

作者

Ray D. Kent, Ph.D.
Charles Read, PhD.



言語聲學分析

Acoustic

Analysis of Speech

Second Edition

譯者 王南梅 黃國祐 陳雅資



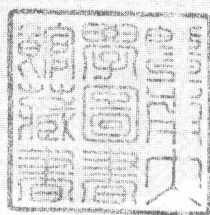
合記圖書出版社 發行

H01
2011

Acoustic Analysis of Speech, 2e

言語聲學分析

Raymond D. Kent 著
王南梅 · 黃國祐 · 陳雅資 譯



 CENGAGE
Learning™

Australia · Brazil · Japan · Korea · Mexico · Singapore · Spain · United Kingdom · United States



合記圖書出版社

言語聲學分析 / Raymond D. Kent著;王南梅,
黃國祐,陳雅資譯.-- 初版.-- 臺北市 :
新加坡商聖智學習:合記發行, 2009.10
面;公分
參考書目:面
譯自: The acoustic analysis of speech,
2nd ed.
ISBN 978-986-6637-56-8(平裝)

1.語音學 2.聲學

801.3

98015231

言語聲學分析

© 2010年,新加坡商亞聖智學習國際出版有限公司著作權所有。本書所有內容,
未經本公司事前書面授權,不得以任何方式(包括儲存於資料庫或任何存取系統內)
作全部或局部之翻印、仿製或轉載。

© 2010 Cengage Learning Asia Pte Ltd.

Original: Acoustic Analysis of Speech

By Kent, Raymond D.

ISBN: 9780769301129

Copyright ©2002 by Delmar Learning, a Cengage Learning Company

The Cengage Learning™ is a trademark used herein under license.

All rights reserved.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 0 2 1 0 9

出 版 商 新加坡商聖智學習亞洲私人有限公司台灣分公司
10349臺北市鄭州路87號9樓之1
<http://www.cengage.tw>
電話:(02) 2558-0569 傳真:(02) 2558-0360

原 著 Ray D. Kent, Ph.D. · Charles Read, Ph.D.

譯 者 王南梅 · 黃國祐 · 陳雅資

執行編輯 金明芬

創 辦 人 吳富章

發 行 人 吳貴宗

總 經 銷 合記書局

郵政劃撥帳號 19197512

戶 名 合記書局有限公司

北醫店 電話 (02)27239404
臺北市信義區(110)吳興街249號

高雄店 電話 (07)3226177
高雄市三民區(807)北平一街1號

臺大店 電話 (02)23651544 (02)23671444
臺北市中正區(100)羅斯福路四段12巷7號

花蓮店 電話 (03)8463459
花蓮市(970)中山路632號

榮總店 電話 (02)28265375
臺北市北投區(112)石牌路二段120號

成大店 電話 (06)2095735
台南市(704)勝利路272號

臺中店 電話 (04)22030795 (04)22032317
臺中市北區(404)育德路24號

出版日期 西元 2009 年 10 月 初版一刷

ISBN 978-986-6637-56-8

(9CRM0)

作者介紹

(Author Biographies)

Ray D. Kent 目前是美國威斯康新州大學—麥迪遜分校—溝通障礙研究所教授，他目前的研究興趣是兒童及成人神經性言語障礙，尤其有關肌萎縮性脊髓側索硬化症、巴金森氏症、腦部病變、中風及腦性麻痺等障礙。其他研究興趣包括嬰幼兒的言語發展、言語清晰度及品質測量、言語聲學分析及言語產製理論。Kent 教授曾發表 150 篇以上學術期刊論文、書籍章節及回顧評論，他還著作與編輯下列書籍：「臨床語音學」（與 L.D. Shriberg）、「語言病理學的決策」（與 D.D. Yoder）、「言語溝通論文」（1-3 冊）（與 J.L. Miller 與 B.S. Atal）、「言語障礙的清晰度：理論、測量及處置、言語聲學分析」（與 C. Read）及溝通科學與障礙學之參考手冊：語言病理學、言語科學、創新語音學（與 M.J. Ball）、語言病理學字典（與 S. Singh）、及聲音品質測量手冊（與 M.J. Ball）。學術期刊編輯經驗包括：美國言語聽力研究學術期刊主編、臨床語言學與語音學期刊副主編及 *Folia Phoniatica et Logopaedica* 期刊中運動言語障礙單元副主編。Kent 教授曾在 1994 年接受美國聽力語言學會榮譽獎章，並在 1995 年接受蒙特婁 (Montreal) 大學醫學教職委員會授予 *Docteur Honoris Causa*（榮譽博士）。他目前是美國聽力語言學會、美國聲學學會、國際語音學會等組織榮譽會員。

