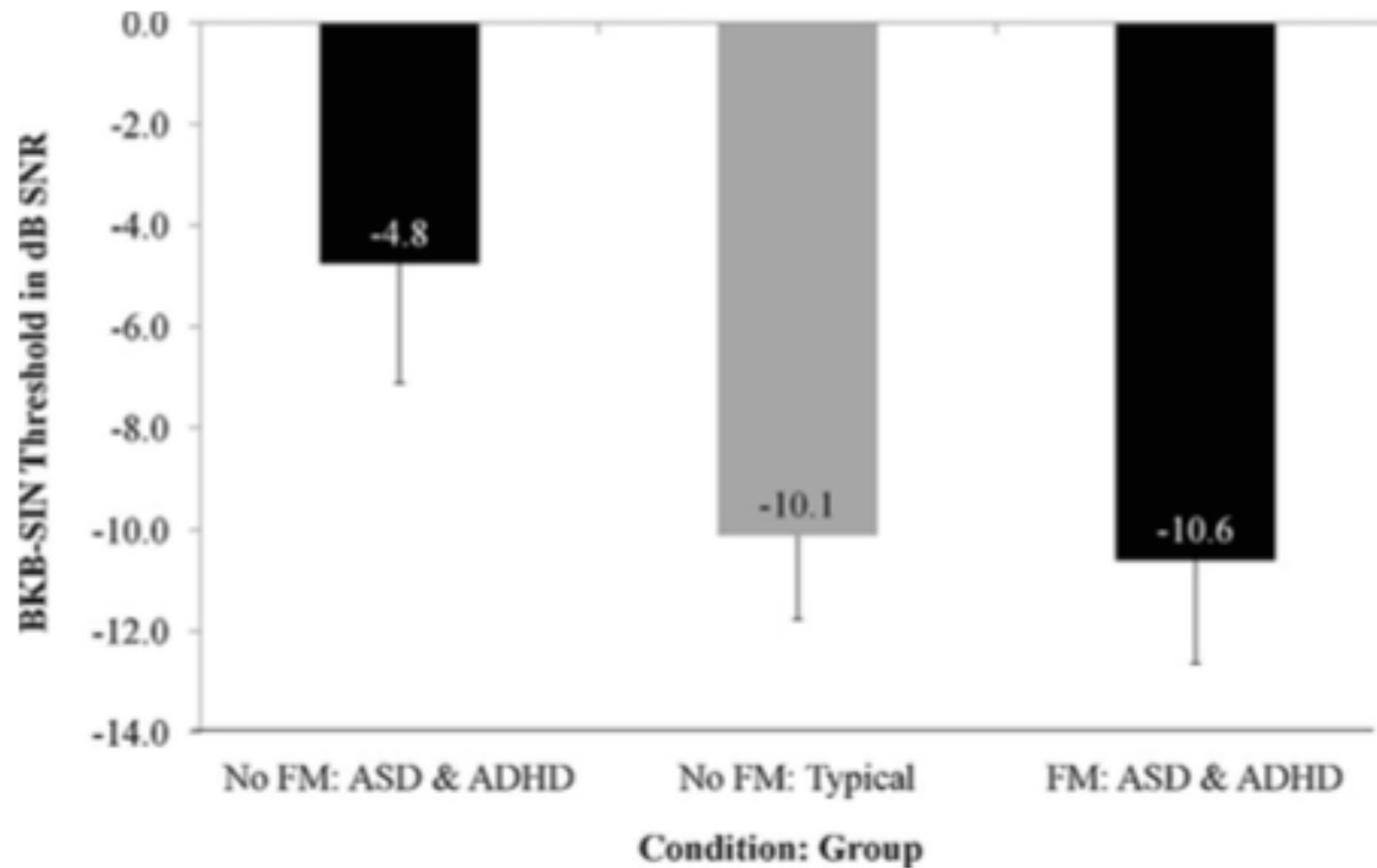


CAPD

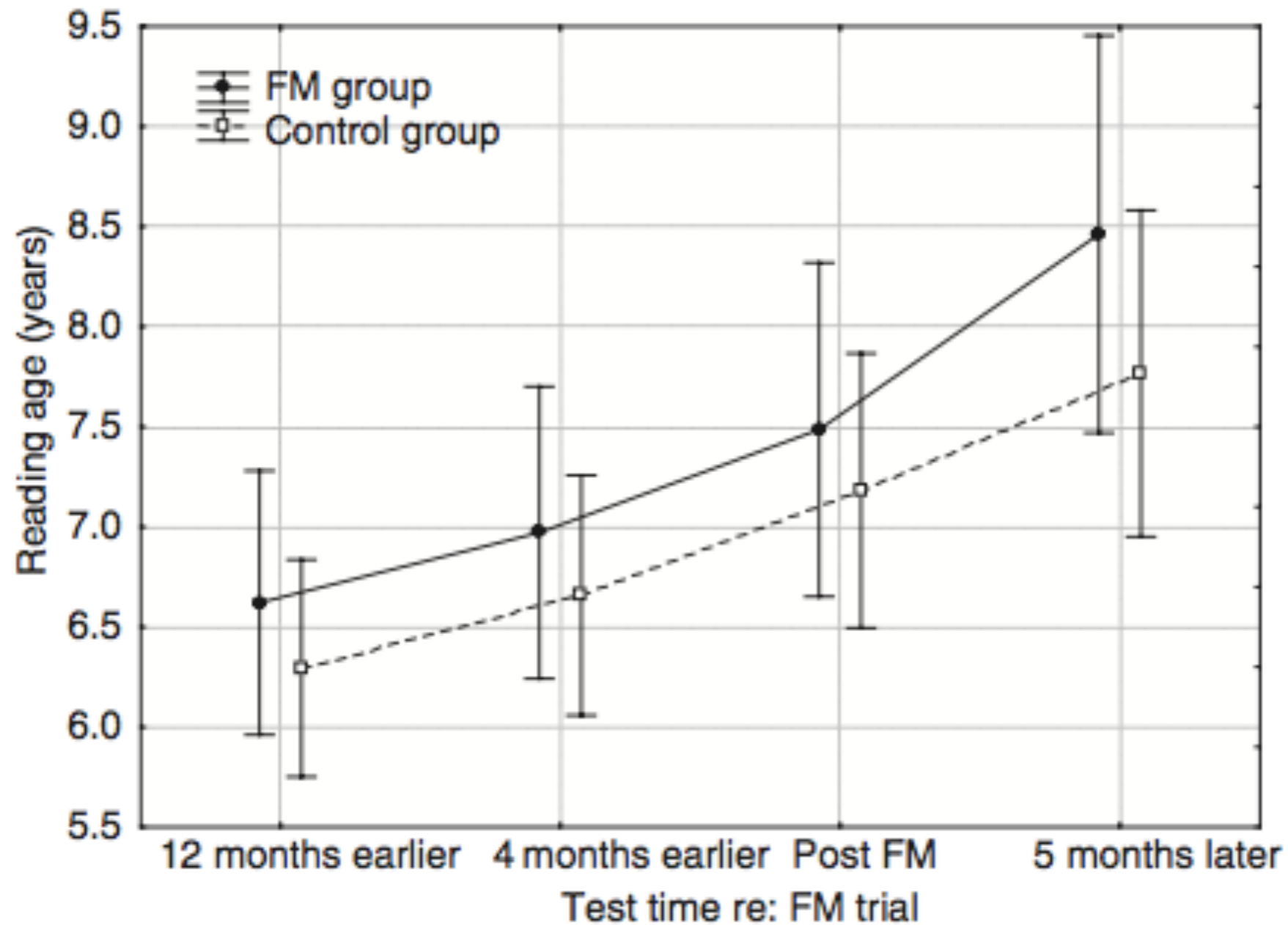


(Johnston et al.,2009)

ASD/ADHD



Reading Delay



調頻系統的 Features

麥克風 + 發射器

