

老年嗓音的聲學參數特性

鄭靜宜

國立高雄師範大學 特殊教育系 教授

摘要

本研究比較老年人和一般成年人在母音/a/延長作業中的最長發聲時長和嗓音相關的聲學參數，探討老化對發聲嗓音的影響。參與者共有 130 位，其中 66 位為老年人，平均 70.95 歲，年齡範圍 65-77 歲，另外 64 位為一般成年人，平均 24.08 歲，年齡範圍在 19-40 歲。兩組男女皆各半。語音取樣後以 Praat 程式進行嗓音聲學分析，除了分析 MPD(maximum phonation time)、平均基頻、基頻標準差、基頻範圍外，還有 percent jitter、RAP(relative average perturbation)、PPQ(pitch perturbation quotient)、percent shimmer、APQ3 (amplitude perturbation quotient)、APQ5、APQ11、NHR、HNR 等音質聲學相關參數。結果顯示老年組平均的 MPD (M=15.14 s)顯著較成人組的(M=18.11 s)為短，且男性的顯著較女性的為長。老人組男性的基頻(M=137.06 Hz)顯著較成人組男性的基頻(M=124.48)為高，老人組女性的基頻(M=215.80Hz)則顯著較成人組女性基頻(M=169.95 Hz)為低。基頻的變動範圍和標準差在年齡組別和性別變項上亦達顯著差異。在音質相關聲學參數方面，性別變項皆未達顯著，顯示音質聲學參數不受性別的影響。在年齡組比較方面，三個頻率擾動相關參數(jitter related)只有 percent jitter 達顯著，老人組的數值顯著高於成人組；四個振幅擾動相關參數(shimmer related)則皆達顯著，老人組的數值皆顯著高於成人組，顯示老化對聲帶振動時振幅擾動的劣化影響性。可見老化對嗓音的影響不僅在基頻水準的改變，亦作用於基頻的穩定性維持以及聲帶振動局部的細微擾動上。

關鍵詞：嗓音聲學參數、老化、音質聲學、最長發聲時長、基頻

作者姓名：鄭靜宜

通訊地址：高雄市苓雅區和平一路 116 號

服務單位：國立高雄師範大學 特殊教育系

E-mail: jjeng@nknucc.nknu.edu.tw

電話：0988376035

壹、緒論

目前研究對於嗓音功能老化方面的瞭解尚屬於起步階段。言語溝通功能是維持生活品質重要的條件之一，目前有關老年嗓音功能變化方面的研究並不多，尤其是有關東方或亞洲長者相關的研究資料更是十分稀少，不利於臨床評估診斷的進行。本研究調查老年人在幾個嗓音聲學變項與成年人的差異，包括最長發聲時長(MPD, maximum phonation time)、平均基頻、基頻標準差、基頻範圍外，還有一些音質聲學相關參數，可做為簡單的常模資料供參考。

喉部老化是通常是因為荷爾蒙的改變使聲帶結構產生變化，帶來嗓音基本頻率和音質的改變 (Ramig & Ringel, 1983; Stathopoulos, Huber, & Sussman, 2011)。老年人的基頻會有一些升降變化。女性長者因停經後女性荷爾蒙減少之故，使得聲帶結構變得較厚或充水，聲帶質量增加，基頻因而降低 (Awan, 2006; Goy, Fernandes, Pichora-Fuller, & van Lieshout, 2013; Stathopoulos, Huber, & Sussman, 2011)。男性長者的聲帶則可能會變得較薄，然而，男性長者的基頻在各研究中有不一致的發現，有研究 (Brown, Morris, Hollien, and Howell, 1991; Ramig & Ringel, 1983; Russell, Penny, and Pemberton, 1995; Stathopoulos, Huber, & Sussman, 2011) 顯示長者的基頻比年輕成年男性為高，有些研究 (Xue, & Deliyiski, 2001) 則是長者的基頻較低，有的研究 (Goy, Fernandes, Pichora-Fuller, & van Lieshout, 2013) 則顯示長者與一般成年人的基頻並無顯著差異。臨床上因老化而產生的喉部病變並非罕見，老年人常見有喉老化(presbylarynges)，聲帶因萎縮、疲乏、鬆弛而導致發聲時聲門閉合不全，嗓音變得氣息聲(breathiness)、沙啞粗澀(roughness)，可能對說話溝通功能產生不良的影響。然而，目前有關老人此方面的研究並不多，在東方人長者嗓音方面的研究尤其缺乏，若能有較多的相關嗓音變化的聲學參數資料可有助於臨床的評估與診斷。

