

# 學前兒童至老年階段言語功能指標數值的變化\*

鄭靜宜

國立高雄師範大學  
特殊教育系

本研究探討華語說話者由兒童至老年的四項言語功能指標數值的變化，包括最長發聲時長（MPT）、發聲基頻（F0）、口腔輪替運動（DDK）速率以及自發性言語速率，跨年齡層的比較這些言語功能指標數值的差異。研究採橫斷法設計，年齡範圍由 4 歲至 83 歲，取樣八個年齡組群，分 4 歲組、5 歲組、6 歲組、7 歲組、9 歲組、12 歲組、成人組、老年組，共 8 組，一組有 40 至 60 位不等的參與者，各組男女人數約各半，全部參與者共 350 位。分析結果顯示由兒童至成人隨著年齡的增長，這些言語功能指標數值呈增進趨勢，但由成人至老年，言語功能指標數值則呈衰退趨勢。在 MPT 方面，除了老年組外，隨著年齡增加，MPT 隨之增長，由四歲組平均 5 秒開始逐漸增加，增長至成人最長，成年男性平均 21 秒。老年組則 MPT 減少，平均 15 秒。在 F0 方面，在學齡前階段無性別差異，而由 9 歲開始出現顯著的性別差異，女性 F0 顯著地高於男性。由兒童至成人，男女性皆隨著年齡的增長 F0 下降，但由成人至老人的 F0 變化趨勢是女性長者持續下降，而男性長者的 F0 則略升高。DDK 的速率隨著兒童年齡的增長而變快，由四歲（平均 3.25 音節/秒）至成人達最高（平均 5.28 音節/秒），老年組 DDK 速率（平均 4.70 音節/秒）則顯著低於成人組。自發言語速率和 DDK 速率隨年齡變化的趨勢相近似，亦隨著兒童年齡增長而變快，由四歲（平均 2.35 音節/秒），至成人達最高（平均 4.37 音節/秒）。自發言語速率與各項 DDK 速率呈中度正相關，顯現兩者間在構音動作控制的關連性。四個言語功能指標數值隨著年齡而變化的趨勢顯示言語功能在發聲呼吸效能、聲帶質量、構音動作速度與協調性的變化，由兒童期至成人階段大致呈現增長趨勢，由成年至老年言語功能則呈衰退趨勢。

**關鍵詞：**口腔輪替運動速率、自發性言語速率、言語功能、基頻、最長發聲時長

\*1. 本篇論文通訊作者：鄭靜宜，通訊方式：jjeng@nknuc.nknu.edu.tw。

2. 感謝研究的所有參與者以及科技部經費的支持，計畫編號：Most 105-2410-H-017-012。

人類所發出的語音負載著傳達意義的功能。個體的言語功能（speech function）是語音製造的功能，涉及言語各次系統（subsystem）的功能與其相互間協調能力。這些言語次系統包括呼吸、發聲、構音、共鳴和調律（prosody）。母音延長發聲（sustained vowel phonation）作業、口腔輪替運動（oral diadochokinetic, DDK）作業和自發性言語作業，這些作業是臨床言語功能評估中常見的例行性評估項目（Duffy, 2013）。由母音延長作業可測得最長發聲時長（maximum phonation time, MPT）和發聲基頻（fundamental frequency, F0）數值。由 DDK 可測得各項 DDK 速率。由自發性言語作業可作多項言語功能的評估，如言語速率、構音正確率、清晰度、流暢度等。由這些作業所測得的時長、頻率和速率等參數可作為個體言語功能的指標，其中 MPT、F0、DDK 速率、言語速率這四個參數具有言語功能評估的指標意義。圖 1 呈現言語功能相關的四個次系統及其功能指標間的對應關係。這四種參數可各自對應於言語次系統的功能層次，作為各層次功能之指標，其中 MPT 和呼吸-發聲效能有關，F0 和發聲功能有關，DDK 速率則和構音動作控制有關，自發性言語速率則是屬於調律調節層次的功能。由於這些評估作業不具侵入性，可迅速地顯示一些言語相關的功能，如基本發聲功能、呼吸支持、構音協調能力和連續發語表現等，在臨床上具有區分診斷的意義性，例如對於言語失用症（apraxia of speech, AOS）的區分診斷 DDK 的表現即為一項重要的觀察指標（Croot, 2002）。

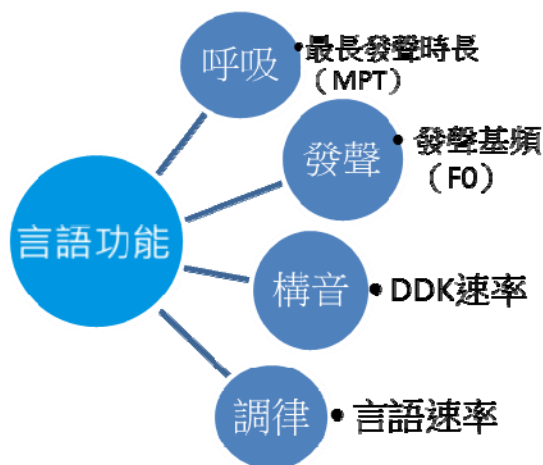


圖 1 言語次系統與言語功能測量指標

由兒童至老年人生各階段言語能力的發展，大致而言，兒童隨年齡增加而能力漸增，至成人時達到顛峰，到年老時則呈現衰退（陳豐慈等人，2018）。年齡對於言語功能而言是個重要的影響因素，言語功能隨年齡的消長變化乃屬於正常情形，然而，一些言語系統損傷的個體，相較於同年齡群體往往在言語功能上表現不佳，影響人際互動與溝通（呂信慧、曹峰銘，2018）。當這些言語障礙者需要臨床評估介入時，對於這些言語功能評估需要有所參照。一般臨床上的診斷建立在常模資料的基礎上，作為對照比較的基準。對於處於言語發展期的兒童，年齡常模的發展尤為重要，在生命早期的發展階段，常模資料需有較精細的年齡分組以供對照，才能較準確地顯現與一般兒童的差距。然而，具有連續且較精細年齡分組的常模資料十分少見。目前西方的言語功能相關研究中仍缺乏完整的跨年齡常模研究，而一般教科書所引用的指標常模資料往往是來自於各個相關研究，且多數的相關研究年代已較久遠，研究的取樣方法和測量程序也不盡相同，所施測的細項也有差異，尤其是各研究中的年齡組訂定與各組人數多寡皆有不小的差異，這些問題導致各研究所得之相關數據資料變異性過大，難以相互比較或整合（Cohen et al., 1998; Kent et al., 1987）。

目前台灣本土的言語功能相關的常模資料亦十分缺乏，或可使用西方研究的資料，然因為語言、文化、人種的差異，一些言語功能指標的數值可能會有所差異，例如在言語調律方面，華語為聲調語言 (tone language)，在言語計時上以音節為單位 (鄭靜宜, 2011a; Mok, 2009)，不似西方語言，如英語以重音為計時單位 (Cummins & Port, 1998; Dauer, 1983)。華語說話者在調律方面的表現，如言語動作的速率可能就會與西方語言說話者有所差異。由於缺乏本土的言語能力相關指標的年齡常模，在臨床上語言治療師在做評估診斷時，只能根據西方的常模相關資料或是憑藉著經驗、直覺判斷，實不利於以實證為本的臨床實務 (evidence based practice, EBP) 發展。要解決這個問題需要一個跨年齡層的本土性言語功能指標常模研究，能以一致性的測量和分析方法量測。本研究以華語說話者為對象，測量學前、學齡、成人至老年各年齡組的四個言語功能指標。以下就此各項言語功能指標的量測進行進一步的探討。

## 一、最長發聲時長

母音延長發聲作業是要求受試者以慣用音量發出一個延長母音，例如/a/音，發得愈長愈好，測量受試者所能發出母音的最長時長，是為最長發聲時長 (maximum phonation time, MPT)。MPT 測量時典型以發出/a/音為主，但不限定是/a/音，也可發出其他母音，如/i/、/e/等音。對於 MPT 的測量，臨床上為求方便常使用簡易的計時工具 (如碼錶、手錶、手機等) 來計時，然而，錄音後使用聲學分析測量 MPT 的時長是較精確的分析方法 (Kent & Ball, 2000)。

MPT 的數值可顯示受測者的呼吸－發聲效能，與聲帶發聲功能以及肺活量的多寡有關 (Solomon et al., 2000; Yanagihara et al., 1966)。Solomon 等人 (2000) 研究發現 MPT 和發聲時的呼吸支持有密切的關係，肺活量者愈大，MPT 愈長；在男性部分兩者之間的相關達 0.89，但在女性兩者的相關則較弱。可見，呼吸肺活量存在著性別差異，而 MPT 和肺活量有關，使得 MPT 也存在著性別差異。多數研究顯示 MPT 會受性別因素的影響，男性的 MPT 通常較女性為長，西方男性的 MPT 平均在 25 至 30 秒之間，女性平均在 20 秒至 25 秒之間 (Finnegan, 1984; Goy et al., 2013; Kent et al., 1987; Solomon et al., 2000; Yanagihara & Koike, 1967)。

老年人的 MPD 較成年人為短，亦存在著性別差異。男性老者的 MPT 平均在 13 至 18 秒之間，女性平均在 10 至 15 秒之間 (Awan, 2006; Goy et al., 2013; Ptacek et al., 1966; Zraick et al., 2012)。各研究中老人的年齡通常界定在 60 或 65 歲以上，例如 Goy 等人的研究 (2013) 老人平均年齡為 72 歲，範圍在 63-86 歲之間，標準差 4.8。Maslan 等人 (2011) 以 69 位老人為對象，分三個年齡組：70 歲組、80 歲組、90 歲組，發現三組 MPD 的年齡效果未達顯著，推測個人老化或健康狀況可能才是老人 MPT 的影響因子。Shinoda 等人 (2017) 的研究也有類似的結果，他們評估 380 位日本老人 (246 位女性、134 為男性)，平均 72.7 歲，範圍 60-89 歲，男性長者 MPT 平均 19 秒，女性長者平均 16 秒。60 歲組 MPT 平均 18 秒，70 歲組 17 秒，80 歲組 16 秒，年齡組效果未達顯著。老年人的 MPT 通常較成人為短，但老人間的年齡組效果通常不顯著，可能因個體在生理上的老化程度未必與其生理年齡成正比。

兒童的 MPT 較成人短 (Finnegan, 1984; Harden & Looney, 1984; Mendes Tavares et al., 2012, Robbins & Klee, 1987)，尤其是學齡前兒童，因肺活量較小，發聲效能不高，導致 MPD 較短。兒童的 MPD 長短通常依年齡而有差異，年齡愈大，MPD 愈長，性別效果則通常不顯著 (Finnegan, 1984; Weinrich et al., 2013; Robbins & Klee, 1987)。Mendes Tavares 等人 (2012) 調查不同年齡組兒童的 MPT，發現 4-6 歲年齡組平均為 6.09 秒，7-9 歲年齡組平均為 7.94 秒，10-12 歲年齡組平均 8.98 秒，可見兒童年齡愈大 MPT 有愈長的趨勢。

由以上研究可知影響 MPT 的長短主要有年齡、性別和其他如健康狀況等因素，其中以年齡變項為最主要，性別變項次之。成人和老人的 MPT 會受性別的影響。而以上研究的受試者皆以西方人為主要，以華語說話者為對象的 MPT 研究較少。Wang 與 Huang (2004) 以 90 位台灣成人為對象測量其 MPT 和發聲基頻等聲學特性，年齡範圍 20-49 歲，男性和女性各 45 位，發現男性的 MPT 平均 28 秒，女性平均 22 秒，有顯著的性別效果，和西方常模數值相近。其餘相關研究則以未發