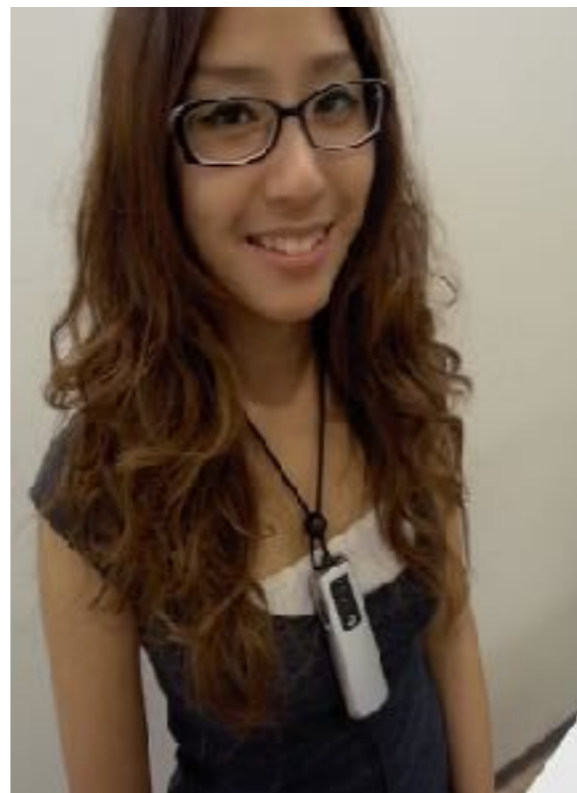
麥克風	位置	款式	方向性	靜音	自動方向性
頻道	頻帶	單/多頻道	頻道精靈		
programmable	同步	DataLog	監控		
訊號處理	增益	噪音削減	外接音源	協同教學	數位訊號
其他	指示燈	按鍵鎖	低電量警 示	天線	藍牙