喉部發聲方面，成人一般最少可維持 10 至 15 秒鐘的持續發聲，在西方研究文獻資料成人的最長發聲時長(MPD)男性平均約在 25 秒至 30 秒之間，女性則因肺活量較小，MPD 較短，平均約在 20 秒至 25 秒之間 (Kent, Kent, & Rosenbek, 1987)。最長發聲時長也會因年齡而有差異。和一般成人相較，老年人的 MPD 也通常較短 (Awan, 2006; Ptacek, Sander, Maloney, & Jackson, 1966; Zraick, Smith-Olinde, & Shotts, 2012)。老年人的 MPD 男性平均約在 13 秒至 18 秒之間，女性平均約在 10 秒至 15 秒之間 (Kent, Kent, & Rosenbek, 1987)，MPD 通常和老人的性別、健康狀況和年齡變項有關。然而，近來也有研究的結果不太一樣，如 Maslan, Leng, Rees, Blalock 和 Butler (2011) 的研究老年人 MPD 的性別和年齡效果並未達顯著，其中老年男性平均 MPD 高達 23.23 秒，老年女性為 20.96 秒，和數據成年人的差異並不大。由上的研究回顧可知年長者的最長發聲時長和正常年輕人的差異在過去相關研究有不一致的結果，而這些研究的對象皆是西方人，而一般台灣老年人的 MPD 表現情況又是如何呢？

嗓音聲學參數則和不良音質之間有相關(Kent & Ball, 2000)。主要是一些 jitter

相關或是 shimmer 相關的聲學參數皆在測量聲帶振動時局部的擾動程度，數值愈大代表擾動程度愈大，音質愈不佳。jitter 相關參數，如 percent jitter、RAP(relative average perturbation)、PPQ(pitch perturbation quotient)，是在測量振動週期上的不規則擾動程度，shimmer 相關參數，如 percent shimmer、APQ3 (amplitude perturbation quotient)、APQ5、APQ11，是在測量振動振幅上的不規則擾動程度。

貳、方法

一、參與者

共有 130 位參與者，其中 66 位是 65 歲以上的老年人，年齡範圍在 65-83 歲之間。有 64 位年輕成人，為控制組，年齡範圍在 19 至 40 歲，兩組男、女皆各半。表 1 列出兩組和男女性別參與者的年齡平均數和標準差。成年組的參與者屬於年輕的成年人，多為大學生或研究生；老年人則來自社區的活動中心。這些參與者皆為自願參加，皆居住於台灣，以華語或台語為母語，在研究測試之時皆為健康的個體，並無身心障礙等情形或持有身心障礙手冊。

表 1 兩組參與者之年齡平均值與標準差（單位：歲）

組別	成人組			老年組		
	人數	平均值	標準差	人數	平均值	標準差
男性	32	24.25	5.36	33	71.67	5.01
女性	32	23.91	4.58	33	70.24	3.73
計	64	24.08	4.95	66	70.95	4.44

二、儀器設備

採用高品質的數位錄音機(TASCAM DR100)和指向性麥克風(SONY ECM-MS907)，取樣頻率 44000Hz。

三、程序

在安靜的室內進行，實施母音延長作業。母音延長作業的指導語為「請先深吸一口氣發出/a/音，盡量發得愈長愈好，使用的音量普通大小即可，音高盡量保持一致」。母音延長作業有兩次嘗試，取其最長的一次為該受試者的最長發聲時長 (MPD)。

四、資料分析

將數位錄音機的錄音存檔以聲學分析程式 Praat (Boersma, 2002) 的嗓音分析功能做分析，以游標訂出各個音段發聲時長的起點和終點，測量整體時長，並使用中段約 5 秒的音段進行嗓音相關參數的分析，避免掉最前段和尾段基頻較不穩定的部分。分析的音質聲學相關參數除了基頻標準差、基頻範圍之外，還有 percent jitter、RAP、PPQ、percent shimmer、APQ3、APQ5、APQ11、NHR、HNR 等音質聲學相關參數。

參、結果與討論

一、嗓音基頻

表 2 呈現老年組和成年組男女性在母音延長作業中平均基頻的資料，可見老人組男性的平均基頻較成人組男性的基頻為高，老人組女性的平均基頻較成人組女性的基頻為低，年齡變項在男女性基頻的變化有不一致的情形。以年齡組和性別為自變項，個人的平均基頻值為依變項的獨立二因子變異數分析結果顯示，年齡組變項效果達顯著， $F(1, 126) = 14.83$, $p < .001$ ；性別變項達顯著， $F(1, 126) = 206.72$, $p < .001$ ；兩變項的交互作用達顯著， $F(1, 126) = 45.75$, $p < .001$ 。因交互作用顯著進行單純主要效果檢定，結果顯示在男性部分，老年組的基頻顯著較**高**於成年組， $t(63) = -2.23$, $p = .03 < .05$ ；在女性部分，老年組的基頻則顯著較**低**於成年組， $t(63) = 7.05$, $p < .001$ 。老化對於女性基頻值變化的影響較男性的為大，老年組女性的基頻下降幅度遠較老年組男性基頻的上升幅度為大。

