

《特稿》

語言和生命時程

王士元

摘要

比起其它靈長類，人類壽命除了明顯較長外，還多了一個有助學習的「童年期」，兩者皆是文化演化的產物。大腦在我們誕生後的頭兩年內有爆炸性成長，重量增長三倍，以吸收外在世界以及周遭文化的大量訊息。語言是一套既獨立又彼此相關的繁複技巧，在不同時程內習得，能夠達到不同的熟練度，習得結果存在大量的個別差異。學說任何語言都須習得一整套的感知敏感度，才能辨別該語言裡重要的語音區別，還得要協調及精細控制幾百條與呼吸、發聲和發音有關的肌肉。雖然越早開始越能輕鬆學會說新語言所需的運動技能，但語言的認知成分，而非其運動成分，可以在年紀很大了才掌握，如詞彙和語法。語言和行為的許多其它方面的不同時程，都在基因與環境的互動下有其源頭，若干的遺傳性病變是在幼兒期或人生的遲暮之年才浮現。儘管許多人能健康安

* 感謝國立政治大學中國文學系的誠摯邀請，我有幸在2017年10月參與王夢鷗教授學術講座。在臺期間與多位同行的互動讓我獲益匪淺，至今記憶猶新，多謝何萬順、竺家寧、吳瑞文、宋韻珊教授，以及系主任涂艷秋的热忱款待。我那三場演講的題目為：「言」是何物？政大中文系已經在2018年7月出版了一小本演講集，書名是《語言、演化與大腦》。此文是那三次講座的延伸，本文的刪節版，將以英文刊載於李愛軍教授編輯的《中國語音學報》第10期。感謝Tom Schoenemann、李壬癸、丁邦新三位教授和方卓敏的寶貴意見，尤其謝謝蔡雅菁對本文中文版的協助。同時特此銘謝香港特區政府的優配研究金GRF#1560 1718，為我在語言、認知和神經科學領域的研究經費提供資助。

** 王士元現職為香港理工大學中文及雙語學系語言與認知科學講座教授。

*** 為尊重作者，本特稿格式不依本刊撰稿體例調整。

享晚年，有些人卻飽受不同型態的神經退化折磨，如阿茲海默症。隨著世界漸趨高齡化，語言失調的挑戰在規模上快速增長，病徵也漸趨多樣複雜。希望未來的研究更應考量構成人類社會的生物多樣性和文化多樣性。

關鍵詞：老化、失智症、語言習得、神經退化、時程

Language and Life Timelines

William S-Y. Wang

Abstract

Compared with other primates, humans have an extended lifespan and are blessed with the additional stage of “childhood” for learning, both of which are products of cultural evolution. Our brains grow at an explosive rate during our first two years, tripling its weight at birth, soaking up an astonishing amount of information about the physical world as well as the culture into which we are born. Language is a complex set of independent but interrelated skills, acquired at different timelines to different degrees of proficiency, with a great deal of variation across individuals. Speaking any language well requires the acquisition of a full set of perceptual sensitivities to the phonetic distinctions significant for that language. It also requires the coordination and fine control of several hundred muscles for respiration, phonation, and articulation. Although the motor skills for speaking a new language come much more easily to the young, the cognitive components of language, **not** its motoric components, can be mastered quite late in life, such as its vocabulary and grammar. The various timelines for language and many other aspects of behavior have their sources in the interaction of genes with environment. Several genetic pathologies surface either in infancy, or in the sunset years. While many of us live out the newly available years in good health, some suffer from various types of neuro-degeneration, and foremost among these is a severe form of dementia called the Alzheimer’s disease. The challenge of language disorders has

* Chair Professor of Language and Cognitive Sciences, Department of Chinese and Bilingual Studies, The Hong Kong Polytechnic University.

mushroomed in size and become manifold more complex with the world aging so fast. Hopefully due consideration in this area of research will be given to the biological and cultural diversity that comprise our entire humanity.

Keywords: aging, dementia, language acquisition, neuro-degeneration, timeline

—

我們的生命肇始於來自父母的配子（gametes）結合為單一細胞，並開始在子宮內快速繁殖，最後導致了構成我們的數兆個細胞。配子帶有 23 對從雙親而來含有遺傳訊息的染色體，該訊息界定了有機體在和瞬息萬變的環境互動時應當如何發展。最初環境的影響多半是實質有形的，與子宮內的條件和胎兒從母親的飲食獲取的營養有關。幾個月大時，胎兒的神經系統開始運作，可以回應子宮外的環境。

對研究語言的學生而言特別有意思的是，這時胎兒也開始動嘴伸舌，為出生後的進食及幾個月後的說話做好準備。和語言有關的另一事實是，新生兒一出世的哭聲，就顯示出受了母親和母語的語音影響，這個影響應該是在胎兒的聽覺系統運作時就開始了。本文稍後會探討這些及其它和語言學習有關的行為。既然語言牽涉到一大套複雜的技巧，可以預期的是語言習得也會涉及不同的時程。

許多文化裡都愛說人有「宿命」或「命運」，¹的確，在許多基本方面我們來到這世上都是「命中註定」（preprogrammed）的。幼年期時，我們大約都在相同的生理時程開始坐、爬、站、走。大腦在我們誕生後的頭兩年內有爆炸性的快速成長，重量會比呱呱墜地時增長三倍，吸收外在世界以及周遭文化的大量訊息，而文化必然包括母語，母語很快就成了我們學習、記憶、溝通的主要工具。

不幸的是，除了正常發育的遺傳訊息外，少數人也命中註定會有在幼年或童年期的不同時程逐漸浮現的各種病狀，有些是從父母遺傳而來，有些是後來發生的突變。這包括各類的泛自閉症障礙（Autism Spectrum Disorders）、唐氏症（Down's Syndrome）、威廉氏症（Williams Syndrome）等，我們現在才慢慢開始理解這些病症。跨越幼年期後，生命時程則與環境的互動較有關係，包括物理和文化的環境。由於氣候及文化慣例不同，如飲食的差異，青春期可能較早或較晚開始。性和生育的時程更是由文化所決定，有像宦官那樣強迫式的禁慾，也有因宗教或其它因素所致的志願性禁慾，還有不同社會裡的一夫多妻或一妻多夫制等。