表的碩士論文研究為主，例如莊羽蓁（2014）測量成年女性各年齡層嗓音聲學及氣動學變項，發現 61 位成年女性 MPT 平均為 21 秒，22 位老年女性（平均 69 歲）MPT 平均 16 秒。王星懿（2016）論文研究成年男性各年齡層嗓音聲學及氣動學變項，亦包含 MPT 的測量。然對於說華語兒童的 MPT 之研究目前仍缺乏，也缺乏由兒童、成年至老年可較完整觀察 MPT 變化的研究。

## 二、發聲基頻

基本頻率又稱基頻（F0），為發聲時聲帶振動每秒的次數，是音高知覺的來源，為常見嗓音功能評估之項目。一般成年男性基頻約在 90-160Hz 之間，女性基頻則約在 160-250Hz 之間（Kent et al., 1987）。基頻主要受聲帶質量變化的影響，出生時聲帶短而薄，基頻很高，之後隨著聲帶和喉部結構的成長，聲帶質量逐漸增加，基頻也漸降。年齡與性別為影響基頻的兩個重要因素。

在生命早期男女間嗓音基頻並無差異，到了青春期時由於體內荷爾蒙的改變，帶來聲帶結構的變化，使發聲基頻和音質發生改變，男性基頻明顯變低，女性基頻也變低，但較不明顯（Abitbol et al., 1999; Evans et al., 2008）。青春期之後隨著年齡增長，男女間基頻差距更大，到了成年時最為明顯，成年女性嗓音約較成年男性高了一個音程（octave）之多。到了老年，因老化的影響讓男女間嗓音基頻有漸趨同化的趨勢，老年女性基頻因老化而變低，男性基頻因老化而變高（Awan, 2006; Brown et al., 1991; Goy, et al., 2013; Ning, 2019; Russell et al., 1995; Ramig & Ringel, 1983; Stathopoulos et al., 2011）。

老化對於基頻產生的變化在性別的差異，主因是女性長者因停經後女性荷爾蒙減少，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 et al., 2013; Russell et al., 1995; Stathopoulos et al., 2011）。男性長者則可能因性荷爾蒙減少，聲帶變得較薄，導致基頻上升。研究（Brown et al., 1991; Ramig & Ringel, 1983; Russell et al., 1995; Stathopoulos et al., 2011）顯示長者基頻比一般成年男性為高，但也有研究（如 Goy et al., 2013）未發現其間的差異，老年男性與一般成年人基頻並無顯著差異。這些相關研究結果有不一致的情形。由於嗓音基頻涉及言語溝通功能，太高或太低皆對人際溝通產生不利的效果。

由以上研究可知基頻主要影響因素是性別和年齡。Wang 與 Huang（2004）的研究以台灣成人為對象，年齡範圍 20-49 歲，發現男性母音/a/的平均基頻值為 121Hz，女性平均為 213Hz，有顯著的性別效果。Ning（2019）以喉電儀（electroglottography）測量 30 位說華語成人女性的基頻和一些聲門開合商數，發現母音/a/的基頻顯著地受年齡變項影響，年輕女性的基頻顯著地高於中年和老年女性說話者。目前以華語說話者為對象的研究仍不多，尤其是缺乏跨年齡層嗓音基頻比較的研究資料，供本土臨床上各年齡層個案做嗓音功能評估時參照之用。

## 三、口腔輪替運動速率

DDK 作業是個體以最快速度重覆說出簡單的音節，測量最快重複音節的速率（Fletcher, 1972）。DDK 作業測量個體最快可變換構音動作的速度，可作為個體構音動作控制能力的指標。臨床上常見的量測 DDK 速率方法有二種：定時記次法（count-by-time）和定次計時法（time-by-count）（Fletcher, 1972），前者是在一段時間（如五秒鐘）中最多能說出的音節數，後者是計算固定次數，如 10 次或 20 次，輪替運動所花費的時間。

DDK 速率依據 DDK 項目中的音節組成，分為兩類：交替運動速率（alternating motion rates, AMRs）和序列交替運動速率（sequential motion rates, SMRs）的測量作業。AMRs 由重複性單音節的 DDK 作業測得，AMR 評估之目的在於測試單一音節構音動作的協調功能，如/pa pa pa pa.../（ㄆㄚ、ㄆㄚ、ㄆㄚ...）、/tatata.../（ㄊㄚ、ㄊㄚ、ㄊㄚ...）、/ka ka ka.../（ㄎㄚ、ㄎㄚ、ㄎㄚ...）等。序列交替運動速率（SMRs）是使用多音節為材料所測得的 DDK 速率，可測量說話者迅速轉

換不同構音位置的動作能力，可構音動作的協調性，此能力對於連續說話相當重要。最常見 SMR 是測能快速變化三種塞音構音位置（雙唇、齒槽和軟腭）：*/pa ta ka/*（ㄆㄨㄚˊ、ㄊㄨㄚˊ、ㄎㄨㄚˊ）項目。

DDK 計算的單位可用次數（次/秒）或音節（音節/秒）為單位，但兩者速率計算基準不同，如典型 SMR：*/pa ta ka/*，若以「次」計算，一次含有三個音節。為了將 SMR 和 AMR 相較，兩者速率皆以「音節/秒」為計算單位較佳。由於 SMR 檢測可提供說話者在構音位置移動的動作協調能力的訊息，對於言語失用症（AOS）具有診斷意義（Duffy, 2013），因 AOS 患者在言語動作的計畫和程序化有障礙，常無法快速地變化構音位置，而 SMR 需要比 AMR 更高階的動作計畫和程序化的能力，因此 AOS 患者的 SMR 和 AMR 速率差距會較正常說話者為大，且其 SMR 可能出現較多音節順序錯亂或甚至無法做出流暢的 SMR 序列的情形，因此 SMR 測量可作為 AOS 的區分診斷依據。

運動言語障礙（motor speech disorders）者通常有較慢的 DDK，吶吃（dysarthria）和 AOS 屬於運動言語障礙。吶吃是中樞或周邊運動神經系統的損傷，造成言語清晰度不佳，影響言語功能與人際溝通。吶吃常見於腦性麻痺（cerebral palsy）兒童，吶吃症狀亦常見於一些退化性疾病患者，如帕金森氏症（Parkinson's disease）、肌萎縮側索硬化症（Amyotrophic lateral sclerosis）等。因為 DDK 的檢測具有指標意義（Duffy, 2013），且程序簡便、快速，要求連續說出幾個簡單音節，如 */pa, ta, ka/* 等音節，即可透露有關言語機制的訊息，藉以推論個體說話動作基本歷程障礙或缺陷。DDK 具有臨床診斷的指標性意義，與言語障礙的嚴重度有關，愈嚴重者 DDK 速率愈慢。

一些常模性的調查研究顯示正常說話者 DDK 數值通常在一個穩定的範圍之內（Bhat, 2012; Kent et al., 1987）。和成人相較，正常兒童的 DDK 速率較慢，老年人 DDK 速率也較慢。Robbins 與 Klee（1987）測量 90 位 2.5 至 6.5 歲兒童的 DDK 速率，發現 2.5 歲兒童之 AMR 平均 3.7 次/秒，6.5 歲兒童 AMR 平均 5.51 次/秒，發現兒童的 DDK 速率隨年齡而增加。Yaruss 與 Logan（2002）測量 15 位 3 歲至 7 歲的正常男孩，發現兒童的 DDK 速率與年齡呈中度正相關，並發現年齡較小的兒童雖然會在 DDK 產生時出現一些構音錯誤，但卻少有不流暢的情形，與 AOS 或口吃兒童有較多不流暢的情形不同。Prathanee 等人（2003）測量 142 位 6 歲至 13 歲的泰國兒童，其中 92 位為女性，50 位是男性，發現 DDK 速率也是大致隨著兒童年齡增加而有漸增，並發現 SMR 性別差異不顯著。值得注意的是，他們測量到的 DDK 速率值較一般西方研究（如 Fletcher, 1972）的值稍較低，推論是因參與者所使用的語言（泰語）不同所致。由這些研究可知兒童的 DDK 速率較成人為低，而說話者使用的語言特性可能會對 DDK 速率產生影響。

DDK 速率被認為是運動神經成熟的一個指標（Henry, 1990; Prathanee et al., 2003），因為隨著個體年歲的增長，DDK 速率明顯增快，然而兒童成長要到何時 DDK 速率才會達到成人的水準呢？Canning 與 Rose（1974）根據其研究結果推論約在 9-10 歲，而 Fletcher（1972）則認為要在 15 歲之後才會與成人 DDK 速率相似。由於研究間有不一致的結果和看法，有更進一步研究的需要。在性別差異方面，多數研究發現兒童之 DDK 速率在性別上無顯著差異（楊淑蘭, 2004; Canning & Rose, 1974; Robbins & Klee, 1987）。

西方 DDK 的常模取樣研究，大多以兒童的研究居多，成人的研究次之，老人的研究較少。老年人的 DDK 速率通常不如成年人，而長者的 DDK 速率通常與其年齡的相關較低，例如，Pierc 等人（2013）研究老人的 DDK，他們招募 76 位老人，以年齡分兩組，一組是較輕齡老年人（65-74 歲），一組是較熟齡老年人（75-86 歲）。測量兩種口腔輪替運動：AMR（*/pa/、/ta/、/ka/*）和 SMR（*/pataka/*），使用聲學分析速率，結果發現 DDK 速率在兩組不同年齡的老人組之間並無顯著差異，在 AMR 性別效果顯著，男性長者 AMR 速率顯著較快，但在 SMR 部分則未達顯著。Kikutani 等人（2009）測量了 268 位日本老人的口功能和咀嚼能力，其中也包含了 AMR 的測量，依年齡分四組，結果也顯示年齡組變項對 AMR 速率未達顯著差異。這些研究結果顯示老人的生理年齡和 DDK 的速率相關不顯著，認為除了年齡外，長者的體能或健康程度可能是更重要的影響因素。

在華語說話者 DDK 研究方面，曾思綸與鄭靜宜（2018）測量 4 到 6 歲學前兒童的 DDK 速率，發現 DDK 的速率隨兒童的年齡增加而增快。陳玫霖（2009）的論文研究評估三組說話者（兒童、成人、老人）DDK 速率和自發言語速率，兒童年齡範圍在 6.5-8.5 歲之間，發現成人組的 DDK 速率顯著快於兒童組與老年組，兒童組之速率與老人組之間未達顯著差異。目前國內在 DDK 速率的相關研究不多，若想瞭解對各年齡層說話者 DDK 速率及其影響因素需有更進一步的研究。

#### 四、自發性言語速率

一般說話時說話者常有其慣常的語速。Deese (1984) 指出英語說話者一般對話的速率大約是每秒 5 到 6 個音節。自發性言語速率 (spontaneous speech rate) 為一個人自發說話時習慣的語速。計算單位為一分鐘中說出的詞語數量 (word per minute, wpm)，或是一秒中說出的音節數 (音節/秒)。然而，因為語流中各詞語的音節數不一，使用音節為計數單位是較精確的算法。由於華語連續語音的計時 (timing) 是以音節為基本單位 (鄭靜宜, 2011a)，因此使用「音節/秒」為單位計算華語速率是較適當的。言語速率 (speech rate) 的量化方式有兩種，一種是包含了認知語言性思考、呼吸換氣或語用意圖等的停頓 (pause) 時間算得的言語速率，又稱為說話速率 (speaking rate)，另一種算法是排除停頓時間後算得的言語速率 (Verhoeven et al., 2004)，又稱為構音速率 (articulation rate)。前者較易受語言題材、溝通目的、記憶力或高層次語言運作 (語法或語用) 等因素的影響。後者是較純粹言語構音動作的速率，和構音的協調性或動作技能有關。因此，一般在言語功能評估時，言語速率的計算通常不計入停頓時間，以排除高層次語言、認知因素或其他不流暢因素的影響。對於停頓時間的排除通常是將超過 250ms 以上的空白時間去除。事實上，一般正常成人用普通語速說話時，若為沒有遲疑的連續發語，通常很少出現超過 200ms 的停頓 (Campione & Véronis, 2002; Goldman-Eisler, 1972)，但兒童由於說話語速較慢，語流中的停頓時長一般也會較長。