Charles Read 目前是美國威斯康新州大學—麥迪遜分校—語言研究所教授及該校研究所副所長。他負責語言學下語音實驗室，並執行在閱讀與寫作的語音基礎學研究。Read 教授最著名的研究是兒童的拼音開始，他也研究兒童與成人如何使用音韻以辨識句子中的句型結構，及低文字能力成人的語言及認知技巧。

譯者簡介

► 王南梅

現任：中山醫學大學語言治療與聽力學系專任副教授

學歷：美國俄亥俄州肯特大學語言治療與聽力學研究所博士班進修
美國明里蘇達州模海州立大學語言病理學碩士

經歷：前中山醫學大學語言治療與聽力學系系主任
前中華民國聽力語言學會常務理事、顧問
前台灣聽力語言學會雜誌主編

專長：溝通障礙評估學、聽能復健學、語音學、語言治療學

► 黃國祐

現任：中山醫學大學語言治療與聽力學系專任助理教授

學歷：國立中正大學心理學博士

專長：言語科學、心理語言學、語音聲學和知覺學

► 陳雅資

現任：中山醫學大學語言治療與聽力學系專任助理教授
台北市立教育大學溝障學程研究所兼任助理教授

學歷：澳洲昆士蘭大學語言病理博士
美國中佛羅里達州大學溝通障礙碩士

專長：雙語者語言認知學、成人運動性言語障礙學、成人語言障礙學

第二版序

寫這本書目的是希望提供讀者所需要之言語聲學的導論，雖然偶而會使用公式，但數學與物理學的基礎需要的很少。從這點來說，寫作本書是特別提供不具廣泛量化背景的讀者，但是基礎的聲學概念是需要的，例如，讀者應該熟悉各類波形、頻譜、共鳴、分貝 (dB) 的概念。

這本書背後的哲理是言語聲學應該從三個相互輔助觀點來理解：理論、分析方法及數據來源。言語產製的聲學理論不但闡述語音產生過程，而且也是理解言語分析一些非常重要方法、及詮釋聲學數據的基礎。近代的言語分析方法仰賴數位化電腦，而文中會討論如何將言語聲學信號以數位信號處理方法來分析。內文中將會闡述許多方法、而且豐富的參考文獻可以導引有興趣讀者參考其他資料來源。理論與分析將導引言語聲學的數據產生。雖然這本書絕非是聲學數據的百科全書檔案，但是它確實包括對言語產製與言語知覺中許多重要變項的數據摘要。本書主要強調是美式英語，但是也包括其他語言中選擇性訊息。本書中特別提供包括性別及年齡層的說話者的數據資料。因為幾乎每個人都使用言語，所以分析方法必須是普遍性。

第二版將第一版的資料做了大量更新，其內文擴展至所有主要領域，更新的資料包括聲學理論、聲學分析方法、母音與子音的聲學特質、說話者差異的聲學相關性、超語段及言語合成。內文也重新組織以達成更有效率的主題整合。更新資料尤其反應在增加許多新的參考資料、及增加數個聲學數據的新表格。

總之，這本書證明了重要的科技成就—分析人類言語成為聲學信號的能力、並以生物性與心理性本質來詮釋此信號、及利用儀器設計以分享人類的口語溝通。

作者 (RK 與 CR) 於
威斯康新州麥迪遜、2001 年 1 月

審閱者與譯者序

第二版的「言語聲學分析」翻譯初衷是希望能提供國內聽語系所學生及現職聽語人員進階的語音聲學專業知識，言語聲學分析雖然是聽語科學的基礎學科，對大部分聽語系所學生及聽語障礙臨床工作者卻是相當深奧、不易看懂的專業書籍，因為涉及許多不熟悉的科技領域，舉凡工程學、數學、物理學、生理學門等，尤其對於聽語臨床工作者，這本書提供相當豐富、必要的言語聲學基礎入門專業知識。由兩位在言語聲學分析領域赫赫有名的學者—Kent 與 Read 教授，兩人以深入淺出的文筆，從聽語科學領域的專業書籍、研究論文與報告、闡述其言語聲學理論、分析方法、提供相關數據資料，並提供相關佐證參考文獻。譯者認為本書對國內聽語障礙領域學子、聽語工作在職人員、及語言學、心理語言學、語言病理、通訊工程學等領域人士，都是必讀的專業書籍，也是譯者們翻譯此書的最大目的。