¹ 中文裡常說「命」或「緣」；俄語裡有個詞是 sudjba，阿拉伯語裡則有 kismet 等。

根據演化論裡如「自私基因」的說法，²我們被天擇所偏好只維持到生育階段，這段時間內我們的基因必須傳給下一代。以目前所能掌握的最佳知識來說，我們的猿類近親不管生活在野外還是在人類保護下，都無法活過五十歲。圖 1 顯示了以分離時間、遺傳相似性和大腦體積來看，幾種靈長類動物彼此間的關係，³圖 2 顯示了幾種靈長動物個體發育的階段，及牠們相比起來的壽命長短。⁴文明社會裡隨著醫學的進展和公共衛生條件的改善，人類的壽命在過去兩世紀內提高了兩倍，百歲人瑞早已不是新鮮事。⁵

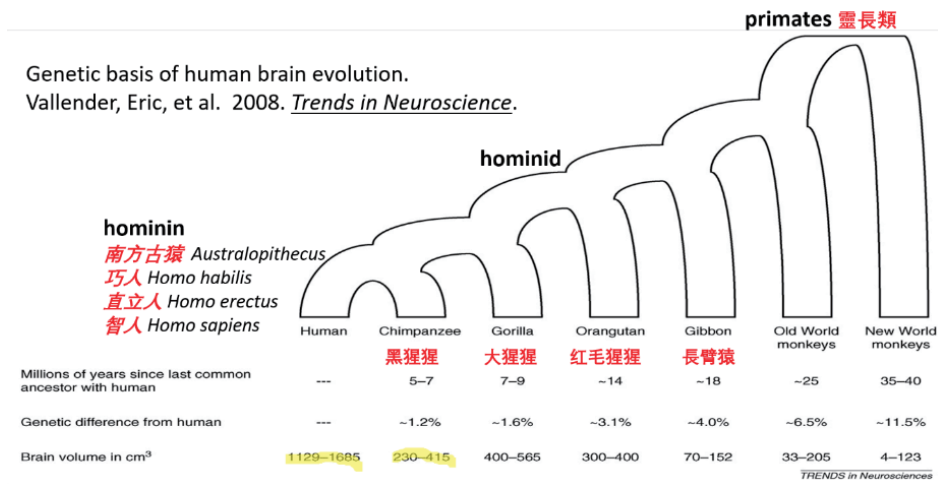


圖 1：改編自 Vallender et al. (2008:638)。圖中特別標示出人類與黑猩猩大腦發展的顯著差異。雖然我們和黑猩猩是在約六百萬年前分家，我們的大腦卻是在兩百多萬年前才開始加速增長。

² Richard Dawkins, *The Selfish Gene* (Oxford: Oxford University Press, 1976).
³ Eric J. Vallender et al., “Genetic basis of human brain evolution,” *Trends in Neurosciences* 31.12 (2008): 637-644.
⁴ Daniel E. Lieberman, *The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease* (New York: Pantheon Books, 2013).
⁵ 據估現在出生的兒童中，每三個就有一個可以活到 100 歲，參見 Susan Greenfield, *Mind Change: How Digital Technologies Are Leaving Their Mark on Our Brains* (New York: Random House, 2015)。

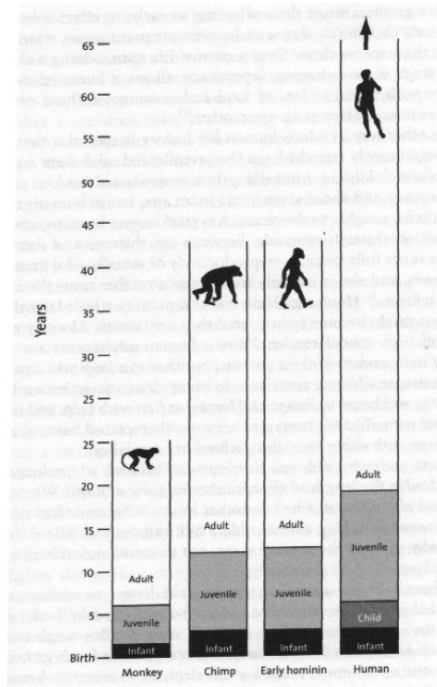


圖 2：出自 Lieberman (2013:113)。請注意人類的壽命除了明顯較長外，還多了一個「童年期」的階段，兩者皆是文化演化的產物。

儘管許多人能健康地安享晚年，有些人卻不那麼有福氣，會在不同時程飽受不同病症折磨。這些病症許多是因腦神經退化所致，由於大腦的高度複雜性，目前我們的知識尚不足以應對。其中有一種非常嚴重的失智型態，是 20 世紀初由愛羅斯·阿茲海默 (Alois Alzheimer) 最先報導出來的，⁶ 這種病的開端是出了名地難以覺察的。雖說有的阿茲海默症形式可能早在四十多歲就開始出現病徵，但絕大多數的案例都是在六十歲左右才會發病。在能夠臨床診斷出患病的幾十年前，病變可能已經對大腦造成傷害了，確診後才開始努力應對這個挑戰也許為時已晚。這些病變讓我們赤裸裸地理解到，單單只是長命百歲不是我們所追求的，健健康康地壽比南山才是我們所希望的。

本文將探討我們這一輩子中，和語言有關的若干生理時程。

⁶ A. Alzheimer, "Über eigenartige Krankheitsfälle des späteren Alters (On certain peculiar diseases of old age)," *Hist Psychiatry* 2.5 (1911): 74-99.