麥克風 & 發射器




- 有線連接
- 無線連接



麥克風/發射器配戴



麥克風的方向性

Button	LCD
	
	∩
	□

11

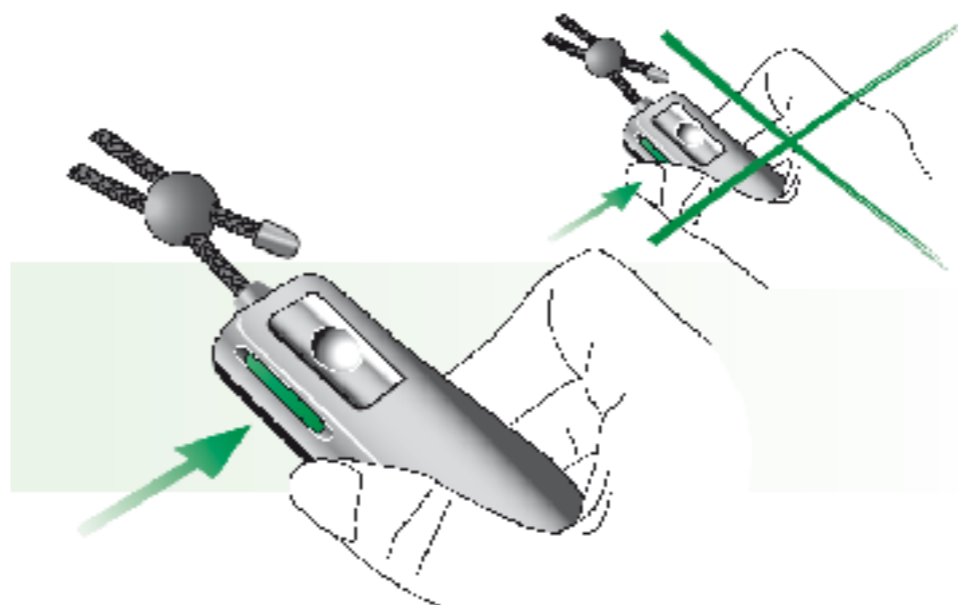


超聚焦

聚焦

全方向性

使用注意！



麥克風靜音



天線

未接天線可傳輸距離：0-3 公尺

接上天線可傳輸距離：7-30公尺



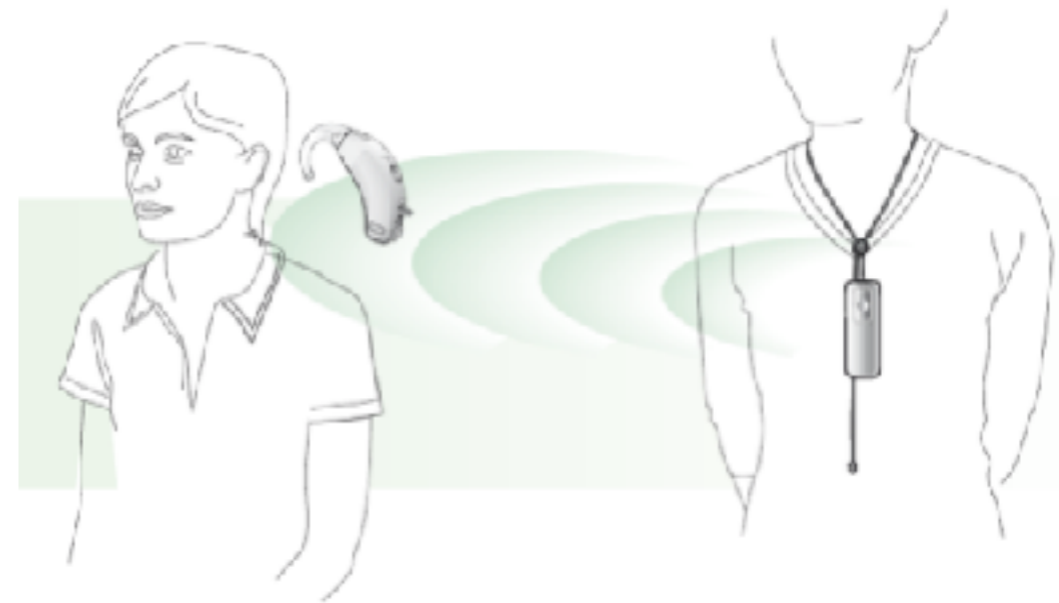
T21 microphone wire routing



The correct way to wear the Amigo T21 is shown in the picture above.

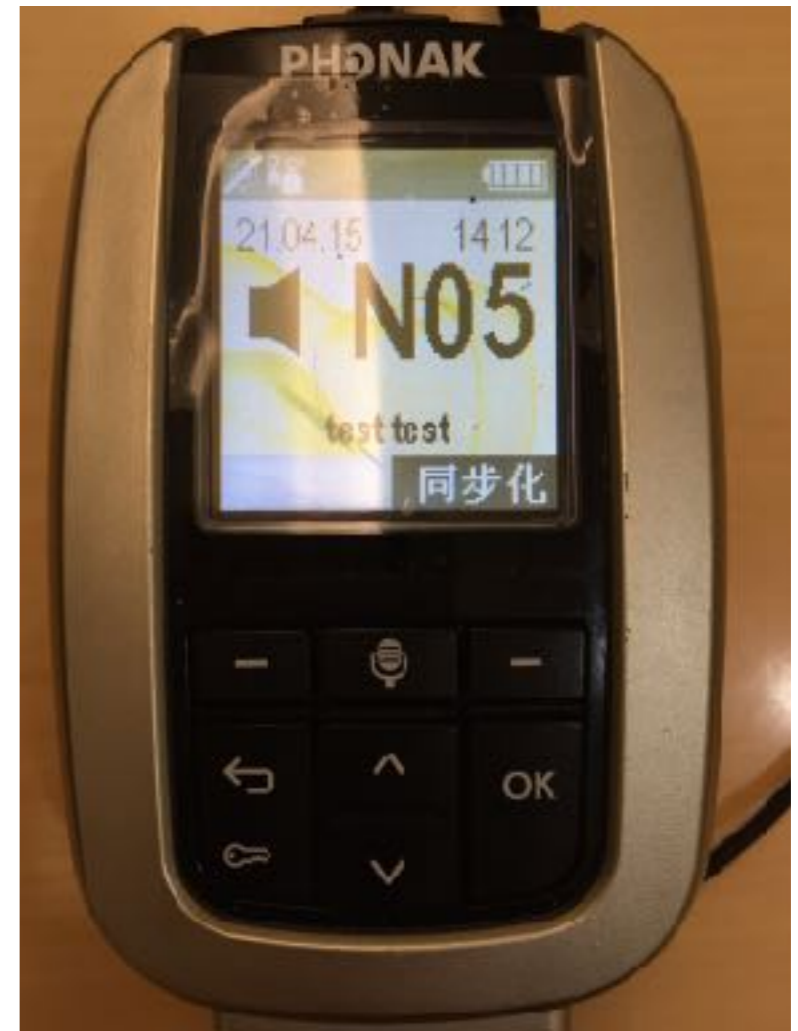
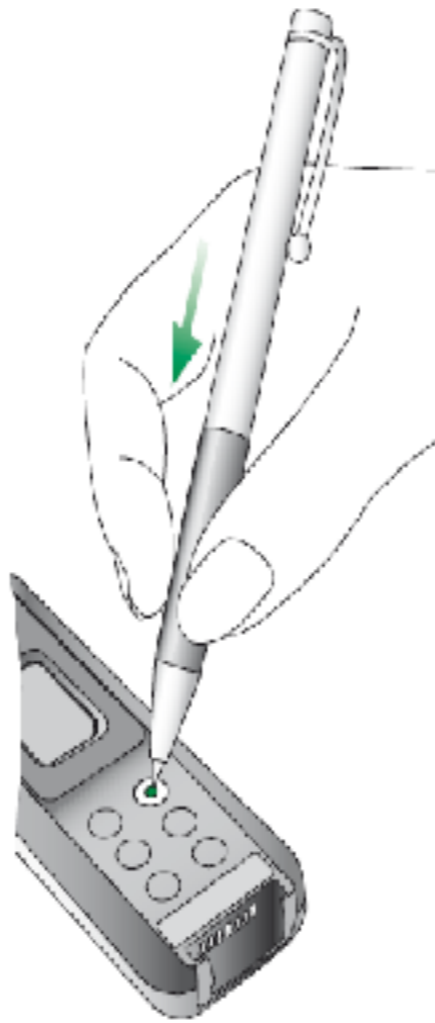