再者，此書非僅提供言語聲學基礎知識、聽語科學研究工具書，而對於有經驗的語言治療師與聽力師，本書也提供聽語障礙實證研究方法；舉凡聽能復健學、構音障礙學、語暢障礙學、運動言語障礙、聲音障礙學等，均提供非常重要的基礎研究工具書籍。

譯者三人目前皆任教中山醫學大學語言治療與聽力學系，其中黃老師專長與授課語音聲學數年，相信以他的專精，加上另外兩位老師專業背景的貢獻，對此書理論闡述、聲學專業知識譯述、專業術語譯著，相信能提供國內讀者一窺言語聲學全貌！希望藉由本書翻譯能提供國內聽語系所學生、臨床工作者、相關領域研究者對言語聲學基礎知識理解，而更深入的研讀則有賴更多未來專業研究報告的閱讀。本書也感謝中山聽語系畢業系友辛樂音、學生楊思怡協助，使得本書能在短期間內完成。我們深信本書能對國內聽語科學、聽語障礙學的運用帶來更紮實、穩固基礎，除了提升聽語專業知識背景，更能提供聽語障礙實證研究的基礎。

王南梅 謹識
中山醫學大學語言治療與聽力學系
98年7月於台中

目錄

(Contents)

作者介紹	iii
譯者簡介	v
第二版序	vii
審閱者與譯者序	ix
第 1 章 言語聲學緒論	1
第 2 章 言語產生的聲學理論.....	17
第 3 章 言語聲學分析導論	53
第 4 章 母音與雙母音的聲學特性	105
第 5 章 子音的聲學特性.....	139
第 6 章 說話者特徵的聲學相關性	189
第 7 章 言語的超音段特質	223
第 8 章 言語合成.....	241
附錄 A 母音與子音的語音符號：內文所使用的縮寫.....	267
附錄 B 聲音基礎物理學.....	271
附錄 C 語音分析非線性頻率量尺	281
參考文獻.....	283
名詞解釋.....	301
索引.....	307

譯者：陳雅資

言語聲學緒論

(An Introduction to the Study of Speech Acoustics)

何謂言語？(What is Speech?)

言語研究的先驅者，Raymond H. Stetson，寫道：「言語是一種能讓聽者聽得到的動作」(Stetson, 1928)。言語器官如舌頭、嘴唇、下巴、軟顎、聲帶等的動作可產生聽者所理解出的言語型態。然而，言語不僅只是一種能聽見的聲音，否則我們就不需大費周章地去分辨出其他身體部位運作所發出的聲音，譬如拍手和呼吸。言語被當作一種主要工具來表達出所有人類的文化，所以擁有其獨特的重要性，除了那些失聰者外。言語是語言的一種模式，除了那些失聰者外，在地球上幾乎所有人類的每一種文化，用言語來溝通是稀鬆平常的方式。言語的最終產物是聲學信號，此信號代表發言者的溝通訊息。在正常的情形下，當聲音的

振動被物質世界減弱之後，信號便會迅速消失，但是現代的錄音技術促使我們可以保存言語信號，而這項技術性能遂開啓言語研究新的領域。

著名的語言學家 Charles Hockett 定義了他所認為的溝通設計特徵，這些特徵歸納在表 1-1，綜括來看，這些特徵可以描述人類語言的獨特性。就目前所知，沒有其他物種擁有具備這些特徵的溝通系統。如果個別地就其特徵來看，我們能夠言語，為一種人類的特殊才能和一種溝通方式，其中有幾項設計特徵和被視為是一種語言形式的言語，有直接和獨特的關係，例如表 1-1 中的第一、二、三、六、九項。藉由結合這幾項特徵，我們或許可以將言語定義為一種聽覺—發聲管道，此管道為快速

消退的廣播式傳送，專精於使用獨立的聲音符號來表達意思，並由分立單位或要素所組合之無數訊息所組成；此定義涉及到言語的限制和影響力。言語的快速消退導致對言語的分析具有挑戰性，值得慶幸的是現代的設備能夠使快速消失的言語信號得以儲存和分析，藉由這項性能便可以來研究與語言相關的語音。