表 2 兩組之基頻之平均值、標準差、最高和最低值（單位：Hz）

	成人組 n =64				老年組 n =66			
	平均值	標準差	最高值	最低值	平均值	標準差	最高值	最低值
男性	124.48	18.29	160.55	79.36	137.06	26.29	201.38	94.51
女性	215.80	19.25	246.24	153.71	169.94	31.82	223.55	107.42

二、最長發聲時長

比較成人組和老年組以及男女性的最長發聲時長，由表 3 可見成人組男性的最長發聲時長最長，平均可達 20 秒，其次為老年組的男性，老年組的女性最短；然而，就女性而言，成人組和老年組之間的最長發聲時長差異不大，兩者皆在 14、15 秒左右。以年齡組和性別為自變項，最長發聲時長為依變項的獨立二因子變異數分析結果顯示，年齡組變項效果達顯著， $F(1, 126) = 6.31$, $p = .013$ ；性別變項達顯著， $F(1,$

126)=8.75, $p=.004$ ；兩變項的交互作用則未達顯著, $F(1, 126) = 2.22, p=.14$ 。顯示老年組的最長發聲時長顯著較成人組的為短, 男性的最長發聲時長顯著較女性的為長。此外, 和西方的文獻研究 (Kent, Kent, & Rosenbek, 1987) 相較, 本研究成人參與者, 無論男性或女性的最長發聲時長均較為短, 相差約有五秒之多。

表 3 兩組之最長發聲時長平均值、標準差、最大和最小值 (單位: 秒)

	成人組 n =64				老年組 n =66			
	平均值	標準差	最大值	最小值	平均值	標準差	最大值	最小值
男性	20.75	7.50	36.32	8.91	16.02	7.13	31.78	4.12
女性	15.47	4.57	31.29	8.79	14.25	7.22	36.17	4.62

三、嗓音音質相關聲學參數

兩組聲學參數的平均數和標準差列於表 4、表 5、表 6、表 7。由基頻標準差和基頻範圍可以推論發聲者在連續發聲時維持音高穩定的能力, 分析結果顯示基頻範圍和基頻標準差在年齡組別和性別變項均達顯著差異(基頻範圍: 年齡組效果達顯著, $F(1, 126) = 42.97, p < .001$; 性別變項達顯著, $F(1, 126) = 17.42, p < .001$; 基頻標準差: 年齡組效果達顯著, $F(1, 126) = 26.80, p < .001$; 性別變項達顯著, $F(1, 126) = 15.57, p < .001$), 顯示老年組在持續發聲時基頻較不容易維持穩定, 音高的變動起伏較大。

在音質相關聲學參數方面, 性別變項皆未達顯著, 顯示音質聲學參數不受性別變項的影響。在年齡組比較方面, 三個頻率擾動相關參數(jitter related)只有 percent jitter 達顯著 [$F(1, 126) = 5.55, p = .02$], 老人組的數值顯著高於成人組, 顯示老人組的在頻率面向上局部擾動度較大, 其餘兩 jitter 參數平均值雖有差異, 但統計未達顯著, 顯示這兩個 jitter 變項較不敏感。四個振幅擾動相關參數(shimmer related)則皆達顯著(percent shimmer: $F(1, 126) = 9.28, p = .003$; APQ3: $F(1, 126) = 5.61, p = .02 < .05$; APQ5: $F(1, 126) = 6.49, p = 0.01$; APQ11: $F(1, 126) = 6.76, p = 0.01$), 老人組的數值皆顯著高於成人組, 顯示老化對聲帶振動的振幅擾動的普遍劣化影響, 可在所有的振幅擾動相關參數上顯現出來, 推論老年人在發聲氣流的控制或是聲帶組織彈性在振動時變異性較高, 導致振幅的不規則擾動。在躁信比方面, NHR 參數兩組差異達顯著, $F(1, 126) = 6.80, p = 0.01$, 顯示老人嗓音中的噪音成分較大。但在諧音對噪音比值(HNR)部分, 兩組則無顯著差異 [$F(1, 126) = 0.29, p = 0.60$], 可能因為此變項較易受整體發聲音量的影響, 變異性較大之故。