比 Penfield 的觀察更為人所知的，是 Eric Lenneberg 一本影響深遠的書裡對同樣話題的討論。¹⁰這本書裡有一張非常實用的圖，見圖 4，以斑點區域畫出語言習得的「關鍵期」，年齡介於二到十二歲間，標示為「語言習得」。兩歲恰好對應到大腦增長至超過 1000 公克的某個點，然後弧度開始趨緩，這也許是為什麼他會把關鍵期的開端定在那裡。很多研究都報導過，兩歲也大約是極度快速習得新詞的階段，即所謂的「詞彙噴發」(vocabulary spurt) 或詞彙暴增。¹¹十二歲可能與青春期的開始有關，重大的生理變化都發生在這個時候；不過青春期的早晚當然隨性別和文化而異，但無論如何，同樣的斑點區也重覆出現在他書裡第 4 章的許多圖片中，該章的題目是「發育與成熟脈絡下的語言」(Language in the context of growth and maturation)。

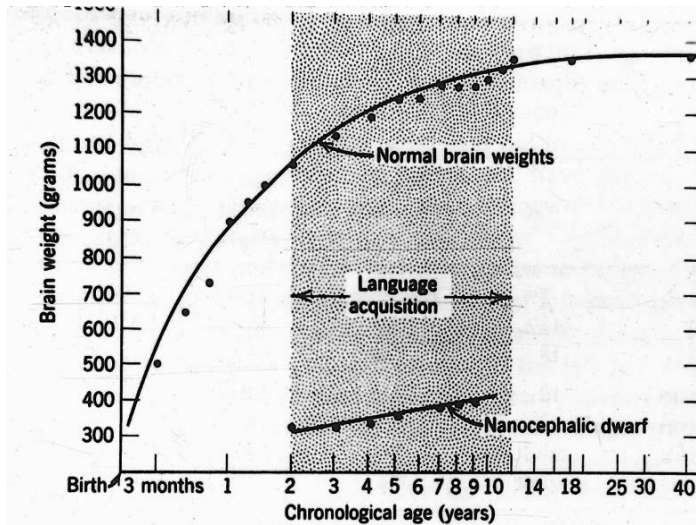


圖 4：Lenneberg (1967) 所說的語言習得「關鍵期」，出自書中的圖 2.25。如正文裡所述，更為合適的看法應該是把二至十二歲的階段，視作反映了習得不同運動技巧的時程，包括語音。語言牽涉眾多不同技巧，自然也會聯繫到不同時程。

¹⁰ Eric H. Lenneberg, *Biological Foundations of Language* (New York: John Wiley and Sons, 1967), figure 2.25, 4.4-11.

¹¹ Ping Li et al., "Dynamic self-organization and early lexical development in children," *Cognitive Science* 31.4 (2007): 581-612. Bob McMurray, "Defusing the childhood vocabulary explosion," *Science* 317.5838 (2007): 631.

近幾十年來，對語言生理基礎的理解已有不少進展，因此「語言習得的關鍵期」這個觀念也應當更新。¹²我覺得不該把「語言」視為單一統整的「器官」、「本能」、「生物程式」(bioprogram)，而應看作是一套既獨立又彼此相關的繁複技巧，在不同時程內習得，能夠達到不同的熟練度，習得結果存在大量的個別差異。¹³這個看法與其它看待語言習得的觀點有異曲同工之妙，如複雜適應系統，¹⁴或技巧學習的觀點。¹⁵這也直接承襲自我在三十多年前就提出的主張，把語言看做是「馬賽克拼貼」(mosaic)，是由許多生物和文化演化的軌跡所修補拼湊出來的。¹⁶

從這個觀點出發，認為語言習得只有單一個「關鍵期」是不合理的，一定有好幾個才對，每個有待學習的技巧都應該有各自的關鍵期。也有人對「關鍵」一詞表示意見，建議要用更軟性的說法「敏感」(sensitive)來代替——至少因為這個時期的始末界線可能不是急遽陡峭的，而是比較緩緩傾斜的。用「期」這個字也有些誤導，因為彷彿暗示著這個階段有個起始和結束的時候。我在本文裡要用的詞可能中立一點，即時程(timeline)。

不同技巧的習得順序可能對彼此有重大的影響。語音上無法成功習得精確的發音，可能使成人卻步而不願與母語者多互動或練習，於是就讓他

¹² 「關鍵期」這個說法在文獻裡差不多已經相當鞏固了，例如最近刊載的一篇基於大型研究的傑出論文的標題就是「二語習得的關鍵期：來自六十多萬說英語者的證據」：Joshua K. Hartshorne et al., “A critical period for second language acquisition: Evidence from 2/3 million English speakers,” *Cognition* 177 (2018): 263-277。

¹³ 我在稍早的另一篇文章裡也談過這個話題：William S.-Y. Wang, “Critical periods for language: Comment on ‘Rethinking foundations of language from a multidisciplinary perspective’ by T. Gong et al.,” *Physics of Life Review* 26-27 (2018): 179-183。

¹⁴ John H. Holland, “Language acquisition as a complex adaptive system,” in *Language Acquisition, Change, and Emergence*, ed. James W. Minnett and William S.-Y. Wang (Hong Kong: City University of Hong Kong Press, 2005), pp. 411-436. 王士元：〈複雜系統與音節語言的形成〉，收於汪鋒、林幼菁主編：《語言與人類複雜系統》(昆明：雲南大學出版社，2017年)，頁19-49。

¹⁵ Nick Chater and Morten H. Christiansen, “Language acquisition as skill learning,” *Current Opinion in Behavioral Sciences* 21 (2018): 205-208.

¹⁶ William S.-Y. Wang, *Explorations in Language Evolution* (Hyderabad: Osmania University Press, 1982). 王士元：〈語言演化的探索〉，收於鍾榮富、劉顯親、胥嘉陵、何大安編輯：《門內日與月：鄭錦全先生七秩壽慶論文集》(臺北：中研院語言學研究所，2006年)，頁9-32。William S.-Y. Wang, “The language mosaic and its biological bases,” *Journal of Bio-Education* 2.1 (2007): 8-16.