兒童言語的速率通常較成人為慢，例如 Block 與 Killen (1996) 以澳洲說英語者為對象，發現在兒童對話的語速顯著較成人為慢。過去的一些研究皆顯示兒童言語構音速率大致隨著年齡成長而有增加的趨勢，3 至 6 歲學齡前兒童之構音速率平均約在 3-4 音節/秒之間，而 7 至 12 歲學齡期兒童構音速率介於 4-5 音節/秒之間。兒童構音速率有隨著年齡增加而變快之趨勢 (Amir & Grinfeld, 2011; Logan et al., 2011; Sturm & Seery, 2007; Walker et al., 1992)。Walker 等人 (1992) 比較 3 歲和 5 歲兒童之自發言語速率，兩組各 20 位，發現 5 歲兒童的語速顯著快於 3 歲兒童。曾思綸 (2017) 的論文研究分析 4 足歲、5 足歲和 6 足歲三組華語兒童的自發性言語速度，發現兒童之語速隨年齡增加而變快，其中四歲組平均言語構音速率顯著慢於六歲組，但兩相鄰年齡組之間語速差異則未達顯著，且發現學前兒童的自發性言語速率和 DDK 速率呈顯著中度正相關。陳攻霖 (2009) 的 DDK 論文研究亦有評估三組說話者 (兒童、成人、老人) 自發性言語速率，發現成人組之自發性言語速度顯著快於兒童組及老年人組，老年人組則顯著快於兒童組。在性別差異方面，多數研究顯示說話速率在男女間差異並不顯著 (Amir & Grinfeld, 2011; Kowal et al., 1975; Sturm & Seery, 2007; Walker et al., 1992)。

目前探討 DDK 速率和自發性語速的關係研究不多，曾有研究 (Dhakal et al., 2015) 比較印度南方的馬拉雅拉姆語 (Malayalam) 使用者和尼泊爾語 (Nepali) 使用者之 DDK 和自發性言語速度，因為馬拉雅拉姆語的語速通常較尼泊爾語為快，研究者他們原先推論兩種語言的使用者在 DDK 的速率表現上也會有相應的關係，測量了這兩種語言母語使用者各有 20 位成人的自發言語速率和 DDK，發現在自發性語速兩組有顯著差異，但在 DDK 速率兩組卻無顯著差異，因此推論 DDK 速率不受所使用語言的影響，但在自發性言語速率則會受語言影響。此外，Tiffany (1980) 曾探討 DDK 速率和朗讀速率的關係，受試者為 10 位成人，發現兩者相關並不顯著。然而，此研究的作業為朗讀並非自發性言語，且受試者為正常成人且只有十位，言語速率資料分佈具相當的同質性，所得相關值自然不高。上述兩個國外研究的參與者人數皆不多，得到 DDK 速率和言語速率之間的相關性尚不明朗，若有較多的參與者將可得到較為明確的答案。再者，由於華語的調律特性，華語說話者的語速控制機制可能和西方語言說話者有所差異，而 DDK 速率也可能受到影響。然而，目前此方面研究十分稀少。張雅萍 (2014) 的論文研究中以 198 位台灣成人和老人為對象，進行言語清晰度的評估，其中也包含言語速率和 DDK 速率的評估，結果其中一個發現是言語速率和 DDK 速率呈中度正相關，可見言語速率和 DDK 速率應該是有關連性的，但因為該研究中言語速率是以短文朗讀的方式測量，而非自發性言語。因此，有關於華語說話者的自發言語速率和 DDK 速率的關係有必要加以探討。

不正常的言語速率為運動言語障礙者和言語流暢障礙（fluency disorders）者的症狀之一。和正常說話者相較，訥吃者的語速評估則顯得十分重要，因為語速和言語障礙嚴重度之間有著密切關係，隨著退化性疾病的病程嚴重度增加，語速漸漸變慢（Duffy, 2013; Kent et al., 1992）。在一些退化性疾病的初期，清晰度尚未受到影響，訥吃症狀尚不明顯，通常最初症狀顯現是說話速度的降低，而之後語速遲緩程度往往是疾病持續加重的重要徵兆。口吃（stuttering）和迅吃（cluttering）屬於言語流暢性障礙。言語流暢性障礙者可能有著過快或過慢的言語速度。因此，語速資料對於言語流暢性障礙診斷十分重要。由於這些障礙者的年齡可能是橫跨由年幼到年老一生的範圍，診斷時需要有同年齡的健康群體常模資料比較。

基於上述原因，本研究的主要目的在比較華語說話者由學前至老年各年齡層의 言語功能指標數值，包括 MPT、發聲基頻、DDK 速率、自發言語速率等。除了年齡變項，因為這些言語功能指標可亦會受到性別因素的影響，因此也考驗這些言語功能相關指標數值的性別差異，並探討兩個速率指標：DDK 速率和自發性言語速率的關係。

## 方法

### 一、參與者

研究參與者共計 350 人，皆為居住於台灣的健康說話者，皆會華語，並以華語或台語為主要的語言。參與者依年齡分 8 組，包括三個學前兒童組（4 歲組、5 歲組、6 歲組）、三個學齡組（7 歲組、9 歲組、12 歲組）、成人組和老年組。學齡組兒童的年齡設定主要考量選取國小一年級、三年級和六年級兒童的主要整數年齡。各兒童組受測者的挑選以施測當日兒童年齡以不超過其年齡組數值正負 3 個月的範圍為選取標準。例如四歲組兒童的年齡範圍是介於三歲 9 個月至四歲 3 個月之間。每組人數 40 至 60 人不等，男女約各半。表 1 列出各組男女人數和總人數。成人組的年齡範圍在 19 歲至 40 歲（平均 24.09 歲， $SD = 5.22$ ）。老年組年齡範圍是 65 歲至 83 歲（平均 70.80， $SD = 4.29$ ）。這些參與者皆無重大疾病或失智症，於施測之時所有參與者皆屬健康個體，並排除運動神經疾患或身心障礙者。

表 1 各年齡組男女人數

組別	4 歲組	5 歲組	6 歲組	7 歲組	9 歲組	12 歲組	成人組	老年組	總計
男	21	22	21	20	20	20	20	30	174
女	20	20	20	20	22	21	23	30	176
計	41	42	41	40	42	41	43	60	350

### 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），錄音取樣頻率為 44000Hz。

### 三、程序

採一對一個別施測，在安靜的室內進行。三項作業整體測試時間約 20 分鐘，但年齡較小的學前組兒童施測時間較久，約 30 分鐘。施測程序是先實施母音延長作業，再進行口輪替運動作業。

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，以普通音量即可」。母音延長作業有兩次嘗試，取其最長的一次為該受試者的 MPT。

口腔輪替運動作業的指導語為「請深吸一口氣，在聽到提示音後用最快的速度開始說出ㄉㄚ、ㄉㄚ、ㄉㄚ...（或ㄉㄚ、ㄉㄚ、ㄉㄚ...、或ㄎㄚ、ㄎㄚ、ㄎㄚ...），要說得清楚、愈快愈好，直到停止的提示出現為止。」先進行 AMR 的量測，再進行 SMR 的施測，要求每組的 DDK 產出至少要持續 5 秒以上。AMR 的項目有/pa/、/ta/、/ka/三種，典型 SMR 項目：/pataka/，以及/pata/、/pituka/、「怕他看」、「打頭殼」（台語）等四個類 SMR 的項目。由於一般臨床 SMR 評估以/pataka/項目為主，若/pataka/無法完成則可能會以上述四個類 SMR 項目做替代嘗試，故本研究將這四個類 SMR 項目亦納入評估項目，並探討這四個類 SMR 項目的速率與典型 SMR 的差異。

自發性言語的取樣目標是說出「龜兔賽跑」的故事。施測者先播放一個約兩分鐘的「龜兔賽跑」動畫影片，之後要求參與者以自己的話描述這個故事，鼓勵受測者說的愈多愈好。將受試者的言語反應以數位錄音機錄音做為後續分析之用。

#### 四、資料分析

本研究以聲學分析測量這些言語功能相關參數需要的音段時長和基頻數值。使用聲學分析的程式工具 TF32 (Milenkovic, 2004) 將語音錄音數位化音檔以視覺頻譜圖呈現，同時呈顯波形和頻譜圖於螢幕呈現，並視需要局部放大，用游標手工標註語音的起始和終點時間來測量各音段的變項，再據以計算相關數值，如速率、停頓、基頻等，MPT 的測量即以此方式完成。基頻的測量則是以音高頻率追蹤功能分析，排除 MPT 音段之開頭和尾部不穩定的部分，計算中段穩定約 5 秒時段的基頻平均值，若不足 5 秒時以整段計算。

口腔輪替運動的速率分析是分析各整段 DDK 總時長，並計算頻譜圖上音段中所含音節數，將 DDK 音節數除以整段的時長，轉換為速率。AMR 和 SMR 皆以個體每秒所發出的音節次數（音節／秒）為單位做計算。停頓界定為大於 300 毫秒以上的空白音段。一個 DDK 音段的時長中若有停頓或換氣的時間則需先去除，再計算速率。

自發性言語速率的分析是先將每個參與者所敘述龜兔賽跑故事的語料轉成逐字稿，計算總字數，即是總音節數，再將參與者所說故事之整段言語的時長除以所說的總音節數即為言語速率，單位是音節／秒。因為語料中可能有些長短不一的停頓時長，大多在語句之間或是因遲疑、構思文句做語言性思考時間，由於非純粹構音時長，需加以排除，將整段語料載入 TF32 程式中做頻譜圖的檢視，刪除聲波中的超過 300 毫秒以上的空白音段（即停頓時間）。語速計算方式和 DDK 速率計算相同，整段言語的時長先排除停頓後，得出總時長再除以總音節數，得到以音節／秒為單位的言語速率。

#### 五、信度考驗

以重測信度考驗四個言語功能指標的穩定性，於 8 個年齡組中隨機選取 4 位共 32 位參與者，於第一次測量後以隔週或隔兩週後重測包括三個作業：母音延長作業、DDK 作業和自發性言語作業，之後分析比較前後兩次之間五項數值的差異，包括 MPT、F0、AMR、SMR 和自發性言語速率。分析結果顯示這五個變項在第一次和第二次測量數值的 Pearson 相關係數介於 .79 ( $p < .001$ ) 至 .89 ( $p < .001$ ) 之間，其中 MPT： $r(30) = .82, p < .001$ ；F0： $r(30) = .86, p < .001$ ；AMR： $r(30) = .89, p < .001$ ；SMR： $r(30) = .84, p < .001$ ；自發性言語速率： $r(30) = .79, p < .001$ ，顯示這些變項的測量具有相當的穩定性。