表 4 兩組之基頻標準差和基頻範圍

group	男性				女性			
	基頻標準差		基頻範圍		基頻標準差		基頻範圍	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
成人	1.51	.72	9.06	4.34	3.41	4.60	12.09	8.86
老人	5.77	8.99	25.12	27.90	19.03	19.23	67.75	54.37

表 5 兩組之頻率擾動相關參數(percent jitter、RAP、PPQ)

	Percent jitter (%)		RAP		PPQ	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
男性						
成人	0.46	0.21	0.25	0.13	0.27	0.13
老人	0.57	0.47	0.30	0.33	0.32	0.29
女性						
成人	0.43	0.16	0.26	0.10	0.25	0.09
老人	0.59	0.34	0.32	0.23	0.30	0.17

表 6 兩組之振幅擾動相關參數(percent shimmer、APQ3、APQ5、APQ11)

	Shimmer(%)		APQ3		APQ5		APQ11	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
男性								
成人	2.27	1.79	1.19	1.01	1.34	1.12	2.11	1.88
老人	3.52	2.13	1.84	1.31	2.02	1.20	2.77	1.42
女性								
成人	3.04	1.58	1.72	0.94	1.84	0.96	2.13	1.03
老人	3.84	2.12	2.01	1.22	2.21	1.35	2.84	1.55

表 7 兩組之信噪比相關參數 HNR 與 NHR(%)

組別	男性				女性			
	HNR		NHR		HNR		NHR	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
成人	20.84	4.26	1.85	1.63	21.29	3.83	1.3	1.14
老人	21.28	4.39	2.64	3.36	20.06	4.23	2.65	2.54

肆、結論

本研究測量 131 位老年人和成年人的最長發聲時長，並分析嗓音功能和嗓音品質的相關聲學參數。結果顯示老年組在母音延長的時間長度和音質參數皆顯著不如一般

成年人。在嗓音發聲功能方面，無論男女性，老年組的最長發聲時長皆顯著較成人組的為短。在基本頻率方面，老人組男性的基頻顯著較成人組男性的基頻為高，老人組女性的基頻則顯著較成人組女性基頻為低。在音質聲學參數方面，大多顯示老人組的聲音信號有較高的頻率擾動和振幅的擾動係數以及噪音成分比例較高。無論男、女性，除了主要在基本頻率的改變，在基頻穩定性、聲帶振動時的振幅擾動和頻率擾動方面亦有增加的趨勢。此外，嗓音中的噪音成分比例也有增加。可見，老化對於嗓音發聲有顯著的不利影響。

參考文獻

- Awan, S. N. (2006). The aging female voice: Acoustic and respiratory data. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(2-3), 171-180.
- Boersma, P. (2002). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott international*, 5.
- Brown, W. S., Jr., Morris, R. J., Hollien, H., & Howell, E. (1991). Speaking fundamental frequency characteristics as a function of age and professional singing. *Journal of Voice*, 5, 310-315.
- Goy, H., Fernandes, D. N., Pichora-Fuller, M. K., & van Lieshout, P. (2013). Normative Voice Data for Younger and Older Adults. *Journal of Voice*, 27(5), 545-555.
- Maslan, J., Leng, X., Rees, C., Blalock, D., & Butler, S. G. (2011). Maximum phonation time in healthy older adults. *Journal of Voice*, 25(6), 709-713.
- Kent, R. & Ball, M. (2000). *Voice Quality Measurement*. Singular Thomson Learning.
- Kent, R. D., Kent, J. F., & Rosenbek, J. C. (1987). Maximum performance tests of speech production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 52(4), 367-387.
- Ptacek, P. H., Sander, E. K., Maloney, W. H., & Jackson, C. R. (1966). Phonatory and related changes with advanced age. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 9(3), 353-360.
- Ramig, L. A., & Ringel, R. L. (1983). Effects of physiological aging on selected acoustic characteristics of voice. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 26(1), 22-30.
- Russell, A., Penny, L., & Pemberton, C. (1995). Speaking fundamental frequency changes over time in women: A longitudinal study. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 101-109.
- Stathopoulos, E. T., Huber, J. E., & Sussman, J. E. (2011). Changes in acoustic characteristics of the voice across the life span: measures from individuals 4 - 93 years of age. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(4), 1011-1021.

- Xue, S. A., & Deliyski, S. A. X. D. (2001). Effects of aging on selected acoustic voice parameters: Preliminary normative data and educational implications. *Educational Gerontology*, 27(2), 159-168.
- Zraick, R. I., Smith-Olinde, L., & Shotts, L. L. (2012). Adult normative data for the KayPENTAX phonatory aerodynamic system model 6600. *Journal of Voice*, 26(2), 164-176.