們無法更有效地習得這個目標語言的其它成分。說起外語來發音純正、習得豐富的詞彙、從已知的語法結構類推出新的句型、知道在什麼社交場合裡該對誰說什麼話等，這些都是習得外語所牽涉的不同成分，這些成分彼此間也會相互作用。

一般人都可以很容易想到幾個小故事，來支持 Penfield 和 Lenneberg 的說法。有時全家人移民國外，到達新國家後，家庭成員學會新語言的成功度常隨著年齡成反比。小朋友不出多久，說出口的話就和玩伴的母語一樣道地了，青少年雖學得稍微辛苦些，但也能成功掌握這個語言，年紀更大的家人則需要加倍努力，但結果卻差強人意。這類故事通常只基於語音，這是語言的一大門檻，因為短短幾個音節的話會讓你立刻露餡，人家一聽便知你不是本地人。

許多時候，正是因為這個語音門檻，阻礙了成年人的語言進步——他們不想讓濃重的口音透露了自己異於他人的身分認同。更重要的是，這麼高的語音門檻是有生理基礎的。學說任何語言都須習得一整套的感知敏感度，才能辨別該語言裡重要的語音區別。最近幾十年的研究表明，這種習得在生命的頭一年是最有效率的。

此外，學習語言還得要協調及精細控制幾百條與呼吸、發聲和發音有關的肌肉，才能說得流利。習得運用這些肌肉的技巧也是有時程的。就如學體育活動或彈奏樂器一樣，越早開始這些技巧越能輕鬆學會，因此說新語言所需的運動技能也是。

有幾位知名的公眾人物，成功迴避了語音的門檻，進而精通了語言的其它部分。美國前國務卿季辛吉（Henry Alfred Kissinger）就是一例，他十五歲才離開德國，他的英語裡清楚地透露了德語經驗的痕跡。更戲劇性的例子是已故的哈佛大學教授羅曼·雅各布森（Roman Jakobson），偶爾會有人調侃地介紹他是「能流利地操十二種語言的人，但都是用俄語說的」。雖然口音上脫不了外來的腔調，季辛吉和雅各布森在使用英語上完全沒有障礙，許多早已過了青春期的開始學語言的優秀作家也是如此。一個著名的例子是約瑟夫·康拉德（Joseph Conrad），¹⁷他的小說《黑暗之心》（*Heart of Darkness*）曾被多次改拍成電影。這類例子明確地表示，語言的認知成分，而非其運動成分，可以在年紀很大了才掌握，如詞彙和語法。

¹⁷ Conrad 其實是從他原本的姓 Korzeniowski 縮減而來。

三

我們的 DNA 裡包含了一輩子從胎兒開始的許多時程。神經管最後會轉變為大腦，它在受精後四週就形成了；一兩個星期後，大腦和脊髓間的基本彎曲也出現了。在第十五週前，大型構造如大腦、小腦、腦幹都已經看得到了。約二十六週時，聽覺系統大致就位，胎兒也已經能聽到母親和從子宮壁過濾而來的其它聲音。不少實驗都提過這一點，顯示新生兒偏愛母親及母語的聲音。這與分析基頻來研究不同語言背景下的新生兒哭聲的有趣實驗是吻合的——哭聲與語言的韻律之間存在相關性，包括聲調語言也是。¹⁸事實上，語言及其它認知行為所需的基本神經迴路，在新生兒的腦裡已然大致成形。¹⁹

口齒清晰的發音所需的運動能力的個體演化，當然是更晚才發展出來的。多虧了超音波造影技術，我們知道大約也是在二十六週大時，胎兒開始動嘴伸舌做各種動作，這是為出生後立刻要用到的關鍵生存技巧做好準備，見圖 5。²⁰這些動作包括嘟嘴、伸舌等，對日後說話時的清晰發音都是很實用的練習。這些練習在嬰幼兒早期發育的頭幾個月都還會繼續，可以泛稱是「牙牙學語」的階段。²¹有趣的是，人類牙牙學語的時程，在其它物種的發育上也有類似表現，例如原產於北美的鳴禽白冠帶鸚（white-crown sparrow），其幼鳥在出生後的五十天內會先發出「雛聲」（subsong），之後才學會鳴唱自己物種專有的歌聲。

¹⁸ Kathleen Wermke et al., “Fundamental frequency variation in crying of Mandarin and German neonates,” *Journal of Voice* 31.2 (2017): 255.e225-e230.

¹⁹ Daniela Perani et al., “Neural language networks at birth,” *PNAS* 108.38 (2011): 16056-16061. Sandra F. Witelson and Wazir Pallie, “Left hemisphere specialization for language in the newborn: neuroanatomical evidence of asymmetry,” *Brain* 96.3 (1973): 641-646.

²⁰ Nazim Keven and Kathleen A. Akins, “Neonatal imitation in context: sensory-motor development in the perinatal period,” *Behavioral and Brain Sciences* 40 (2017): e381, doi: 10.1017/S0140525X16000911.

²¹ 這種運動發展雖是典型的正常發育過程，卻也有特例表示，兒童不這麼做還是可以達到理解語言的目標，參見 Eric H. Lenneberg, “Understanding language without ability to speak: a case report,” *Journal of Abnormal and Social Psychology* 65.6 (1962): 419-425。這樣的病例提醒我們，我們的神經認知系統具有高度的適應性（resilience）。



圖 5：用超音波技術為胎兒造影（Kevin and Akins 2017）。

民間很流行說「七坐、八爬、九站、十走」，概述了嬰兒發展出幾個粗略的運動技巧所涉及的時程。這些技巧多半早於嬰兒從牙牙學語轉為嘗試發出真正詞語的階段，這差不多是在十個月大時開始的。先要發展出相關的感知技巧，接著才動用到運動技巧，如此幼兒才能得知哪些是母語裡重要的語音區別並加以留意，而不是去關注所有的語音差異，因為這根本是不可能的任務。

這個階段的社交情境相當重要，可以作為習得過程的回饋；這也是大腦修剪掉對目標語言的語音區別無關緊要的眾多突觸的時候。如果白冠帶鸚的幼鳥在早期發育時被剝奪了聽到自己種類的鳥鳴聲的機會，牠就永遠學不會鳴囀了。同樣地，如果人類幼兒被剝奪了語言輸入，他們也永遠無法習得語言，Lane 曾報導過法國南部的一個案例，²²Curtiss 則報導過美國的案例。²³

根據好幾組認真投入的研究人員幾十年來的觀察和實驗結果，Kuhl 等人曾提供一張很方便的圖表，²⁴他們文章裡的圖 1 即是此處的圖 6，總結了

²² Harlan Lane, *The Wild Boy of Aveyron* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1976).