Make sure that the microphone wire does not loop under the T21.



發射器頻道

- 單頻道/多頻道
- 更換頻道





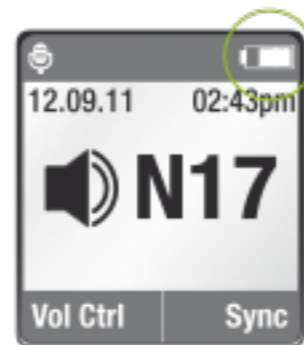
發射器電源



- ⑥ 3.5 mm audio input
- ⑦ mini-USB for charging

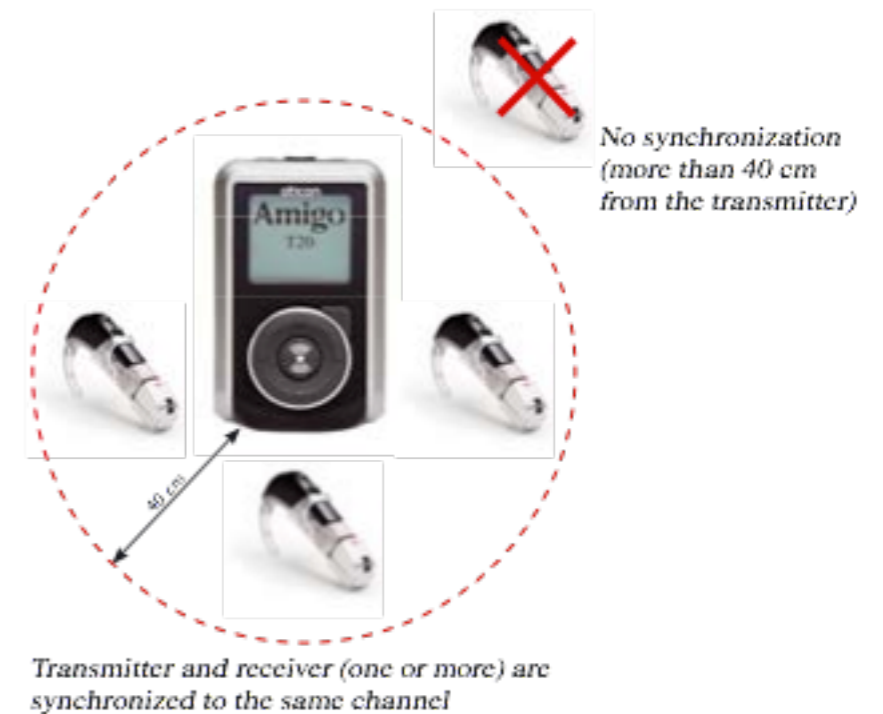


- 正確充電

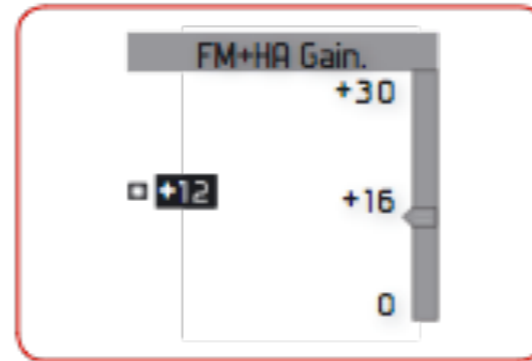


Programming

- 同步接收器頻道 (暫時 or 永久)
- DataLogging
- Monitor of classroom noise
- FM gain



調整增益



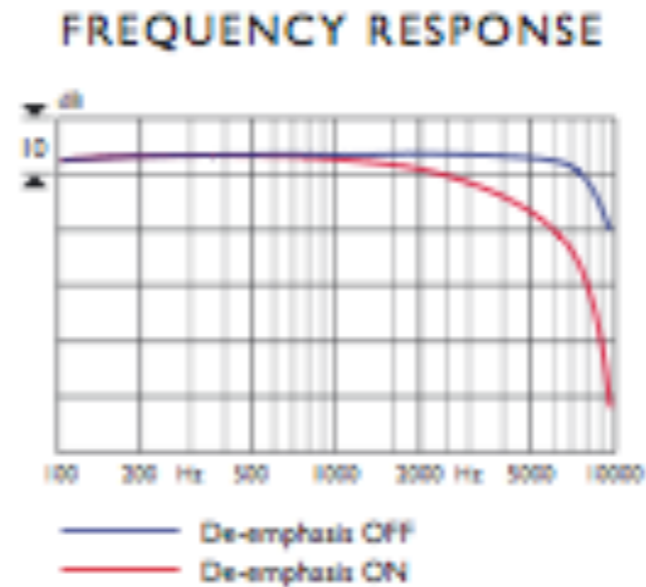
VAD / DSP

- Voice Activity Detector
 - 當沒有語音訊號時自動降低調頻增益值
- Advanced Digital Signal Processing
 - 降低可能影響語音清晰度的週邊噪音 (static noise avoidance)