科學實驗室裡，研究言語具有三大領域：生理領域（或生理語音學）、聲學領域（或聲學語音學）以及知覺領域（通常稱為言語知覺），對言語統一的理解需要包涵研究這些領域中的每一項領域與其他領域間的關係。本書主要針對聲學領域來做探討，其他另兩項領域

於需要時亦會提出作為參考之用，重點是需要理解言語的聲學分析如何能輔助理生理現象和知覺方面的研究。因為聲音的信號是介於說話者的言語產生和聽者的言語知覺之間，所以聲學分析可有幫助理解言語的產生和言語的知覺。在很多方面，聲學信號有助於全面性的言語理解。

言語的生理領域 (The Physiologic Arena of Speech)

它是透過言語器官的物理性定義，其中包括三大解剖次系統：呼吸（包括肺、胸腔壁、

表 1-1

Hockett 的溝通設計特徵（這些特徵描繪出人類語言的特性，但不能全部應用在其他物種的溝通系統上）

特徵	定義
1. 聽覺－發聲的管道	語音由口腔傳送到耳朵。
2. 廣播式傳送和方向的接收	聽覺信號可在察覺者的聽力範圍內被偵測出，而且察覺者的耳朵還可用以定位信號。
3. 快速消退	和某些視覺與嗅覺信號相比，聽覺信號是瞬息短暫的。
4. 交換性	一種語言的熟練使用者可以產生他們自己能夠理解的任何信號。
5. 完全回饋	個體可對其所產生的全部信號作出反映。
6. 特殊性	言語聲學波形的唯一功能是傳達含意。
7. 語意性	信號透過在環境中與它相關的物體和活動來傳遞含意。
8. 武斷性	言語信號本身與其相關的物體和活動是沒有關聯的。
9. 分立性	言語是由一小組不同的聲學單位或要素所組成。
10. 移置作用	言語信號可用以意指自空間與時間之當下被移除的對象 (objects) 和事件 (events)。
11. 創造性	藉由結合分立的要素而組成新句子，言語提供了無限多樣性且有意義的語詞表達。
12. 傳統的	語言結構以及使用是透過教育與學習，由一代傳承至下一代。
13. 類型的雙重性	語言的特殊語音要素沒有其內在含意，卻是由具有含意的結構體（如，字、語辭）所結合。

橫膈膜)、發聲(喉部或聲帶)以及構音(舌頭、雙唇、下巴和軟顎),圖1-1為顯示這些次系統的簡化圖。由解剖和生理觀點得以充分說明這三方面的劃分,但必須要強調的是這三項次系統在言語產生時是密切地一起運作,並且頻繁地相互作用著。言語構音作用是一項複雜

的運動現象,由於這些器官都隱藏在口部、頸部和胸部的腔室裡,所以阻礙了對此運動現象的瞭解與認識。接下來的三個段落將敘述這些次系統的精簡摘要,對言語的產生不熟悉的讀者在繼續閱讀本書之前,可受益於這些資料的闡述。