²³ Susan Curtiss, *Genie: A Psycholinguistic Study of a Modern-Day "Wild Child"*, ed. Harry A. Whitaker (New York: Academic Press, 1977).

²⁴ Patricia K. Kuhl et al., "Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e)," *Phil. Trans. R. Soc. B* 363.1493 (2008): 979-1000, figure 1.

生命的頭一年裡感知和發聲技巧的習得。他們表示，約六個月大時開始能感知母語裡的元音。相比起來母語裡輔音的感知則要晚幾個月後才出現，並伴隨著辨別母語裡不存在的特定輔音的能力慢慢下降。這種能力下降的一例是區別流音[r]和[l]。²⁵實驗顯示，日本嬰兒的這種感知力下降，約表現在十一個月大時，因為日語裡不需要區分這兩個音。很難感知某種語音區別的最明顯結果，便是相對來說也無法發出這個音，許多日本成年人學英語時就常 r 和 l 不分。

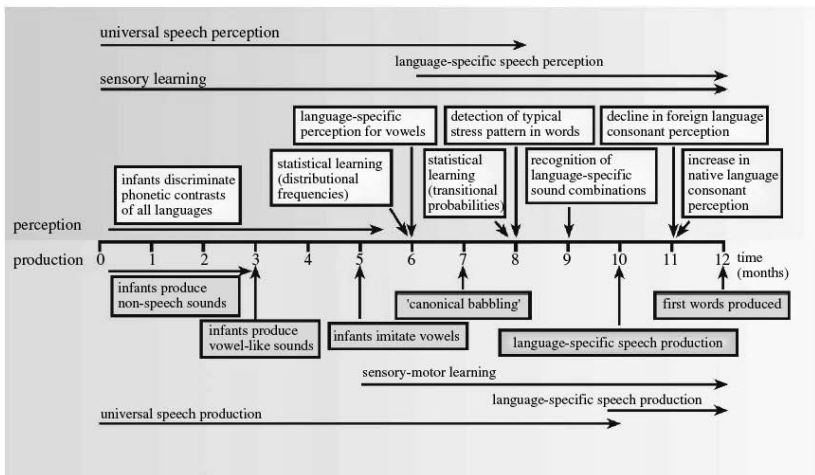


Figure 1. Universal timeline of infants' perception and production of speech in the first year of life. Modified from Kuhl (2004).

圖 6：多數的技巧，包括感知及運動控制，在滿一歲就必須成熟了，嬰兒才能學會發出頭幾個詞語（Kuhl 2008:980）。

多虧了各種研究嬰兒的實驗技術進展，如監測目光方向、吸吮奶頭的速度、膚電反應（galvanic skin response）、心跳及腦造影等，新的言語感知研究道路已經開啟，讓我們可以知道嬰幼兒的大腦如何回應語言輸入中語音的統計分布情況。Kuhl 等人的圖 1（本文圖 6）就依序提到了幾個這一

²⁵ 學習母語或外語時，流音一般比較晚才會習得。比起其它的輔音，它們在發音上的類型變異也更大。發[r]這個流音在英語裡需要圓唇，在漢語裡卻不必；它在俄語裡是舌尖顫音，在某些歐洲語言裡卻是小舌顫音。許多不同腔調的英語中，就是以元音後的 r 是否存在來作區分的，因此叫做有 r (r-ful) 和無 r (r-less)。同理，英語很多詞裡的[l]流音已經開始不見了，如 talk 和 palm。

類的發育階段：六個月——分布頻率；八個月——過渡概率；九個月——識別某語言特有的語音組合。這種回應反覆出現的分布模式的能力是語言習得的關鍵，因為這些模式一旦被辨識出來，就成了能夠與意義結合的最佳候選單位，以便形成幼兒口中最早說出來的幾個詞。

學會母語裡所有獨特的細節，尤其是其中數萬個詞彙、片語、句型等，以及它們正確的語意和社交用法，也許是這輩子我們所面臨的最大的行為上的挑戰了。為了克服這個挑戰，我們的物種演化出童年期（childhood）這個獨一無二的發育階段，²⁶參見前文的圖 2。在這個時段裡，家人和照料者無微不至地供給我們所有生活上實用的需求，以便讓語言的學習能有效地開展。沒有其它物種有這個學習的福分——牠們直接從幼年期（infancy）發展到生存條件更苛刻的青少年期（adolescence）。

Penfield 把他 1965 年的一篇文章標題定為「動用未特別指派用途的腦皮質來學習語言」（Conditioning the uncommitted cortex for language learning）頗耐人尋味。這暗示了一旦某部分的腦皮質根據某個時程被指派去學一個語言後，可能就無法（輕易地）再用來學其它語言了。既然我們現在已經知道，大腦的某些部分一輩子都維持著可塑性，那麼一個自然會浮現的問題便是：這些時程有多麼固定？是否有辦法延長或重新開啟？有可能透過新藥物的發明或新設計出的認知訓練，來延長語言學習的這些時程嗎？或至少在語音的某些方面做得到嗎？可喜的是，目前這類問題開始越發受到心理語言學家和分子生物學家認真且持續的正視，²⁷希望不久的將來這方面就會有新的發現。

四

語言和行為的許多其它方面的不同時程，都在基因與環境的互動下有其源頭。隨著近幾年來遺傳學和一般分子生物學的長足進展，我們期望能更透徹地認識幾種嬰幼兒常見的主要病變。

²⁶ Daniel E. Lieberman, *The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease*.