Tx 語音訊號處理

- Default
- Legacy
- 3k Hz boost : assist with matching the receiver response with the cochlear implant processor



外接音源



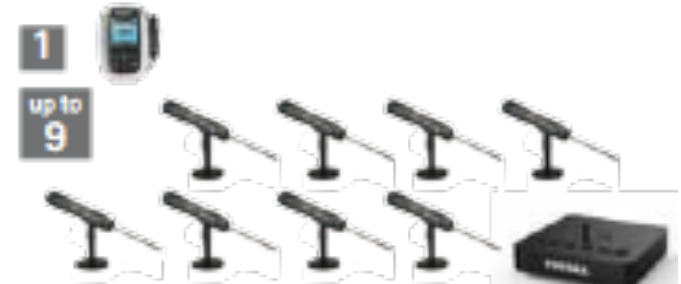
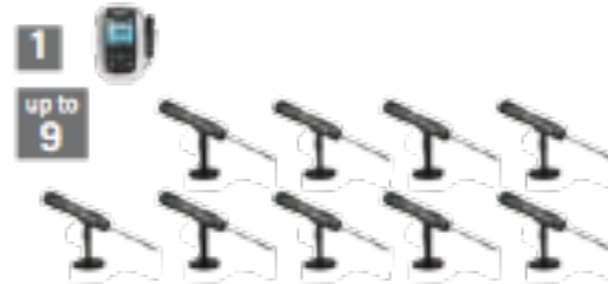
接上外接音源介面



"MiniB" USB charge jack

3.5 mm auxiliary audio input jack

協同教學



接收器 Features

接收方式	FM	感應線圈	STREAMER	桌上音箱	聲場喇叭
頻道	單/多頻道	頻道搜尋			
接收器樣式	口袋型	特定型	通用型		
訊號處理	增益	音源比例	自動阻抗	睡眠	
其他	指示燈	低電量警示	開關	按鍵鎖	

數位調變技術

- 使用2.4GHz 頻帶傳輸訊號
- 音訊頻寬可達7300Hz
- 需要配對



- Plug & Play
- No channel management
- Water-resistant: Integrated receivers
- Operating range: 20m/66ft
- Roger X is 35% smaller than MLxi
- Power consumption: 3.1 mA

連接人工電子耳的阻抗

- 不同設定 overcome high input impedance at DAI

Model	Roger X Setting
AB Naida CI via Compilot	setting 3
AB Neptune	setting 1
AB Harmony	setting 1
Cochlear N5	setting 9
MED-EL OPUS 2	setting 2

Touch Screen

- 麥克風模式：The Roger Touchscreen Mic features four microphone modes to suit every learning situation:
 - **Automatic** (default) / **Small Group** / **Pointing** / **Lanyard**

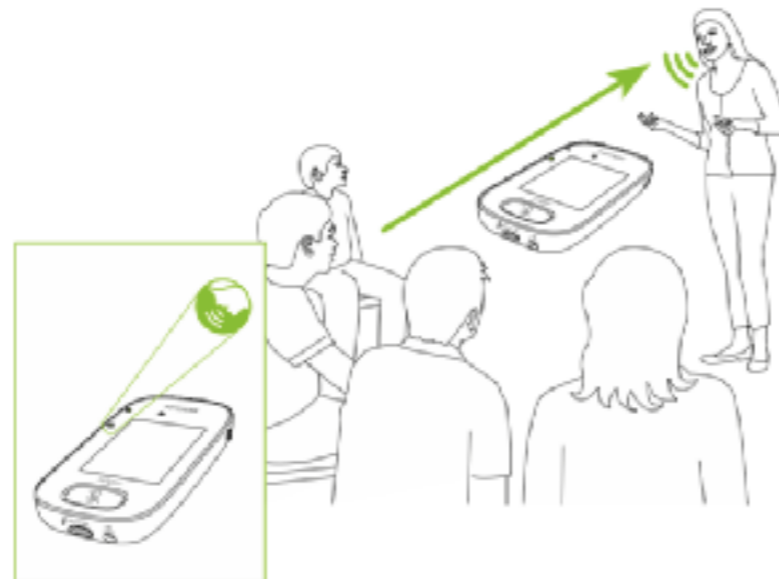
 Small Group



 Lanyard



 Pointing



驗證模式

- 啟動驗證模式：
 - [Settings]
 - [Verification mode]
 - [Activate]



調頻系統選擇

- 依個人輔具類型
- 不同廠家相容性
- 無線技術的選擇
- 發射器/發射器類型選擇
- 日常生活使用情境
- 是否有其他使用者

調頻輔具	左耳	右耳
無線式	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要
感應線圈式	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要
耳機式	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要
口袋式	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要
桌上音箱式	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 不需要