## 結果

## 一、最長發聲時長

表 2 列出 8 個年齡組之 MPT 平均數與標準差，其中 4 歲組兒童的 MPT 最短，約 5 秒。其他年齡組別的 MPT 長度隨著年齡增加而增長，以成人組男性的時長最長，平均達 20.75 秒，其次為 12 歲男性組。比較男女性別的 MPT 差異，在三個學前組和 7 歲組的男女性別之間差異不明顯，而九歲組開始顯示出性別差異（見圖 2）。九歲之後的組別性別差異更加明顯，男性的 MPT 皆大於女性，但老年男性在 MPT 時長較成年男性衰減較多，反而使得老年組的男女之間差異不大。老年女性的 MPT 衰減較不明顯，老年女性和成人女性之間 MPT 差異並不明顯，皆在 14、15 秒左右。由圖 2 可見兩性別組隨年齡增加，嗓音最長發聲時長的變化趨勢，隨著年齡增長兩性別間的 MPT 差異漸大，可見年齡和性別可能是影響 MPT 的重要變項。

以年齡組和性別為自變項，MPT 為依變項的獨立二因子變異數分析（8x2 two way ANOVA）結果顯示年齡組變項效果達顯著， $F(7, 334) = 41.02, p < .001, \eta^2 = .45$ ；性別變項達顯著， $F(1, 334) = 9.65, p = .002, \eta^2 = .03$ ；兩變項的交互作用則未達顯著， $F(7, 334) = 1.99, p = .06, \eta^2 = .04$ 。可見年齡和性別是兩個顯著影響 MPT 的變項，年齡愈大的組 MPT 有愈長的趨勢，男性的 MPT 顯著地較女性 MPT 為長。針對年齡組變項 Tukey HSD 事後比較顯示，除了三個學前組之間、成人和 12 歲組之間、老年組和 9 歲、12 歲組之間以及各兩相鄰年齡組之間的成對比較（ $p > .05$ ）未達顯著之外，其餘兩兩成對比較皆達顯著（ $p < .05$ ）。可見 MPT 大致隨兒童年齡上升而增加，學前組兒童的 MPT 約在 5~6 秒左右，成人組和 12 歲組有最長的 MPT。老年組的 MPT 顯著短於成人組，老年組和 9 歲、12 歲組的 MPT 之間無顯著差異，推論老年組在發聲-呼吸效能方面有退化的趨勢。

表 2 各年齡組男性和女性/a/最長發聲時長之平均數與標準差（單位：秒）

組別	男性		女性		各組	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD
4 歲	4.94	2.87	5.01	2.04	4.98	2.45
5 歲	5.55	2.16	5.07	2.45	5.30	2.30
6 歲	8.77	4.51	7.04	3.69	7.86	4.14
7 歲	10.17	6.34	11.48	3.79	10.84	5.17
9 歲	16.53	5.92	12.30	5.52	14.36	6.04
12 歲	17.21	4.78	15.20	5.04	16.27	4.95
成人組	20.75	7.50	15.47	4.57	18.11	6.71
老年組	15.98	7.35	14.84	7.43	15.42	7.35
計	13.49	7.94	11.36	6.28	12.42	7.23

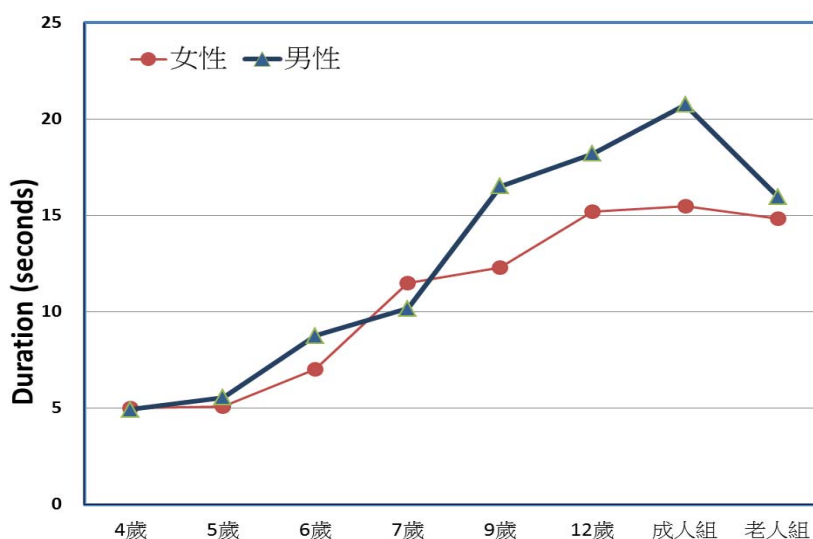


圖 2 各年齡組平均最長發聲時長 (秒)

## 二、發聲基頻

表 3 列出各年齡組母音延長音段的發聲基頻平均值與標準差，結果顯示基頻隨年齡逐漸下降的趨勢（見圖 3），且在年齡較大的組別中顯現性別的差異。學齡前兒童嗓音基頻值的男女性差異不大，學齡期之後男性的基頻逐漸下降，尤其是在 12 歲組的男性基頻有明顯下降，可能因 12 歲兒童已進入男性的變聲期，男性基頻值和女性出現明顯的差異。由 4 歲到 70 歲基頻變化的整體趨勢是下降的，唯一的例外是老年組男性基頻有略上升的情形。老年組男性的平均基頻較成人組男性的基頻為高，而老年組女性的基頻則較成人組女性低了許多，可見年老女性基頻有明顯下降趨勢。

以年齡組和性別為自變項，以基頻為依變項的獨立二因子變異數分析 ( $8 \times 2$  two way ANOVA) 結果顯示年齡組變項效果達顯著,  $F(7, 334) = 116.18, p < .001, \eta^2 = .70$ ; 性別變項達顯著,  $F(1, 334) = 45.51, p < .001, \eta^2 = .12$ ; 兩變項的交互作用達顯著,  $F(7, 334) = 15.05, p < .001, \eta^2 = .23$ 。整體上，男性的基頻顯著較女性的為低，年齡愈大的組別基頻愈低。但由於交互作用顯著，基頻隨年齡變化的趨勢在男女性別組可能有不一致的情形。進一步將男性和女性組資料分開進行單純主要效果考驗的結果顯示，在男性組部分年齡組效果達顯著  $F(7, 167) = 92.06, p < .001$ 。Tukey HSD 事後比較顯示男性組中除了三個學齡前組別之間、6 歲和 7 歲組之間、7 歲和 9 歲之間基頻的成對比較 ( $p > .05$ ) 未達顯著之外，其餘兩兩比較皆達顯著 ( $p < .05$ )，9 歲組顯著高於 12 歲組，12 歲組顯著高於成人組，成人組顯著低於老人組。在女性組方面，年齡組效果亦達顯著  $F(7, 169) = 35.95, p < .001$ ，Tukey HSD 事後比較顯示女性組中除了由 4 歲到 9 歲組之間、9 歲和 12 歲間、12 歲和成人之間的成對比較未達顯著之外 ( $p > .05$ )，其餘兩兩比較皆達顯著 ( $p < .05$ )，7 歲組顯著高於 12 歲組，9 歲組顯著高於成人組，成人組顯著高於老人組。事實上，男女主要差異是男性 9 歲組和 12 歲組間以及 12 歲組和成人組有達顯著差異，但女性組則無顯著，突顯了男性因變聲期，基頻有顯著的降低趨勢。

兩性別間基頻的差異何時開始顯現呢？在各年齡組的兩性別之間的單純主要效果檢驗結果是在三個學齡前組以及 7 歲組，男女之間基頻值皆未達顯著差異 ( $ps > .05$ )，出現顯著的性別效果的年齡組最小的是 9 歲組， $t(40) = -2.73, p = .01$ ，而 9 歲之後的年齡組，即 12 歲、成人組、老年組

的性別效果皆達顯著 ( $ps < .05$ )，顯示 9 歲兒童在基頻開始出現顯著的性別差異，男性有較低的基頻，女性有較高的基頻。推論男童在 9 歲後聲帶開始大幅成長增厚，使得發聲基頻降低的幅度遠較女性的為大，在 12 歲時男女之間相差的幅度更甚，男性嗓音由 9 歲到成人基頻有劇烈的下降趨勢。而女性嗓音基頻由兒童至成人下降的幅度較小，但到了老年，女性基頻值出現較明顯降低的趨勢。

表 3 各年齡組男性和女性的發聲基頻平均值與標準差 (單位: Hz)

組別	男性		女性		各組	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD
4 歲	275.02	47.47	286.33	47.86	280.67	47.33
5 歲	282.86	36.27	262.45	29.27	272.12	33.92
6 歲	266.36	33.46	257.11	34.96	261.51	34.13
7 歲	248.34	38.65	263.03	40.14	255.86	39.63
9 歲	237.15	19.65	257.47	27.24	247.56	25.69
12 歲	190.97	41.94	237.34	18.97	212.54	40.40
成人	124.48	18.29	215.80	19.25	172.83	52.54
老年	138.24	26.96	170.16	33.35	153.93	34.05
計	208.38	69.50	238.02	47.49	223.28	61.20

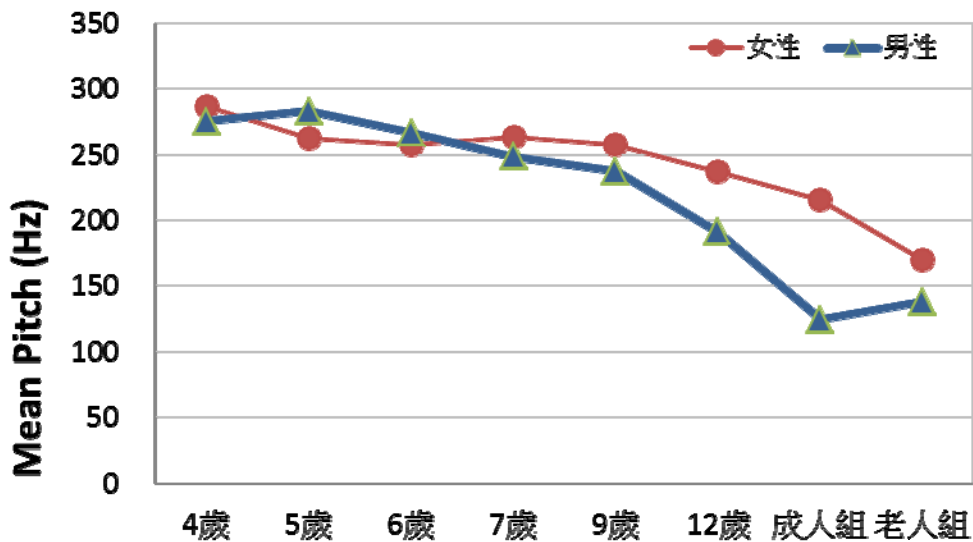


圖 3 各年齡組男女性的平均發聲基頻 (Hz)

### 三、口腔輪替運動的速率

表 4 列出各 DDK 項目的平均速率和標準差，其中可見學前兒童口腔最快的輪替速率每秒約在 3.5 個音節，學齡兒童的輪替速率每秒約 4 個音節，成人的輪替速率每秒約在 5 個音節，老年則比成人的速率稍慢。由圖 4 可見由兒童到成人整體 DDK 速率變化的大致趨勢是隨著年齡的增加而增加，而老年組的 DDK 速率則較成年組慢，但還是比 12 歲的兒童略快。就標準差數值來看，老年組各項的 DDK 速率之標準差皆較其他年齡組為大，顯示老年組的組內變異大，有較大的個別差異。

DDK 之中的 AMR 輪替動作在於測試個體做單一音節交替動作的功能，SMR 則是測試個體可快速轉換不同構音部位的連續音節產出能力。比較各 DDK 項目的速率，由圖 4 可見 AMR 比 SMR 速率較快，AMR 之中/pa/最快，其次是/ta/，以/ka/的速率最慢。比較 AMR 和 SMR，由圖 4 亦可見在年齡小的組中在 SMR、AMR 兩類速率的差距較大，而在成人組的差異則較小。