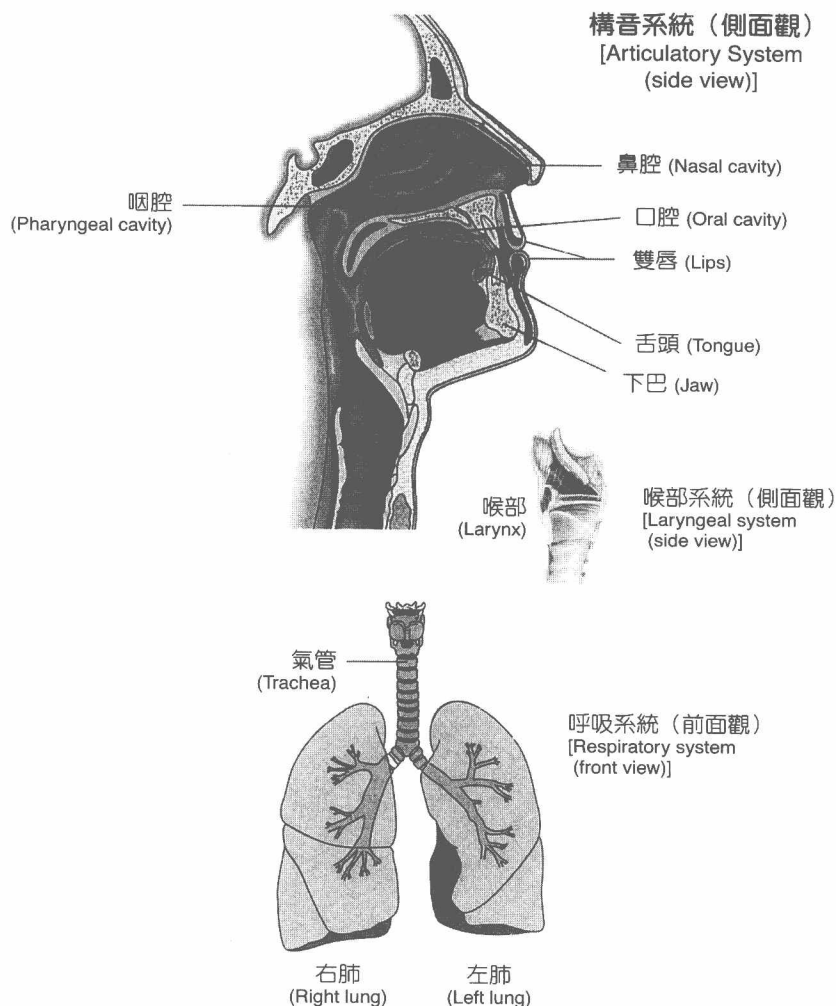


圖 1-1

言語產生的系統被劃分成三個主要的次系統:呼吸、喉部和構音。這些不同的系統以不同的圖形比率及不同的呈現方位顯示(譬如,與另外兩個系統相比,構音系統是放大的,並且以側面觀而非前面觀展示)。此圖摘自 The speech sciences. A volume in the speech sciences (1st ed.), 由 Kent 所著, 1998 年版權所有, 已取得湯姆生國際出版有限公司之 Delmar 部門的刊用同意權。

■ 呼吸次系統 (The Respiratory Subsystem)

呼吸次系統具有氣管、肺、胸廓及許多肌肉（圖 1-1 和 1-2），除了提供換氣功能來支持生命外，此系統還產生言語的大部分氣體動力能量。基本的氣體動力變項包括空氣量、氣流、氣壓和空氣阻力。容量是空氣量的測量，並以升 (l) 或毫升 (ml) 作為測量單位。氣流是容量改變的速率，而其流速單位為升 / 每分鐘或毫升 / 每毫秒 (ml/ms)，代表每一單位時間內的容量改變。氣壓是每單位面積上的力 (force)，通常以帕斯卡 (Pascal) 為單位，它取

代了早期所使用的單位，例如每平方公分的達因數 (dynes)。言語研究中，氣壓通常是以不同的單位來記錄，譬如每公分水柱 (cm H₂O) 或是每毫米汞柱 (mm Hg)，這是因為壓力計是一種較為方便的方式，用在測量液體柱位移的壓力。根據歐姆定律 (Ohm's law)，空氣的阻力是聯繫氣流和氣壓的變數，此定律可以用以下幾種方式來表現：