使用調頻系統注意事項



Connect



Check



Disconnect

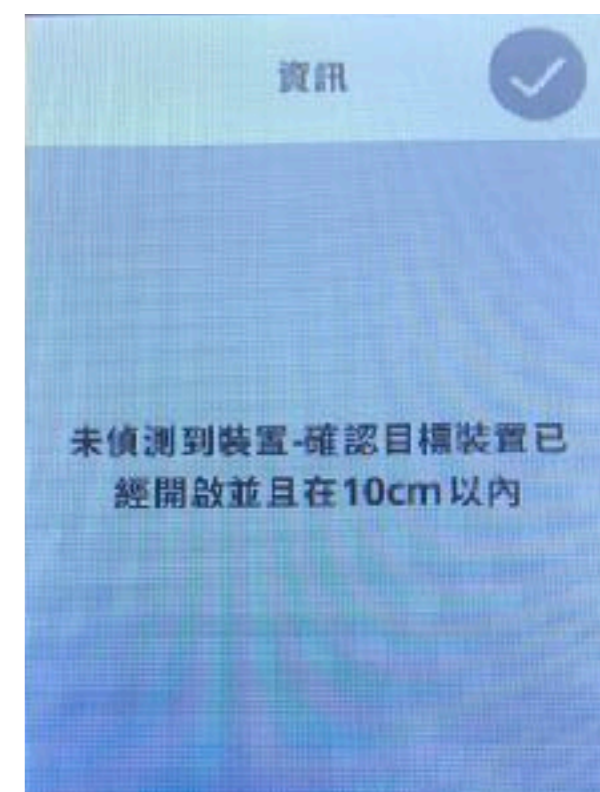


Settings

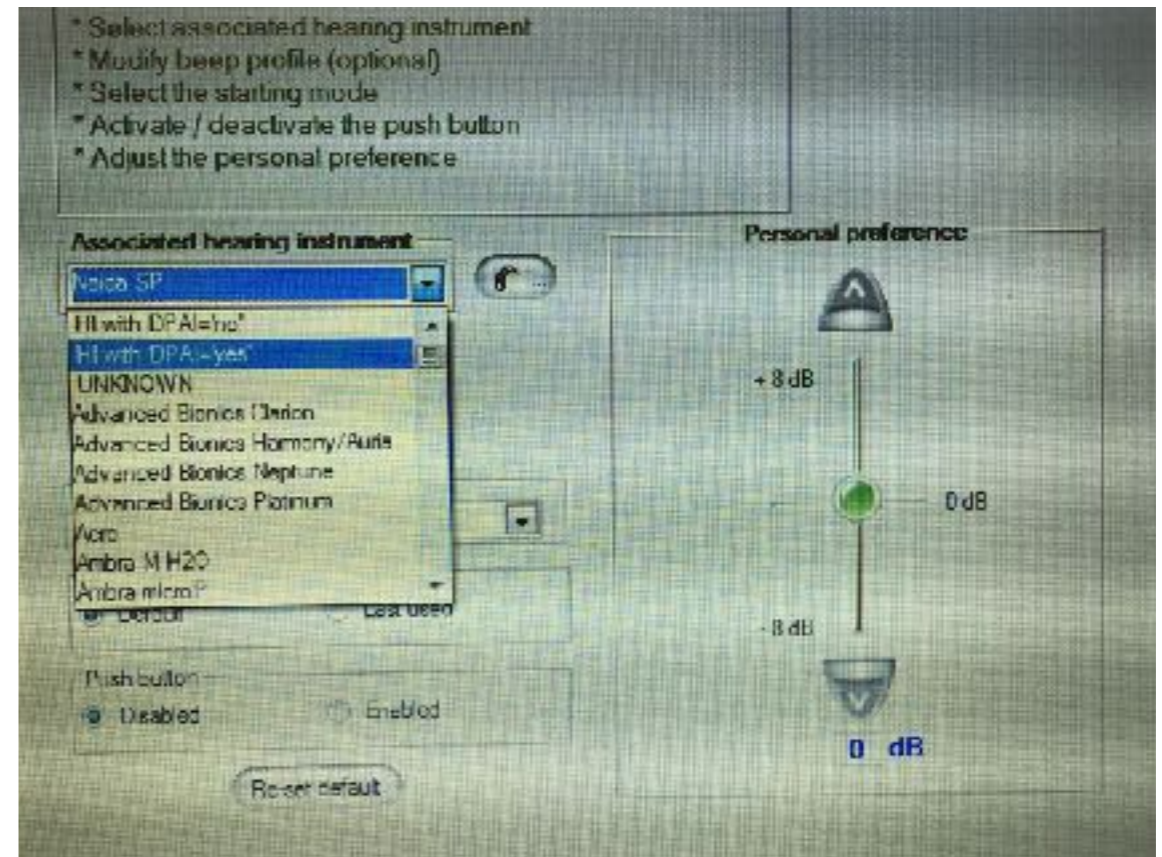
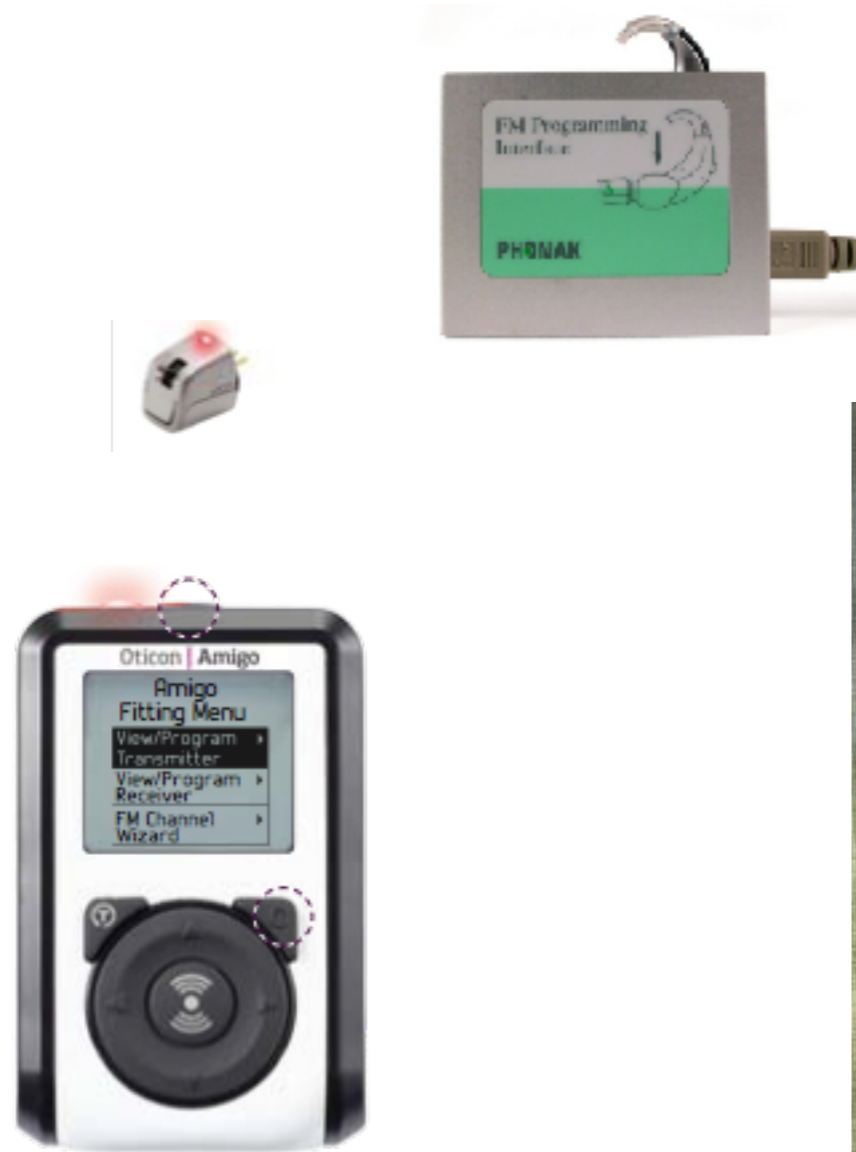
頻道號碼顯示