比較男、女兩性別在各項目的 DDK 平均速率的差異，性別變項在各 DDK 項目速率的獨定  $t$  檢定皆未達顯著 ( $ps > .05$ )，如/pa/： $t(348) = 1.28, p = .20$ ；/ta/： $t(348) = 1.52, p = .13$ ；/ka/： $t(348) = 1.65, p = .10$ ；/pataka/： $t(348) = 0.24, p = .81$ 。可見兩性別之間在各項目 DDK 速率無顯著差異，也因此後續對於各 DDK 項目速率的年齡組變異數考驗不納入性別變項。

比較三個 AMR 項目的 DDK 速率，以年齡組為組間自變項，AMR 項目（三種）為組內依變項，重複量數變異數分析結果顯示年齡組效果達顯著  $F(7, 342) = 44.81, p < .001, \eta^2 = .48$ ，AMR 項目效果達顯著  $F(2, 684) = 69.42, p < .001, \eta^2 = .17$ ，年齡組與 AMR 項目交互作用效果未達顯著  $F(14, 684) = 1.54, p = .09$ ，事後比較結果顯示三種 AMR 項目兩兩成對比較皆達顯著，/pa/ 的速率顯著快於/ta/，/ta/的速率顯著快於/ka/，雙唇的 DDK 速率快，其次為齒槽（舌尖）DDK，軟顎（舌根）DDK 最慢。Tukey HSD 事後考驗顯示各年齡組之間的 AMR 速率成對比較，除了在兒童組年齡相鄰的兩組別外，其餘比較皆具顯著差異 ( $p < .05$ )，例如四歲組和五歲之間未達顯著，但四歲組和六歲組之間以及和其他組之間皆呈顯著差異 ( $p < .05$ )。成人組的 AMR 顯著地高於其他組 ( $p < .05$ )，老年組的 AMR 則和 12 歲組無顯著差異 ( $p = .21$ )。年齡組的線性趨勢分析呈顯著 ( $p < .001$ )，代表 AMR 速率大致隨著年齡增加而變快，由圖 4 也可看出此趨勢，唯老年組的 AMR 速率下降至約 12 歲組的水準。

對於 SMR 項目分析結果顯示/pituka/、「怕他看」、「打頭殼」（台語）三項目的速率和典型 SMR（/pataka/）之間差異皆未達顯著 ( $p > .05$ )，代表這四個所測量的輪替動作能力是相近似的，可互相取代，此發現可為臨床上替代作法提供實證支持。此外，/pata/的速率則顯著較/pataka/為快 ( $p < .05$ )，可能因/pata/只有兩種音節的動作成分，/pataka/則有三個音節成分，就動作成分而言，/pataka/較/pata/複雜，因此較慢。

以變異數分析比較 AMR 和 SMR 速率(/pataka/)，先將三個部位的 AMR 平均再和 SMR 比較，以年齡組為組間自變項，AMR/SMR 種類為組內依變項，重複量數變異數分析結果顯示年齡組效果達顯著  $F(7, 342) = 66.3, p < .001, \eta^2 = .58$ ，AMR/SMR 種類效果達顯著  $F(1, 342) = 367.50, p < .001, \eta^2 = .52$ ，年齡組與 AMR/SMR 種類交互作用效果達顯著， $F(7, 342) = 9.12, p < .001, \eta^2 = .16$ 。因交互作用效果顯著，進行單純主要效果考驗，結果顯示除了在成人組的 AMR/SMR 之間未達顯著外， $t(42) = 0.67, p = .51$ ，其餘組別 AMR 皆顯著快於 SMR ( $p < .05$ )。

若單純就 SMR 來看，年齡組效果達顯著， $F(7, 342) = 59.80, p < .001$ 。Tukey HSD 事後考驗顯示除了在三學齡前兒童組之間以及三學齡組之年齡相鄰的兩組別外，其餘比較皆具顯著差異 ( $p < .05$ )。成人組的 SMR 顯著地高於其他組 ( $p < .05$ )，老年組的 SMR 則和 12 歲組無顯著差異 ( $p = .41$ )。趨向分析顯示年齡組的線性趨勢呈顯著 ( $p < .001$ )，代表 SMR 速率大致隨著年齡增加而變快，唯老年組的速率下降至和 12 歲組的速率相近。

由以上的分析可知兒童隨著年齡的成長，DDK 速率漸漸增加，直至成人達巔峰，但到了老年 DDK 速率衰退下來。由兒童至成人年齡數值和 DDK 平均速率相關值達中高度正相關， $r(288) = 0.65, p < .001$ ，在此 DDK 平均速率採 SMR 和 AMR 的平均速率。而老年組的 DDK 的速率和年齡之間呈顯著負相關， $r(102) = -0.33, p < .001$ ，亦即老人年紀愈大，DDK 速率愈慢，和發展中的兒童不同，此數據是採成人組和老年組的資料計算。若只計算老年組資料相關強度較低  $r(58) = -0.21, p < .001$ ，因為單就老年組年齡值的分布變異性較小。

表 4 各年齡組各項目 DDK 速率平均數與標準差 (單位：音節／秒)

年齡組 項目		4 歲	5 歲	6 歲	7 歲	9 歲	12 歲	成人組	老年組	計
/pa/	M	3.66	3.99	4.15	4.30	4.65	4.76	5.63	5.20	4.58
	SD	0.68	0.70	0.57	0.61	0.76	0.41	0.60	0.94	0.92
/ta/	M	3.69	3.95	4.05	4.13	4.44	4.52	5.45	4.92	4.43
	SD	0.56	0.61	0.54	0.49	0.70	0.48	0.70	0.94	0.85
/ka/	M	3.47	3.74	3.90	3.96	4.32	4.39	5.26	4.66	4.24
	SD	0.56	0.54	0.47	0.51	0.71	0.50	0.79	0.86	0.83
/pata/	M	3.47	3.71	3.78	3.98	4.17	4.28	5.32	4.52	4.18
	SD	0.75	0.68	0.70	0.79	0.57	0.46	0.67	0.97	0.90
/pataka/	M	2.86	3.11	3.12	3.33	3.59	4.12	5.38	4.42	3.79
	SD	0.61	0.65	0.54	0.51	0.74	0.58	0.86	0.99	1.07
/pituka/	M	2.96	3.10	3.18	3.38	3.58	4.00	5.17	4.60	3.80
	SD	0.65	0.56	0.55	0.46	0.57	0.54	0.73	0.99	1.00
怕他看	M	2.95	3.10	3.14	3.39	3.77	4.31	5.16	4.50	3.84
	SD	0.56	0.55	0.49	0.48	0.55	0.55	0.66	0.87	0.97
打頭殼	M	2.91	3.02	3.06	3.14	3.14	3.71	4.84	4.75	3.64
	SD	0.63	0.47	0.54	0.47	0.61	0.67	0.65	0.82	0.99
計	M	3.25	3.47	3.55	3.70	3.95	4.26	5.28	4.70	3.51
	SD	0.71	0.71	0.70	0.68	0.81	0.60	0.74	0.95	1.06

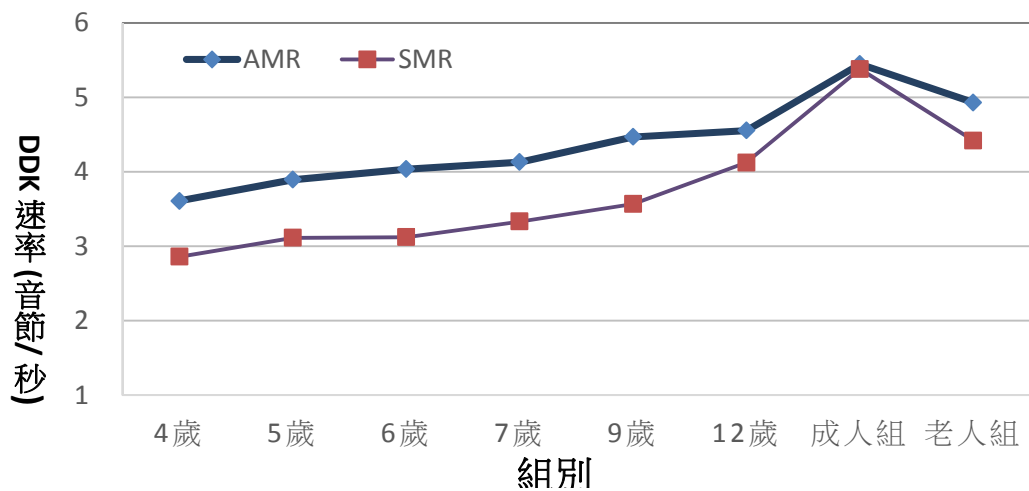


圖 4 各年齡組 AMR 與 SMR 的 DDK 速率比較 (單位：音節／秒)

#### 四、自發性言語速率

分析參與者自發地說出龜兔賽跑故事的言語速度，表 5 列出各年齡組自發性言語速率平均數與標準差，四歲的兒童語速平均每秒說 2.5 音節，年紀愈長的年齡組語速愈快，至成人語速平均為

4.37 音節/秒。老年組的語速則稍有降低的趨勢。男女性別的差異在 12 歲之前差異不大，而成人組和老年組以女性語速稍快。整體而言，若老年組不計，自發言語速率有隨著年齡而增快的趨勢（見圖 5）。

以年齡組和性別為自變項，自發語速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， $F(7, 334) = 60.84, p < .001, \eta^2 = .56$ ；性別變項未達顯著， $F(1, 334) = 1.53, p = .21, \eta^2 = .01$ ；兩變項的交互作用達顯著邊緣， $F(7, 334) = 2.51, p = .02, \eta^2 = .05$ ，效果量很小。單純主要效果考驗顯示微弱的交互作用主要的來源在成人組，性別之間差異僅達邊緣顯著， $t(41) = -2.14, p = .04$ ，成人女性語速略較男性為慢，其餘年齡組的性別效果皆未達顯著（ $ps > .05$ ）。整體而言，語速不因性別而有差異，故年齡組間的事後考驗，將男女合併計算，Tukey HSD 事後比較顯示在由 4 歲至 9 歲組五個年齡之間的成對比較除了相鄰年齡組未達顯著之外（ $ps > .05$ ），其餘兩兩比較皆達顯著（ $ps < .05$ ）。12 歲組除了和成人組之間未達顯著之外（ $p > .05$ ），和其餘組別間的比較皆達顯著（ $ps < .05$ ），可見 12 歲組兒童的自發語速已達成人水準。老年組的語速和其他組別相較皆達顯著差異（ $ps < .05$ ），老年組的語速顯著較慢於成人組以及 12 歲組兒童，顯示老年人在語速方面有明顯的衰退之勢。

Pearson 相關分析結果自發性言語速度和各項 DDK 的速率存在著中度正相關， $r(348) = 0.49 \sim 0.62, p < .001$ ，可見 DDK 的速率愈快者，自發性言語速度也愈快。和 AMR 值相關值比較，自發性言語速度和 SMR 速率值相關較高，顯示自發言語的動作性質和 SMR 較相近。由於自發言語速率和 DDK 速率之間有著特定的關係存在，暗示著言語機制速率調整的同源性，且兩者的動作控制皆受年齡成熟變項的影響。

比較自發性說話的速度和口腔輪替運動速度，成人說話者自發說話的速度平均約為口腔輪替速度（SMR）的 0.824 倍，但在各兒童組比值皆是較高的，尤其是 12 歲組比值來到 0.98，十分接近 DDK 的速率。表示兒童在自發說話時似乎慢不下來，傾向以自己能夠達到的最快速度「飆速」說話，雖然他們大多數說話速度還是不及成人。在老年組部分，自發說話的速度平均對 DDK 速率的比值和成人組則十分相近為 0.828，顯示老年人在整體構音速率上有一致性的衰退現象。