$$\text{氣壓} = \text{氣流} \times \text{空氣阻力}$$

$$\text{氣流} = \text{氣壓} / \text{空氣阻力}$$

$$\text{空氣阻力} = \text{氣壓} / \text{氣流}$$

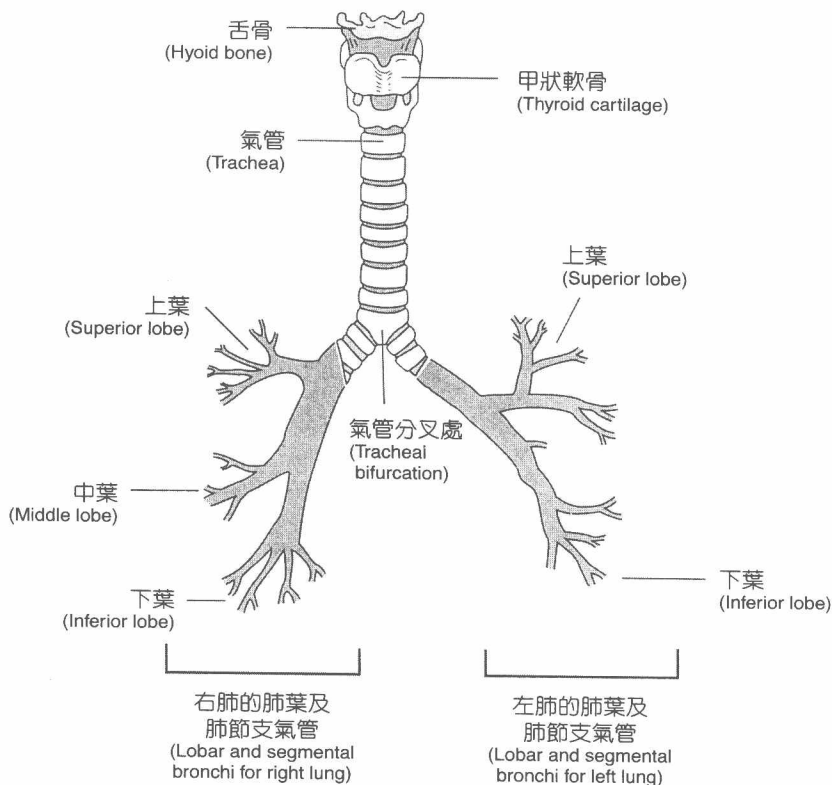


圖 1-2

言語產生中的呼吸和喉部次系統，此兩類次系統合稱為下呼吸道。喉部直接位在氣管之上，咽部之下。氣管則分叉為支氣管通到肺部去。此圖摘自 The speech sciences. A volume in the speech sciences (1st ed.), 由 Kent 所著，1998 年版權所有，已取得湯姆生國際出版有限公司之 Delmar 部門的刊用同意權。

例如氣流和氣壓是成正比的，但卻和空氣阻力成反比。假若空氣阻力維持不變，則增加的空氣壓力會致使氣流量上升。假若氣壓維持不變，則增加的空氣阻力會致使氣流量下降。

言語是由約6-10公分水柱或1 kPa（kPa = kilopascal 或 1000 pascals）之相對不變的肺氣壓所產生。可將吸管置入一個六公分深且裝滿水的杯子來得知氣壓之多寡（圖1-3），然後，

吹吸管直至置入水中的吸管端產生氣泡，此情況便和六公分水柱的壓力是相同的。僅有少量的氣壓會從微小的肺泡向上至氣管頂端的喉部流失，所以聲門下壓（就在聲帶下所形成的壓力）和肺氣壓幾乎相等。倘若在喉部或構音系統的上呼吸道沒有關閉好，由呼吸系統所形成的氣壓會通過沒有緊閉的管道立即釋放到大氣之中，故言語是藉由調節呼吸次系統所形成的氣壓和氣流而產生。簡單來說，呼吸次系統是