確認是否連結/配對



確定使用頻道及增益

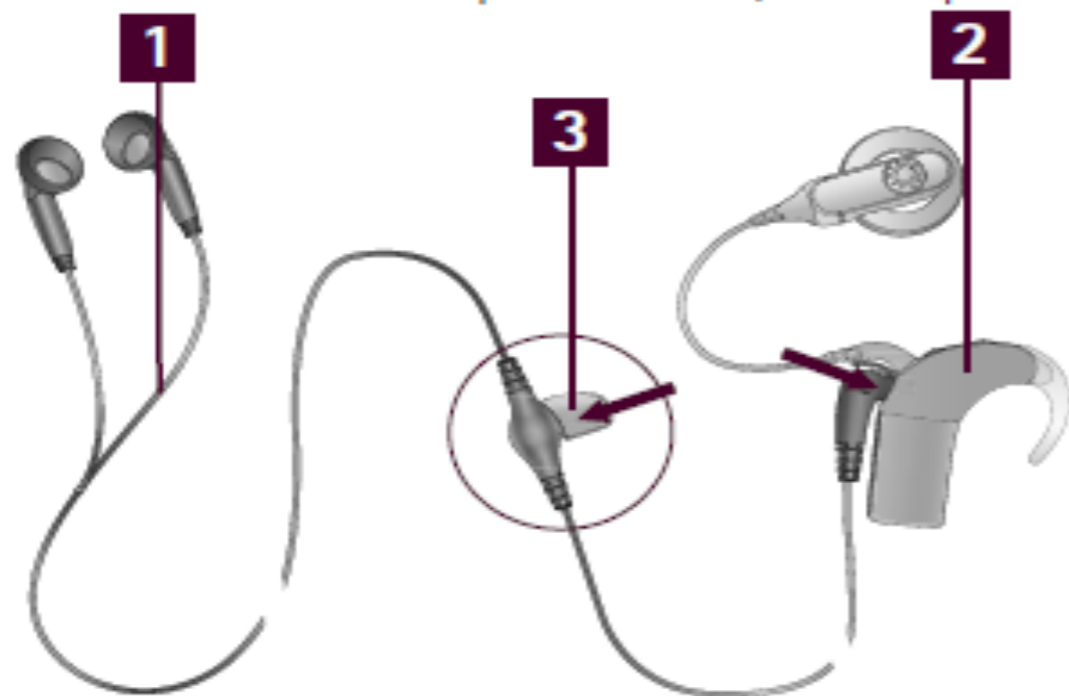
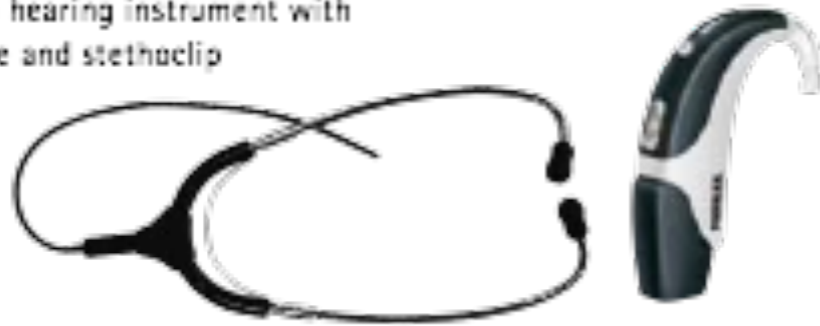