表 5 各年齡組（男性、女性）自發性言語速率平均數與標準差（音節/秒）

組別	男性		女性		各組	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD
4 歲	2.18	0.34	2.53	0.57	2.35	0.49
5 歲	2.65	0.32	2.60	0.43	2.63	0.37
6 歲	2.85	0.53	2.80	0.57	2.82	0.54
7 歲	3.13	0.49	2.84	0.56	2.98	0.54
9 歲	2.91	0.47	3.15	0.48	3.03	0.48
12 歲	4.09	0.55	3.84	0.85	3.96	0.72
成人	4.11	0.79	4.52	0.45	4.33	0.66
老年	3.33	0.65	3.67	0.68	3.50	0.68
計	3.15	0.81	3.29	0.88	3.22	0.85

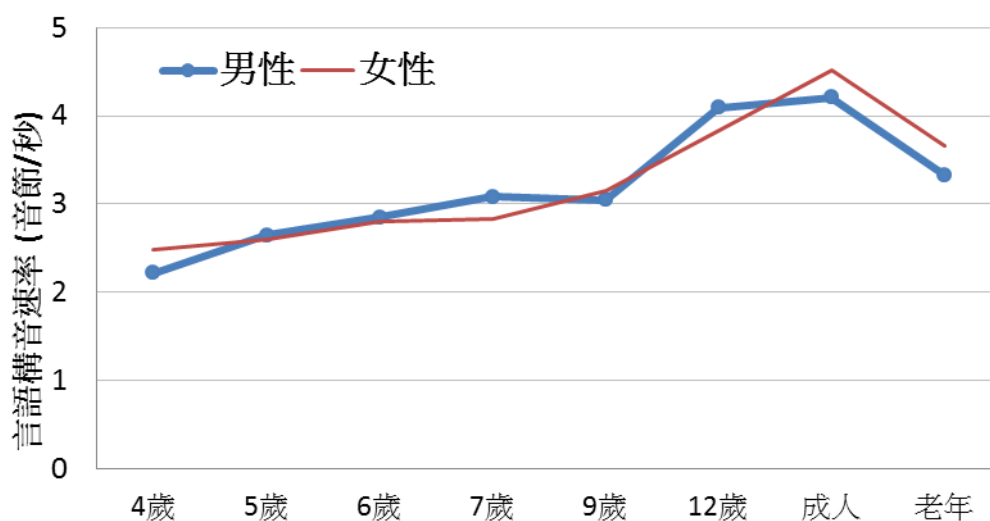


圖 5 各年齡組男、女性的自發性言語速率 (音節/秒)

## 討論

本研究以橫切法探討由學前階段兒童至老年各年齡層華語說話者的四個言語功能指標數值的變化，跨年齡層地比較四項言語功能指標 (MPT、F0、DDK 速率、自發說話速率) 的差異。對於這些語言功能指標的評估、取樣採用一致性標準化的流程，並使用聲學分析方法測量這些指標變項。分析結果顯示由四歲至成人階段，這些言語功能指標的數值呈現連續性的增進發展，代表著這些言語功能隨年齡增加而增長的趨勢，代表言語動作功能受到生理成熟因素的影響。由成人至老年，這些言語功能指標的數值呈現衰退的發展趨勢。在整體生命階段中這些言語功能指標數值的變化皆為非線性的變化趨勢。

本研究發現老年組在 DDK 以及 MPT 表現均顯著較成年組不佳。在母音發聲方面，老年組的 MPT 顯著較成人組的為短。老年組男性的基頻顯著較成人組男性的為高，老年組女性的基頻則顯著較成人組女性的基頻為低。老年組在三種 AMR (雙唇、齒槽、舌根) 和 SMR 速率皆顯著較成人組的速率為慢。

就性別差異來看，主要是在與發聲相關的指標方面具有顯著差異，即 MPT 和嗓音基頻。這兩個變項因為和聲帶結構、功能以及呼吸肺活量有關，因此會受性別變項的影響。性別差異在生理上主要由荷爾蒙差異所致，而聲帶結構是受荷爾蒙影響的重要性徵變化，而產生發聲基頻的差異。本研究發現年幼的學前兒童與七歲組，在基頻上並無顯著差異，但由 9 歲組開始，基頻和 MPT 出現顯著的性別差異，直至成人組皆有顯著的性別差異存在，亦即男性的 MPD 長度顯著較女性的為長，男性基頻值顯著較女性為低。其他兩個指標：口腔 DDK 速率和自發言語速率則不受性別變項影響，男女表現相近，而年齡是主要影響的變項。除老年組外，由兒童至成人，年齡愈長，DDK 和自發言語速率皆愈快。顯示構音動作的敏捷度和協調能力主要隨年齡增長而增加，而言語動作的速率較不受性別變項的影響。

整體而言，兒童在各項言語功能皆隨著年齡增長而有漸進性的成長發展，至成人階段達到穩定的巔峰狀態，到老年時這些言語功能則有逐漸下降、衰退的趨勢。以下就各言語功能指標做進一步的討論。

## 一、MPT 與 F0

MPT 與 F0 是呼吸與嗓音功能指標，本研究發現國人學前兒童的 MPT 長度約 5-8 秒，學齡兒童男性約 10-17 秒，學齡兒童約 11-15 秒。女性成人男性的 MPT 平均 21 秒，女性則平均 15 秒，老年人平均約 15-16 秒。女性在 12 歲之後 MPT 沒有明顯的改變皆在 15 秒左右，甚至在老年的衰退也不明顯。男性 MPT 在這些年齡層有較明顯的差異，至老年衰退也較為明顯。和西方相關的研究（Finnegan, 1984; Goy et al., 2013; Kent et al., 1987; Solomon et al., 2000; Yanagihara & Koike, 1967）相較，年齡和性別效果的趨勢是趨向一致的，但就數值來看，本研究成年人 MPT 的數據資料和西方研究的相較，無論男性或女性或是各年齡組 MPT 均較為短，其中成人男性差距最大約有 5 秒之多，推論可能與參與者的族群差異有關，西方成人體型較亞洲人高大，肺活量較大有關，但在老人組和兒童組部分則與過去多數的相關研究（Awan, 2006; Finnegan, 1984; Goy, et al., 2013; Harden & Looney, 1984; Mendes Tavares, et al., 2012; Robbins & Klee, 1987; Shinoda, et al., 2017; Ptacek et al., 1966; Zraick et al., 2012）數值相近，差異不大。

在基頻方面，由於男女性喉部生理結構之差異，男女嗓音基頻有高低之別。老化的影響讓男女間嗓音的基頻有漸趨同化的傾向，女性的基頻因老化而變低，男性的基頻因老化而變高，此發現和多數研究結果相吻合（如 Awan, 2006; Brown et al., 1991; Goy et al., 2013; Ramig & Ringel, 1983; Russell et al., 1995; Stathopoulos et al., 2011），造成老年基頻變化的原因推論應與荷爾蒙的變化影響聲帶結構有關，老年時女性聲帶組織逐漸增厚，而男性聲帶則有變薄的趨勢，造成基頻的改變。

## 二、口腔輪替運動速率

本研究結果顯示年齡是顯著影響 DDK 速率的因素。學前兒童在構音動作的控制受到生理成熟因素的限制，使得他們在構音動作的速度和協調性表現較差。此發現與曾思綸、鄭靜宜（2018）的研究結果相似，該研究取樣 4 到 6 歲的學前兒童，發現 4 歲組 DDK 速率平均值為 3.10 音節/秒；5 歲組 DDK 速率平均值為 3.41 音節/秒；6 歲組 DDK 速率平均值為 3.61 音節/秒。與本研究所測得的三個組學前組 DDK 數值十分接近，差距不大。

陳玫霖（2009）的論文研究測量三組說話者（兒童、成人、老人）的 DDK 速率，其中 30 位 6-8 歲的兒童，30 位 20-35 歲的成人，以及 30 位 65-90 歲的老年人。雖然所測 DDK 項目和年齡分組有些出入，但若取出與本研究相同的 DDK 項目計算平均值，可得其兒童組 DDK 速率平均值為 3.76 音節/秒；成人組 DDK 速率平均為 5.67 音節/秒；老年組 DDK 速率平均為 3.68 音節/秒。與本研究中 7 歲兒童組（3.70 音節/秒）以及成人組的 DDK 速率平均（5.28 音節/秒）相較，亦十分接近。唯在老人組部分，本研究的老人組 DDK 速率平均較快（4.70 音節/秒），推論可能與老人取樣年齡範圍不同有關，陳玫霖（2009）研究中老人年齡平均 73 歲，年齡範圍在 65-90 歲，比本研究取樣的老人年齡稍較大（M：70.80，範圍：65-83）。本研究發現老年組的 DDK 速率，無論是 AMR 或 SMR 部分均顯著地較成人組的為慢，此結果與多數相關研究（如 Ben-David & Icht, 2017; Choe & Han, 1998; Kent et al., 1987; Padovani et al., 2009）的結果相吻合。就生命各年齡階段整體而言，年齡是顯著影響 DDK 速率的變項，兒童的 DDK 隨著年齡增加而漸增，成人的 DDK 速率達最快，老年人的 DDK 速率則顯著較成人為慢。

另一個影響 DDK 的因素是 DDK 項目的種類，SMR 的速率顯著較慢於 AMR。何以 SMR 會慢於 AMR 呢？可能因 SMR 的動作是多種音節的動作組合，如/pa/、/ta/、/ka/，動作成分較 AMR 複雜，需要較高的口腔動作技能和動作計畫、協調的能力，導致 SMR 輪替速率較慢。年幼的兒童在此方面能力較弱，因此 SMR 與 AMR 之間的差距也較大。比較各年齡組的 SMR 速率，可見在三組學前兒童的 SMR 皆較慢。SMR 與 AMR 之間的差距在學前階段最大，隨著年齡增長漸漸變小，至成人則無差異，但到 65 歲以上又漸顯差異，推測可能因老年口腔動作的計畫和協調能力有所退化之故。因此，SMR 與 AMR 之間的差異隱含著口腔動作的複雜度效果，當個體口腔動作技能高



時兩者沒有差異，但當個體口腔動作能力較低時，兩者之間的差異就會顯現出來，當項目的動作成分愈複雜時，輪替動作的速度愈慢。

由於有關華語說話者 DDK 的相關研究不多，本研究測量到的成人 DDK 速率和國內兩篇未出版之碩士論文研究（陳玫霖，2009；張雅萍，2014）的數據相近。然而，和國外相關研究（Icht & Ben-David, 2014; Lass, & Sandusky, 1971; Ptacek et al., 1966; Tiffany, 1980）相較，本研究的成人 AMR 平均速率值為 5.45，略低於一般西方研究文獻中成人的 AMR 速率值。西方成年人的平均 AMR 平均可達 6 音節／秒以上，甚至有平均高達 7 音節／秒以上，而這些研究是以英語說話者為對象，會是因為語言不同而導致 DDK 速率的差異嗎？

Icht 與 Ben-David (2014) 比較 5 個不同語言說話者的 DDK 速率（英語、希伯來語、葡萄牙語、波斯語和希臘語），分析發現除了希伯來語和英語說話者之間 DDK 速率未達顯著之外，5 種不同語言說話者的 DDK 速率達顯著差異，英語說話者 DDK 速率平均 6.2 音節／秒和希伯來語說話者相近（6.4 音節／秒），他們推論 DDK 速率會受到說話者母語的語言特性的影響，可能和語言音韻特性或文化因素有關，因希伯來語和英語這兩種語言的音節結構相近，兩種語言的說話者 DDK 速率也相近。