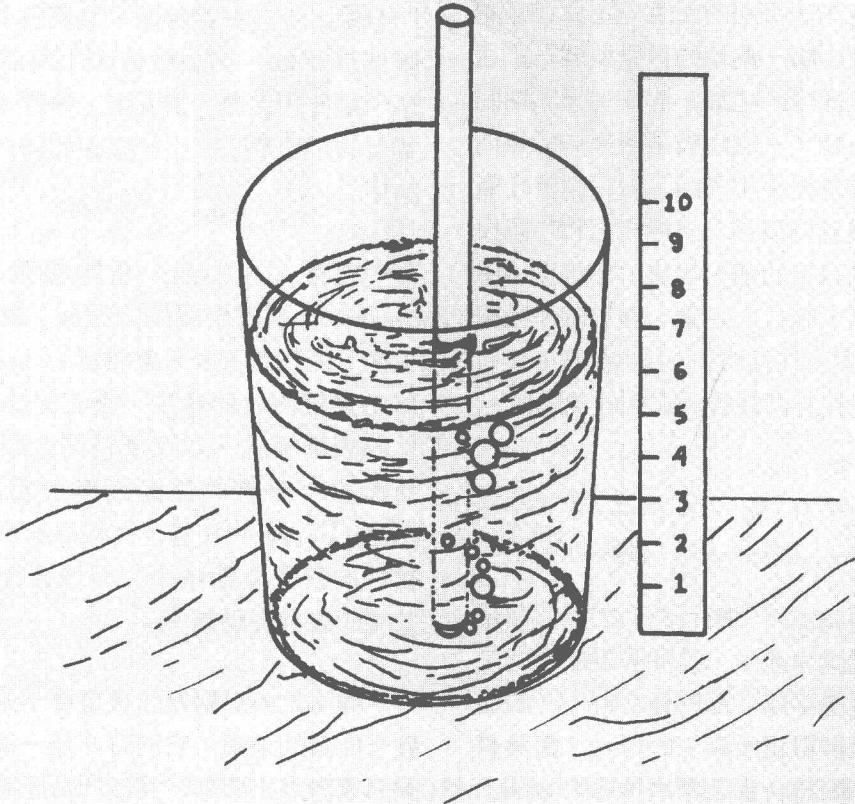


圖 1-3

言語產生的氣壓需求之簡易測量展示圖。置入一根吸管至一杯含有6公分水深的杯子。然後，吹吸管直至杯子裡的水泡開始上升。這種情形可對應6 cm H₂O的水壓，也就是適合一般對話時用的（肺）氣壓。

一種空氣幫浦，提供喉部和構音次系統之氣體動力能量。支持言語的基本呼吸型態是說話者藉由調節肌肉來吸入空氣，增加呼吸系統的容量；然後氣體會因為肺部的被動回彈力和肌肉活動相結合，自肺部釋放出來，此動作全賴肺部裡確切的氣體容量和氣體動力的需求而定。

重點是言語方面的呼吸功能，可藉由氣體動力的活動事件，即氣體容量、氣壓、和氣流來瞭解，遂當說話者在運用呼吸系統來產生氣體動力方面的能量時，此種機械上的活動事件就開始發生了。在多數的語言裡，言語是在呼氣時產生，這意謂著言語的產生一定會在每回說話者吸氣時被中斷。典型的言語型態是迅速吸氣後緊接著較緩慢的吐氣，而在這吐氣期間言語產生。靜止時，一個呼吸循環裡的吸氣期和吐氣期的時長是幾乎相同的，但說話時吐氣期的時長會比吸氣期還長。這種吸氣和吐氣模式間的差異可在以下的部份描述，於該描述中可見吸代表吸氣，呼代表呼氣，靜止時呼吸顯示在雙直線左側，說話時呼吸則顯示在其右側，長線則代表說話時呼吸延長的吐氣階段。

吸 | 呼 | 吸 | 呼 | 吸 ||
 呼—— | 吸—— |
 呼—— | 吸—— | 呼—— |

為了吸氣而必須要中斷言語乃因為言語是以呼吸群組的模式來產生，此呼吸群組指的是單一呼吸間所產生字或音節的組合群。一般而言，在單一呼吸群組所產生的單元，需具有前後一致性，例如符合說話語調型態（音調上揚和下降的型態）。

■ 喉部次系統 (The Laryngeal Subsystem)

如同圖 1-2 所示，喉部位在氣管的頂端並通向位在其上的咽部。喉部包含有數個軟骨和肌肉，其中特別重要的是聲帶，它們是小型的肌肉軟墊，可以內收（閉合）以關閉喉部的呼吸道，或者外展（分離）以打開呼吸道。圖 1-4 顯示喉部的冠狀面圖。接下來要討論的是真聲帶，它們是會震動的構造，有複合的層狀組織，圖 1-4 可見其放大圖。聲帶之間的開口稱作“聲門”（圖 1-5），而此詞彙聲門的已被廣泛使用作為喉部的功能，特別指聲帶的功能，舉例來說，喉部所發出的聲音經常被稱作是聲門音源。倘若聲帶緊閉，氣體就不會自膨脹的肺部洩露出，在強度較大生理活動時，如抬舉、排便和生產等情況下，聲帶通常是緊閉，其目的是使呼吸次系統堅硬如同一座基座來推動使力。

通常人在抬起一重物時發出的哼哼聲 (grunt) 便是聲帶關閉的證據，此哼哼聲的發生亦可使我們瞭解有聲語音 (voiced sound) 是藉由聲帶內收而產生，聲音是由聲帶作規則性的震動模式，以交換性閉合與打開的動作而產生。聲帶的震動速率決定說話者音高 (vocal pitch) 的知覺，有較高音高的人會有相當快的聲帶震動頻率，而較低音高者會有相當慢的聲帶震動頻率。

喉部之所以對言語很重要不只是因為其為發音能量的來源，它同時亦是一種活門，用以調節氣體進出肺部，其活門功能可用內收與外展來形容。當聲帶內收緊閉時，就不會產生氣