²⁷ Janet F. Werker and Takao K. Hensch, "Critical periods in speech perception: new directions," *Annu. Rev. Psychol.* 66 (2015): 173-196. Takao K. Hensch, "Critical period regulation," *Annu. Rev. Neurosci.* 27 (2004): 549-579. Takao K. Hensch, "The power of the infant brain," *Scientific American* 314.2 (2016): 64-69.

這些病變中最早的形式，是 1943 年由精神科醫師 Leo Kanner 所報導的病例，他分析了 11 個「強烈渴望獨處」和「對頑強的同一性有迷戀般的堅持」的兒童，並把這個症狀命名為「早期幼兒自閉症」(early infantile autism)。這幾十年來，我們對該病症的各個類型已有了更深的瞭解。2013 年，第五版的權威著作《精神疾病診斷與統計手冊》(*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5*)，把這種病症的各類形式一併歸入「泛自閉症障礙」(Autism Spectrum Disorder, ASD) 的診斷下。兩個症狀可用來定義 ASD：(一) 受損的社交溝通和互動力；(二) 有限的及重複性的行為。在 1988 年的好萊塢電影《雨人》中，達斯汀·霍夫曼深刻地演活了這兩種 ASD 症狀。2009 年，美國疾病管制與預防中心 (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) 估計，100 個兒童中幾乎就有 1 個患有 ASD。

另一個顯著的病變是唐氏症，雖然早在 1862 年 John Langdon Down 就曾首次報導這個病例，其遺傳基礎卻遲至 1959 年才被發現。這種病也被叫做 21 號三染色體症 (trisomy 21)，因為正常染色體都是成對的，而唐氏症患者的第 21 對染色體卻多了一條。相比之下，一直到上世紀的 1961 年，J.C.P. Williams 才率先描述了威廉氏症。患有 ASD 和唐氏症的兒童一般不擅社交，而患威廉氏症的卻「展現輕至中度的心智遲緩，但在特定的語言和音樂才能上相對地較拿手」。²⁸事實上，患威廉氏症的兒童常被描述成過度愛社交和太過多話，他們運用語言比同儕團體更流利。有趣的是，語言和音樂的能力在這個病變中是有密切關係的。

童年期出現的最為人所知的遺傳病變，大概要屬 *FOXP2* (Forkhead box protein P2, 叉頭框 P2 基因) 了，這是個由 *SPCH1* 基因所編碼的蛋白質。這個病變最早是 1980 年代末期在倫敦一個家庭裡所發現的，這個代號 KE 的家族裡很多人說話都口齒不清。下面這一小段轉寫的話就是個六歲小男孩所說，語料由研究這個家族的其中一位科學家 Faraneh Vargha-Khadem 所提供：

“Aa... y me aar Shuar, ah ist Bedford. Aa me ah six.”

(按：我叫 Stewart，住在 Bedford，我六歲。)²⁹

²⁸ Ming-Chang Chiang et al., “3D pattern of brain abnormalities in Williams syndrome visualized using tensor-based morphometry,” *NeuroImage* 36.4 (2007): 1096-1109.

²⁹ Wolfgang Enard, “Mice, chimpanzees and the molecular basis of speech,” powerpoint presentation at the Summer Institute in Cognitive Sciences (Université du Québec à Montréal, Canada, June 24,

因為有這類的缺陷，一開始被錯誤地捧為是找到「語言基因」了。這個錯誤很快就被不少評論文章糾正了，³⁰這反映出類似於以為語言只有一個「關鍵期」的誤解。既然語言是演化上幾萬年來被拼湊出來的這麼個複雜的行為，一定是涉及多個基因的，也肯定是分布在大腦裡許多區域的，不過我們目前還無法把所有的馬賽克拼貼都湊在一起。

雖然 KE 家族裡的許多成員算是最重要的研究對象，但另一個和他們沒有關係的病例 CS，稍後也被診斷出有同樣的病變。³¹其症狀包括：由於神經迴路出了問題，發聲上有嚴重困難，身體其它部位也有多處異常。由於引發了科學界的高度興趣，好幾個團隊都積極投入 *FOXP2* 的研究，尤其是倫敦的科學家，以及德國萊比錫的馬克斯·普朗克演化人類學研究所 (Max Planck Institute of Evolutionary Anthropology)。³²最令人感興趣的區位在第 7 對染色體長臂上，其它物種的這塊部位也被研究過，如老鼠、黑猩猩、鳴禽等，以探討這一區和牠們的基因組及溝通行為之間的關係。科學家在人類這一區的兩個地方至少識別出了獨特的胺基酸變化，此改變促成了語言的發明。

我們也應特別留意到，目前科學文獻裡不論是正常或病變的發展，都是基於 WEIRD 的人所說的語言，WEIRD 這個縮寫詞是由一群行為科學家所創，代表 Western, Educated, Industrialized, Rich, and Democratic (西方的、受過教育的、工業化的、富裕的和民主的)。³³正如幾位作者所正確觀察到的，WEIRD 只占了人類的一小部分，顯而易見地，若要把來自 WEIRD 的知識應用到華人身上，一定會有許多重大的局限，³⁴包括蒐集到的統計結果、實驗的發現和解讀都是。

2010), retrieved October 2, 2018, from http://www.summer10.isc.uqam.ca/page/docs/readings/ENARD_Wolfgang/Enard-presentation.pdf.

³⁰ 例如請見 King L. Chow, "Speech and language - a human trait defined by molecular genetics," in *Language Acquisition, Change and Emergence: Essays in Evolutionary Linguistics*, ed. James W. Minett and William S.-Y. Wang (Hong Kong: City University of Hong Kong Press, 2005), pp. 21-45。

³¹ Cecilia S. L. Lai et al., "A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder," *Nature* 413 (2001): 519-523, 514.

³² Wolfgang Enard et al., "A humanized version of Foxp2 affects cortico-basal ganglia circuits in mice," *Cell* 137 (2009): 961-971.

³³ Joseph Henrich et al., "Most people are not WEIRD," *Nature* 466.1 (2010): 29. Joseph Henrich et al., "The weirdest people in the world?" *Behavioral and Brain Sciences* 33.2-3 (2010): 61-135.