不同語言的調律特性可能影響說話者的 DDK 速率。不僅是在成人，華語說話者 DDK 速率顯現較慢的趨勢，本研究發現說華語的老人組和兒童組的 DDK 速率相較於英語或希伯來語的說話者，也有較慢的趨勢。Ben-David 與 Icht (2017) 評估 188 位 60-95 歲說希伯來語老人的 SMR，SMR 平均 5.07 音節／秒，就比本研究老人組（4.42 音節／秒）快。Prathanee 等人（2003）發現泰國兒童的 DDK 速率也較西方研究中的為慢（如，Fletcher, 1972），他們推論是因為泰語屬於聲調語言，DDK 可能會受說話者語言的影響。華語亦屬聲調語言，是否導致較慢的 DDK 速率？DDK 速率是否真的會受說話者使用語言性質（音韻或習慣語速）的影響？這些問題需由後續相關研究做進一步的探究。

本研究在構音速率測量方面，無論是 DDK 或是自發言語速率，就整體受試群而言，性別差異皆未達顯著。在 DDK 部分，性別效果無論在 AMR 與 SMR 部分皆未達顯著。男性和女性的 SMR 與 AMR 的表現是相近的，並無性別差異。本研究的結果和 Icht 與 Ben-David (2014)、Ben-David 與 Icht (2017) 以及 Choe 與 Han (1998) 的研究結果一致。Choe 與 Han 的研究以韓國人為受試者，他們亦發現成人男性和女性的 DDK 速率無顯著差異。在自發言語速率方面，多數先前的研究（Amir & Grinfeld, 2011; Kowal et al., 1975; Sturm & Seery, 2007; Walker et al., 1992）亦未發現性別效果，與本研究的發現一致。可見男女說話者在構音動作速率的表現上是相近的。

### 三、自發性言語速率

自發言語速率和 DDK 語速相較，本研究發現自發性言語速率較慢。本研究的自發言語速度的計算是排除停頓時長的純構音速率，並未納入高層次語言性思考組句或遲疑、不流暢的時間音段。因為 DDK 語速的測量是最大表現測試，是個體最快的構音速度表現，速率自然是較快於慣常的自發語速。自發言語速率為說話者慣常的說話速率，一般說話者通常並不傾向以最快的語速說話，以避免疲勞或是影響清晰度。本研究的分析結果顯示兩者速率在各年齡組相差約 0.3-1.2 音節／秒之多，平均 0.8 音節／秒。以 12 歲組的差距最小（0.3 音節／秒），而老年組的差距最大（1.2 音節／秒）。推論老年人在自發言語的速度調節上較不傾向以發揮個體極限的較快速度的方式說話，可能因避免疲勞之故。和成人以及 12 歲的兒童相較，老年組的自發語速較偏慢，此發現與邱倚璿與王靜誼（2014）的研究結果吻合，他們發現台灣長者自發言語特性其中之一即是較慢的語速。

本研究發現成人自發言語速率為 4.37 音節／秒，此數值比起西方相關研究較慢的，推論可能是因所使用語言的特性所致。各個語言在音節結構、調律（prosody）特性皆有其獨特性，這些特性可能會影響語言使用者慣常語速。Pellegrino 等人（2011）的言語速率研究比較了 6 種不同語言的使用者群體在自發言語速率的差異，發現日語是語速最快的語言，平均每秒 7.84 個音節，其次是西班牙語（平均 7.82 音節／秒），法語（7.18 音節／秒），意大利語（6.99 音節／秒），英語（6.19

音節/秒)和德語(5.97 音節/秒),認為語言特性是影響語速的重要因素。由於華語為聲調語言,聲調為一種超語調特徵,華語說話者在生命早期就會受到語音聲調音高變化的影響,例如十個月大的華語嬰兒即表現了對詞彙聲調有較佳的感知(Cabrera et al., 2015)。華語的聲調是屬於型態聲調(contour tone),需要有一定音長才能負載於音節之上,音節長度不能過短,因此語速表現上會較慢(鄭靜宜, 2011b)。本研究發現華語說話者有著較慢的語速,而且也有較慢的口腔 DDK 速率,推測不管是構音在最快速時(最佳的表現)或是習慣的自發言語情況,構音動作的速率都有可能受到語言調律因素的影響,而使得華語說話者在口腔輪替運動和自發言語時有較慢的構音動作速率。

#### 四、研究限制與臨床意涵

由於人力、經費等限制,本研究的取樣原規畫為一個年齡組有 40 名參與者,但由於嗓音表現在 MPT、基頻值存在著性別差異,混合計算出的數值甚無意義,因此各年齡組又分為兩性別組,也因而造成一年齡層中性別組人數只有 20 位,即所得之變項數值在若需區分兩性別時小組有人數較少的情況,較難避免取樣偏誤。如圖 2 呈現的各年齡組之兩性別的 MPT 時長增長的折線趨勢圖,在九歲組部分可見到線型略起伏而不平整,即可能是因各年齡組取樣人數較少而導致的取樣誤差所致。由於嗓音在男女性別上具有相當大的差異,性別分組是必須的,建議未來研究若能增加性別組的人數,擴大取樣人數,這些跨年齡分性別的相關變項較能出現平滑的趨勢線形,亦較能產生較有代表性的常模數值。

再者,本研究因限於人力和時間,年齡組的年齡區分較為粗略,例如在學齡組部分只有 7、9、12 歲三個組別,對於 13 歲至 20 歲之間缺乏取樣,在成人組部分只有一組,無較細的分組。若未來在經費、時間、人力允許的情況下,研究可考量納入更多的不同年齡層的參與者,以建構較完整且較具代表性的年齡常模。

在施測的材料方面,在自發性言語取樣因考慮施測時間的限制以及幼小年齡兒童組的語言能力,只使用單一故事的重述來蒐集語料,未來的研究可考慮納入較多的主題材料,使用標準化自發言語的測試方式,例如可採用類似如 Boston diagnostic aphasia examination (BDAE) 的偷餅乾圖(cookie theft) 的圖片描述方式,即可使用固定的刺激圖像和指導語進行自發性言語語料的蒐集與分析。

本研究因受限於研究資源無法蒐集更多說話者資料,各年齡組人數較為不足,無法產生較具代表性的常模資料,然本研究的分析結果得到一個年齡由四歲至老年的言語功能指標變項的大致趨勢,如 MPT、發聲基頻、AMR 速率、SMR 速率、自發性言語速率等量化變項,這些資料可提供臨床評估參考,期待未來能有更多相關的研究出現來完善這些言語功能的常模資訊。

#### 參考文獻

- 王星懿(2016): **成年男性各年齡層嗓音聲學及氣動學變項**(未發表)。國立臺北護理健康大學聽語障礙科學研究所碩士論文。[Wang, S.-Y. (2016). *Analysis of Vocal Acoustics and Aerodynamics in male Adults within Different Age Groups* (Unpublished master's thesis). National Taipei University of Nursing and Health Sciences, Taipei, Taiwan.]
- 呂信慧、曹峰銘(2018): 遲語兒幼幼兒期至學齡前期的語言發展型態: 兩年縱貫研究。**教育心理學報**, 49(4), 611-636。http://doi.org/10.6251/BFP.201806\_49(4).0005[Lu, H.-H. & Tsao, F.-M. (2018). Late-talking Children's Language Development Pattern in the Early Childhood: A

- Longitudinal Study for Two Years. *Bulletin of Educational Psychology*, 49(4), 611-636. [http://doi.org/10.6251/BFP.201806\\_49\(4\).0005](http://doi.org/10.6251/BFP.201806_49(4).0005)
- 邱倚璿、王靜誼(2014):台灣年長者語言產生特性。*輔仁社會研究*, 4, 85-127。[Chiu, Y.-S. & Wang, C.-I. (2014). Language production in Taiwan older adults. *Fu Jen Social Studies*, 4, 85-127.]
- 陳豐慈、黃植懋、王俊智、張育愷(2018):身體活動與老年大腦功能:功能性磁共振造影的研究回顧。*教育心理學報*, 50(2), 363-388。 [http://doi.org/10.6251/BEP.201812.50\(2\).0009](http://doi.org/10.6251/BEP.201812.50(2).0009)[Chen, F.-T, Huang, C.-M., Wang, C.-C., Chang, Y.-K. (2018). Physical Activity and the Aging Brain: A Review of Functional Magnetic Resonance Imaging Studies. *Bulletin of Educational Psychology*, 50(2), 363-388. [http://doi.org/10.6251/BEP.201812.50\(2\).0009](http://doi.org/10.6251/BEP.201812.50(2).0009)]
- 曾思綸(2017):學齡前兒童口腔輪替運動及自發性言語速率之探討(未發表)。國立高雄師範大學聽力學與語言治療研究所碩士論文。[Tseng, S.-L. (2017) *Oral Diadochokinetic Rate and Spontaneous Speech Rate in Preschool Children* (Unpublished master's thesis). National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan.]
- 曾思綸、鄭靜宜(2018):學齡前兒童之口腔輪替運動速率表現。*台灣聽力語言學會雜誌*, 38, 25-41。[Tseng, S.-L. & Jeng, J.-Y. (2018). Oral Diadochokinetic Rate in Preschool Children. *Journal of Speech-Language-Hearing Association of Taiwan*, 38, 25-41.]
- 莊羽蓁(2014):成年女性各年齡層嗓音聲學及氣動學分析(未發表)。國立臺北護理健康大學聽語障礙科學研究所碩士論文。[Chuang, Y.-C (2014). *Analysis of Vocal Acoustics and Aerodynamics in Female Adults within Different Age Groups* (Unpublished master's thesis). National Taipei University of Nursing and Health Sciences, Taipei, Taiwan.]
- 陳玫霖(2009):兒童、成人與老年人的口腔輪替運動特性(未發表)。國立高雄師範大學聽力學與語言治療研究所碩士論文。[Chen, M.-L. (2009). *Speech Oral Diadochokinetic Characteristics of Child, Adult and Geriatric Speakers* (Unpublished master's thesis). National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan.]
- 楊淑蘭(2004):學齡前構音/音韻異常兒童口語一動作機轉的結構與功能之研究。載於**2004 特殊教育學術研討會論文集**(209-215)。國立台灣師範大學特殊教育學系。[Yang, S.-L. (2004). A study on the speech-motor structures and functions of the preschool children with articulation/phonological disorders. *2004 Special Education Symposium Proceedings* (pp. 209-215). National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.]
- 張雅萍(2014):台灣成人華語字詞清晰度,說話速率,口腔輪替動作速率與人口學的因子探討(未發表)。國立臺北護理健康大學聽語障礙科學研究所碩士論文。[Chang, Y.-P. (2014). *Influence of Demographic factors on Word Intelligibility, Speaking Rate and Oral Diadochokinetic Rate in*