使用FM一般操作原則

1. 將接收器與個人助聽輔具正確連接
2. 開啟個人助聽輔具電源
3. 打開發射器

監聽

1 working hearing instrument with audio shoe and stethoclip

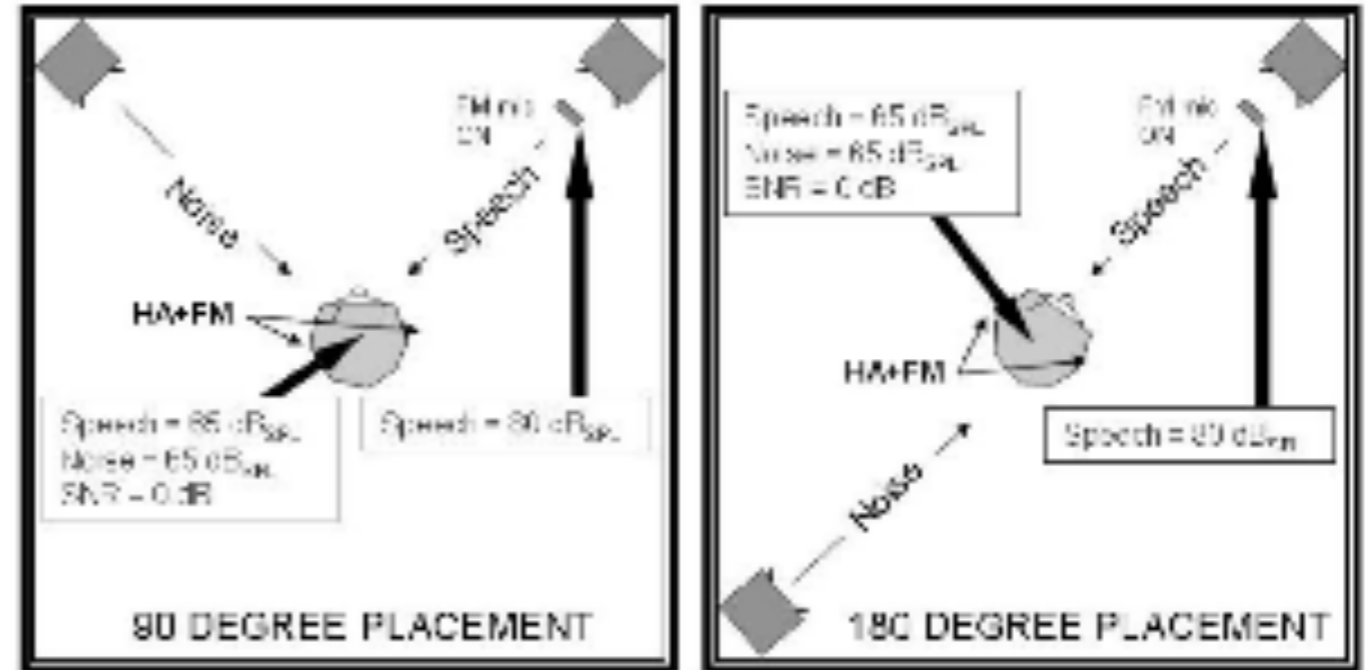


- 1** Cochlear™ Nucleus® CP800 Series Monitor Earphones
- 2** Cochlear™ Nucleus® 5 sound processor (CP810)
- 3** ML14i



MicroLink CI 5 plugged into the RadioShack speaker

驗證



(AAA, 2008)

維護/保養

1. 長時間不用發射器或接收器時，應將電池取出。
2. 保持外接音源點乾燥不銹蝕。
3. 音靴容易受潮故障。
4. 使用正確的充電器及電池。
5. 使用後保存在乾燥不潮濕的地方即可。
6. 避免摔撞或掉落。
7. 耳機線及麥克風線勿扭曲及折疊。
8. 定期送回銷售商保養。

References

- American Academy of Audiology Clinical Practice Guidelines. (2008, April). Remote Microphone Hearing Assistance Technologies for Children and Youth from Birth to 21 Years.
- American National Standards Institute. (2010). American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools (No. ANSI S12.60-2010). Melville, NY.
- Bradley, J. S., & Sato, H. (2008). The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *J Acoust Soc Am*, 123, 2078–2086
- Johnston, K.N., John, A.B., Kreisman, N.V., Hall, J.W. 3rd, Crandell, C.C. (2009). Multiple benefits of personal FM system use by children with auditory processing disorder (APD). *International Journal of Audiology*, 48(6), 371-383.
- Schafer, E. C., Mathews, L., Mehta, S., Hill, M., Munoz, A., Bishop, R., & Maloney, M. (2013). Personal FM systems for children with autism spectrum disorders (ASD) and/or attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD): An initial investigation. *Journal of Communication Disorders*, 46, 30-52.
- Lewis, M. S., Crandell, C. C., Valente, M., & Horn, J. E. (2004). Speech perception in noise: directional microphones versus frequency modulation (FM) systems. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15, 426-439.
- Schafer, E. C. & Thibodeau, L.M. (2006). Speech recognition in noise in children with cochlear implants while listening in bilateral, bimodal, and FM-system arrangements. *American Journal of Audiology*, 15(2), 114-126.
- Schafer, E. C., Musgrave, E., Momin, S., Sandrock, C., & Romine, D. (2013). A proposed electroacoustic test protocol for personal FM receivers coupled to cochlear implant sound processors. *Journal of the American Academy of Audiology*, 24(10), 941-954.

References

- Wolfe, J., Morais, M., Neumann, S., Schafer, E. C., Wells, N., Mülder, H. E., John, A., & Hudson, M. (2013). Evaluation of speech recognition with personal FM and classroom audio distribution systems. *Journal of Educational Audiology*, 19, 65-79.
- Wolfe, J., Morais, M., Schafer, E., Mills, E., Mulder, H. E., Goldbeck, F., et al. (2013) Evaluation of speech recognition of cochlear implant recipients using a personal digital adaptive radio frequency system. *J Am Acad Audiol*, 24(8), 714-724.
- Wolfe, J., Schafer, E. C., Parkinson, A., John, A., Hudson, M., Wheeler, J., & Mucci, A. (2013). Effects of input processing and type of personal FM system on speech recognition performance of adults with cochlear implants. *Ear and Hearing*, 34(1), 52-62