³⁴ 杜祖貽主編：《西方社會科學理論的移植與應用》(香港：香港中文大學社會科學及教育

當務之急是華人的研究隊伍應該在這些領域建立起獨立的知識體系，比方，編纂一本中文所寫對等的《精神疾病診斷與統計手冊》就是個好的開始，以便為瞭解上文討論過的兒童常見的病變，也為下文要談到的在生命另一端會浮現的病變，建立起可供評比的基準線。

五

再回到 Lenneberg 的那張圖，也就是本文的圖 4，該圖顯示大腦容量的增長到超過 1000 cc 後就開始減緩，成人的腦容量會達到約 1400 cc，不過大腦裡還是有許多內部發展，只是沒有反映在容量的增長上。例如我們知道，前額葉皮質的突觸連結可以持續到三十多歲，一般認為，正是大腦的這個部分在人類有特別的擴張，以便執行更抽象和更複雜的認知功能。

由於大腦裡的細胞數目有如天文數字之多，其連結又格外複雜，因此一直到最近，依靠先進的測量技術，我們才知道幾個明確的數字。根據巴西一組科學家的報導，³⁵成人大腦中只有約一半的細胞是各類的神經元（neurons）；其它另一半細胞則是各類的膠質細胞（glia cells），見圖 7。我們對膠質細胞的理解遠低於神經元，雖然目前有大量的密集研究意欲探討這兩種細胞的結構及功能。當前對理解大腦如何運作的知識，無疑地受限於我們對膠質細胞的認識相當不足。在一本頗具影響力的雜誌上，有位神經科學家曾如此評論道：

顯眼的神經元可能備受關注，但是另一類稱作膠質的細胞，卻是左右了多數的大腦活動和疾病的幕後主使。³⁶

他們報導的數目是，整個腦裡約有八百六十億神經元和八百四十億非神經元。³⁷這個比例在腦皮質有急遽變化，包括灰質和白質：那裡是一百六十億神經元和六百億非神經元。令人訝異的是，在小腦裡這個比例又倒過來了，比起腦皮質，小腦是相對來講較少被研究的：六百九十億神經元和一

理論應用研究計劃，1993 年）。

³⁵ Frederico A. C. Azevedo et al., "Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain," *The Journal of Comparative Neurology* 513.5 (2009): 532-541.

³⁶ R. Douglas Fields, "The hidden brain," *Scientific American Mind* 22 (2011): 52-59.

³⁷ 原出處裡的 billion 一詞是指 10^9 （十億），而非如有些慣例所指的 10^{12} （一兆）。

百六十億非神經元。腦皮質因為有異常的皺褶表面，且相對容易觀察，常會吸引更多注意。不過，很可能關於我們想知道的大腦如何運作的祕密，都深藏在皮質下和小腦裡。在各式各樣的皮質下構造裡，基底神經節被推論對支援語言扮演了關鍵角色。³⁸

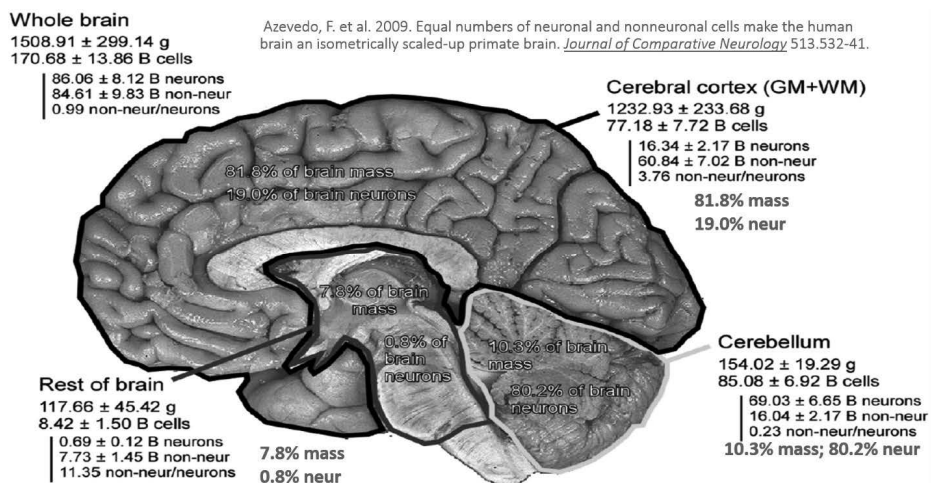


圖 7：改編自 Azevedo et al. (2009:536)。

由於大腦無法輕易探測來從事研究，把特定腦區和語言功能相關聯，一直要等到 19 世紀下半葉才可行。這始於布洛卡 (Paul Broca)，³⁹他在 1861 年報導了兩個病人因腦損傷而喪失流利說話的能力，揭開了語言和大腦研究的序幕。接著是 19 世紀的另外兩位先驅，韋尼克 (Carl Wernicke) 報導了語言理解力的丟失，⁴⁰Jules Dejerine 則開啟了閱讀和寫作的神經基礎的研

³⁸ Philip Lieberman and Robert C. McCarthy, "The evolution of speech and language," in *Handbook of Paleoanthropology*, ed. Winfried Henke and Ian Tattersall (Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2015), pp. 1-41.

³⁹ Paul Broca, "Nouvelle observation d'aphémie produite par une lésion de la moitié postérieure des deuxième et troisième circonvolution frontales gauches," *Bulletin de la Société Anatomique* 36 (1861): 398-407. 關於最近的傳記報導，亦可參見 P. Monod-Broca, "Paul Broca: 1824-1880," *Ann. Chir* 126.8 (2001): 801-807。

⁴⁰ C. Wernicke, "Der aphasische Symptomencomplex," *Eine psychologische Studie auf anatomischer Basis* (Breslau: Max Cohn & Weigert, 1874).