- Adults who Speak Mandarin in Taiwan* (Unpublished master's thesis). National Taipei University of Nursing and Health Sciences, Taipei, Taiwan.]
- 鄭靜宜 (2011a)：華語語句產生與知覺的計時特性。《中華心理學刊》，53 (3)，323-347。[Jeng, J.-Y. (2011a). The Speech Timing Characteristics of Mandarin Sentence Production and Perception. *Journal of Chinese Psychology*, 53(3), 323-347.]
- 鄭靜宜 (2011b)：語音聲學－說話聲音的科學。心理出版社。[Jeng, J.-Y. (2011a). *Speech Acoustics-Science of Speech Sound*. Psychology Publishing Co.]
- Abitbol, J., Abitbol, P., & Abitbol, B. (1999). Sex hormones and the female voice. *Journal of Voice*, 13(3), 424-446.
- Amir, O., & Grinfeld, D. (2011). Articulation rate in childhood and adolescence: Hebrew speakers. *Language and Speech*, 54(2), 225-240.
- Awan, S. N. (2006). The aging female voice: Acoustic and respiratory data. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(2-3), 171-180.
- Ben-David, B. M., & Icht, M. (2017). Oral-diadochokinetic rates for Hebrew-speaking healthy ageing population: non - word versus real - word repetition. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 52(3), 301-310.
- Bhat, J. S. (2012). Oral diadochokinetic rate-an insight into speech motor control. *International Journal of Advanced Speech and Hearing Research*, 1(1), 1-10.
- Block, S., & Killen, D. (1996). Speech rates of Australian English-speaking children and adults. *Australian Journal of Human Communication Disorders*, 24(1), 39-44.
- 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.
- Cabrera, L., Tsao, F. M., Liu, H. M., Li, L. Y., Hu, Y. H., Lorenzi, C., & Bertoncini, J. (2015). The perception of speech modulation cues in lexical tones is guided by early language-specific experience. *Frontiers in psychology*, 6, 1290.
- Campione, E., & Véronis, J. (2002, April, 11-13). A large-scale multilingual study of silent pause duration. In *Speech prosody 2002, International Conference*. [https://www.isca-speech.org/archive/\\_open/sp2002/sp02\\_199.pdf](https://www.isca-speech.org/archive/_open/sp2002/sp02_199.pdf)
- Canning, B. A., & Rose, M. F. (1974). Clinical measurements of the speed of tongue and lip movements in British children with normal speech. *British Journal of Disorders of Communication*, 9(1), 45-50.
- Choe, J., & Han, J. S. (1998). Diadochokinetic rate of normal children and adults: A preliminary study. *Communication Sciences & Disorders*, 3(1), 183-194.

- Cohen, W., Waters, D., & Hewlett, N. (1998). DDK rates in the pediatric clinic: a methodological minefield. *International journal of language & communication disorders*, 33(S1), 428-433.
- Croot, K. (2002). Diagnosis of AOS: definition and criteria. *Seminars in Speech and Language*, 23(4), 267-280.
- Cummins, F., & Port, R. (1998). Rhythmic constraints on stress timing in English. *Journal of Phonetics*, 26(2), 145-171.
- Dauer, R. M. (1983). Stress-timing and syllable-timing reanalyzed. *Journal of phonetics*, 11(1), 51-62.
- Deese, J. (1984). *Thought into speech: The psychology of a language*. Prentice-Hall.
- Dhakal, S., Chacko, K. M., Vishnu, V. K., & Sreelakshmi, R. (2015). Comparison of rate of speech and diadochokinetic rate in Nepali and Malayalam adult native speakers. *Language in India*, 15(11), 118-132.
- Duffy, J. R. (2013). *Motor Speech Disorders: Substrates, Differential Diagnosis, and Management*. Elsevier Health Sciences.
- Evans, S., Neave, N., Wakelin, D., & Hamilton, C. (2008). The relationship between testosterone and vocal frequencies in human males. *Physiology & Behavior*, 93(4-5), 783-788.
- Finnegan, D. E. (1984). Maximum phonation time for children with normal voices. *Journal of Communication Disorders*, 17(5), 309-317.
- Fletcher, S. G. (1972). Time-by-count measurement of diadochokinetic syllable rate. *Journal of Speech and Hearing Research*, 15(4), 763-770.
- Goldman-Eisler, F. (1972). Pauses, clauses, sentences. *Language and speech*, 15(2), 103-113.
- 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.
- Harden, J. R., & Looney, N. A. (1984). Duration of sustained phonation in kindergarten children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 7(1), 11-19.
- Henry, C. E. (1990). The development of oral diadochokinesia and non-linguistic rhythmic skills in normal and speech-disordered young children. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 4(2), 121-137.
- Icht, M., & Ben-David, B. M. (2014). Oral-diadochokinesia rates across languages: English and Hebrew norms. *Journal of Communication Disorders*, 48 (Supplement C), 27-37.
- 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.
- Kent, R. D., Sufit, R. L., Rosenbek, J. C., Kent, J. f., Weismer, G, Martin, R. E., & Brooks, B. R. (1991). Speech deterioration in amyotrophic lateral sclerosis: a case study. *Journal of Speech, Language, And Hearing Research*, 34(6), 1269-1275.

- Kent, R. & Ball, M. (2000). *Voice Quality Measurement*. Singular Thomson Learning.
- Kikutani, T., Tamura, F., Nishiwaki, K., Kodama, M., Suda, M., Fukui, T., Takahashi N., Yoshida, M., Akagawa, Y., & Kimura, M. (2009). Oral motor function and masticatory performance in the community-dwelling elderly. *Odontology*, 97(1), 38-42.
- Kowal, S., O'Connell, D. C., & Sabin, E. J. (1975). Development of temporal patterning and vocal hesitations in spontaneous narratives. *Journal of Psycholinguistic Research*, 4(3), 195-207.
- Lass, N. J., & Sandusky, J. C. (1971). A study of the relationship of diadochokinetic rate, speaking rate and reading rate. *Communication Quarterly*, 19(3), 49-54.
- Logan, K. J., Byrd, C. T., Mazzocchi, E. M., & Gillam, R. B. (2011). Speaking rate characteristics of elementary-school-aged children who do and do not stutter. *Journal of Communication Disorders*, 44(1), 130-147.
- 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.
- Mendes Tavares, E. L., Brasolotto, A. G., Rodrigues, S. A., Benito Pessin, A. B., & Garcia Martins, R. H. (2012). Maximum phonation time and s/z ratio in a large child cohort. *Journal of Voice*, 26(5), 675-686.
- Milenkovic, P. (2004). *TF32* [computer Program]. University of Wisconsin-Madison, Department of Electrical Engineering.
- Mok, P. (2009). On the syllable-timing of Cantonese and Beijing Mandarin. *Chinese Journal of Phonetics*, 2, 148-154.
- Ning, L. H. (2019). The effects of age and pitch level on electroglottographic measures during sustained phonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(1), 640-648.
- Padovani, M., Gielow, I., & Behlau, M. (2009). Phonarticulatory diadochokinesis in young and elderly individuals. *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, 67(1), 58-61.
- Pellegrino, F., Coupé, C., & Marsico, E. (2011). Across-language perspective on speech information rate. *Language*, 87(3), 539-558.
- Pierce, J. E., Cotton, S., & Perry, A. (2013). Alternating and sequential motion rates in older adults. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 48(3), 257-264.
- 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.
- Prathanee, B., Thanaviratnanich, S., & Pongjanyakul, A. (2003). Oral diadochokinetic rates for normal Thai children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 38(4), 417-428.

- 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.
- Robbins, J., & Klee, T. (1987). Clinical assessment of oropharyngeal motor development in young children. *Journal of Speech and Hearing Disorders, 52*(3), 271-277.
- 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.
- Shinoda, T., Kanai, M., Nakamura, R., Murata, S., Saito, T., Sawa, R., ... & Izawa, K. P. (2017). The relative and absolute reliability of maximum phonation time in community-dwelling Japanese people. *Aging clinical and experimental research, 29*(4), 781-786.
- Solomon, N. P., Garlitz, S. J., & Milbrath, R. L. (2000). Respiratory and laryngeal contributions to maximum phonation duration. *Journal of voice, 14*(3), 331-340.
- 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.
- Sturm, J. A., & Seery, C. H. (2007). Speech and articulatory rates of school-age children in conversation and narrative contexts. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools, 38*, 47-59.
- Tiffany, W. R. (1980). The effects of syllable structure on diadochokinetic and reading rates. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 23*(4), 894-908.
- Verhoeven, J., De Pauw, G., & Kloots, H. (2004). Speech rate in a pluricentric language: A comparison between Dutch in Belgium and the Netherlands. *Language and speech, 47*(3), 297-308.
- Walker, J. F., Archibald, L. M., Cherniak, S. R., & Fish, V. G. (1992). Articulation rate in 3- and 5-year-old children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 35*(1), 4-13.
- Wang, C. C., & Huang, H. T. (2004). Voice acoustic analysis of normal Taiwanese adults. *Journal Chinese Medical Association, 67*(4), 179-184.
- Weinrich, B., Brehm, S. B., Knudsen, C., McBride, S., & Hughes, M. (2013). Pediatric normative data for the KayPENTAX phonatory aerodynamic system model 6600. *Journal of Voice, 27*(1), 46-56.
- Yanagihara, N., Koike, Y., & von Leden, H. (1966). Phonation and respiration. *Folia Phoniatica et Logopaedica, 18*(5), 323-340.
- Yanagihara, N., & Koike, Y. (1967). The regulation of sustained phonation. *Folia Phoniatica et Logopaedica, 19*(1), 1-18.
- Yaruss, J. S., & Logan, K. J. (2002). Evaluating rate, accuracy, and fluency of young children's diadochokinetic productions: a preliminary investigation. *Journal of Fluency Disorders, 27*(1), 65-86.

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.

收 稿 日 期：2019 年 07 月 31 日

一稿修訂日期：2019 年 07 月 31 日

二稿修訂日期：2019 年 08 月 19 日

三稿修訂日期：2019 年 10 月 21 日

四稿修訂日期：2019 年 12 月 17 日

五稿修訂日期：2020 年 01 月 13 日

六稿修訂日期：2020 年 01 月 20 日

接受刊登日期：2020 年 01 月 20 日



Bulletin of Educational Psychology, 2020, 51(4), 613-637  
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

## Changes in Indicator Values of Speech Function Across Lifespan

Jing-Yi Jeng

Department of Special Education

National Kaohsiung Normal University

This study investigated the differences on the indicator values related with four speech functions among eight age groups of Mandarin speakers, and explored the changes in speech functions across lifespan. This cross-sectional study explored the changes in speech functions with age. The following four functional indicators of speech were measured: maximum phonation time (MPT), fundamental frequency (F0), oral diadochokinetic (DDK) rates, and spontaneous speech rates. The study recruited 350 participants, comprising of eight age groups, including 4-, 5-, 6-, 7-, 9-, 12-year-old children, young adults and older adults. The participant age ranged from 4 to 83 years. The results demonstrated that MPT increased with age—from an average of 5 seconds in 4-year-old children to an average of 21 seconds in adult male group. The MPTs of the older adults were shorter, at an average of approximately 15 seconds. The F0 values of preschool and 7-year-old children demonstrated no significant gender difference; however, gender difference appeared in 9-year-old children. The results showed that the F0s of adult females were significantly higher than those of adult males. For both genders, the F0s decreased with age, except for the older adults. The F0s of older women continued to decline, whereas those of older males increased slightly. The DDK rates increased with age, with a mean of 3.25 syllable/s, and it was fastest among all groups (mean: 5.28 syllable/s); however, the DDK rates in older adults tended to decrease (mean: 4.70 syllable/s). Although the spontaneous speech rates were slightly slower than the DDK rates, the tendency of changing with age was common for both indicators. The speech rates were moderately correlated with the DDK rates, suggesting that both of them may share the same articulatory motor control mechanism. The change of these indicators suggests that speech function generally improves with age, in terms of phonatory-respiratory efficacy, mass of vocal folds, articulatory agility, and coordination; however, the speech functions were observed to decline for older adults.

*Keywords:* oral diadochokinetic (DDK) rate, spontaneous speech rate, speech function, fundamental frequency (F0), maximum phonation time (MPT)