究。⁴¹布洛卡區及韋尼克區之間由一叢皮質下神經纖維所連接，叫做弓狀束（Arcuate Fasciculus）；這個連接的重要性，以及角迴所發揮的聯絡和語言有關的不同感官模式的功能，都是 Norman Geschwind 特別強調的。⁴²Dejerine 之後關於書面語和大腦的研究，Stanislas Dehaene 曾有很大篇幅探討過。⁴³

早期對大腦結構的研究，如布洛卡，都要等待時機才能進行解剖，而行為方面的實驗，如 Franciscus Donders（1818-1889）首開先河的心理測時法（mental chronometry），卻無法直接與大腦連結。20 世紀後半葉，隨著即時大腦造影儀器的發展，加上強大的計算技術，研究資源也有了一大飛躍。

以布洛卡研究過的兩個大腦的重新檢視為例，簡單說明新的資源如何加深我們的理解。布洛卡很明智地避免過早切開這兩個腦，而是把它們仔細保存在巴黎，神經科學家 Nina Dronkers 得知此事後，徵得了他後代子孫的同意，用詳細的磁共振造影技術（MRI）分析了這兩個大腦，得到了許多深入的矢狀面（sagittal，即前後方向縱切分成左右兩部分）、冠狀面（coronal，即左右方向縱切分成前後兩部分）及橫切面圖。⁴⁴這些造影法揭示了左右半球裡許多深層的腦區也已受損，布洛卡當初只觀察大腦表面是不可能發現這些部位的，見圖 8。以下是 Dronkers 等人對他們 MRI 研究的說明：

大腦的矢狀面、橫斷面和冠狀面切片，揭示了左額下迴（left inferior frontal gyrus）、頂下葉（inferior parietal lobe）深處、前顳上葉（anterior superior temporal lobe）的損傷。此外，也涉及了皮質下的廣泛部位，如屏狀核（claustrum）、殼核（putamen）、蒼白球（globus pallidus）、尾狀核（caudate nucleus）頭部、內囊和外囊。腦島完全毀損了，整條上縱束（superior longitudinal

⁴¹ Joseph J. Dejerine, "Contribution à l'étude anatomo-pathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale," *Mémoires de la Société de Biologie* 4 (1892): 61-90.

⁴² Norman Geschwind, "The development of the brain and the evolution of language," in *Selected Papers on Language and the Brain*, ed. Robert S. Cohen and Marx W. Wartofsky (Dordrecht and Boston: D. Reidel Publishing Company, 1976), pp. 86-104.

⁴³ Stanislas Dehaene, *Reading in the Brain: The New Science of How We Read* (London: Penguin Books, 2009).

⁴⁴ N. F. Dronkers et al., "Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong," *Brain* 130.5 (2007): 1432-1441.

fasciculus) 徹底毀壞了，還有額頂葉腦室周圍白質也是。內側胼
 胝體下束 (medial subcallosal fasciculus) 也受到影響。⁴⁵

這個例子以及其它許多運用新的計算造影法所得到的結果，總結性地證明了語言功能是廣泛分布在整個大腦裡的，雖然有些腦區可能比其它腦區扮演更重要的角色，但過去的文獻卻經常過度強調部分腦區的重要而忽略了其它部位。

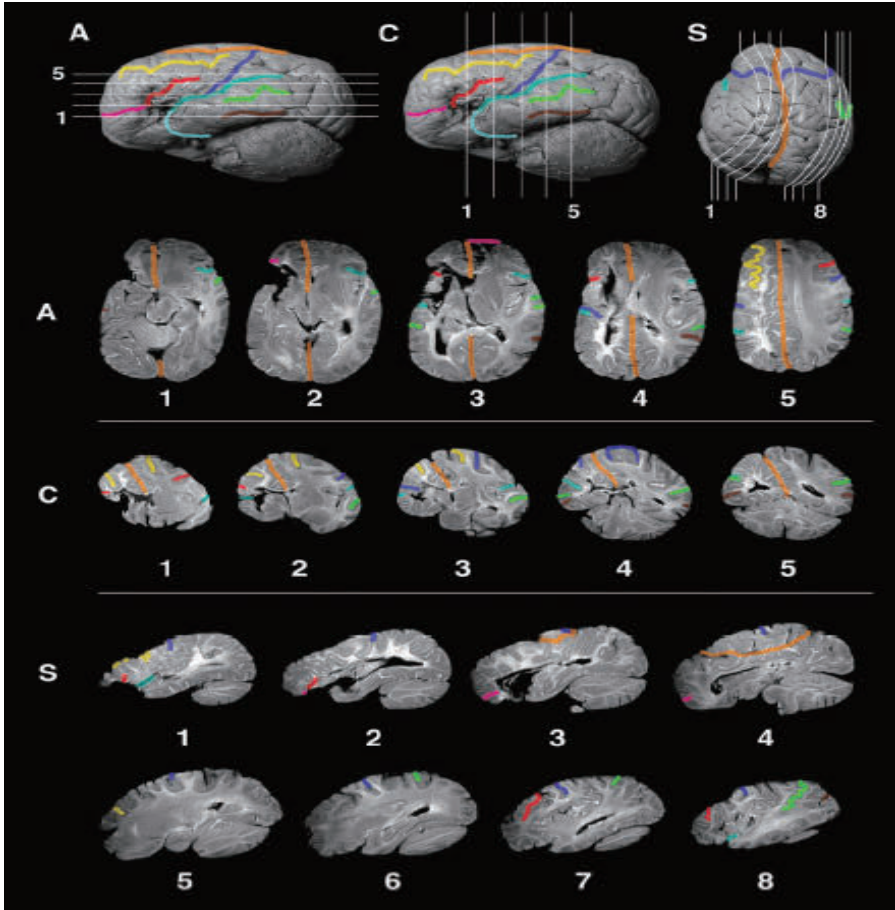


圖 8：由 Dronkers et al. (2007:1437) 所報導的，19 世紀中葉布洛卡研究過的大腦的 MRI 圖。布洛卡當時只能觀察到皮質上的損傷，現在 MRI 卻揭示了大腦更廣泛的部位，尤其是皮質下的許多神經網路，也都受損了。

⁴⁵ N. F. Dronkers et al., "Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong," 1436.

之前我們提過，人類在所有物種中獨一無二，擁有額外一個發育階段，即**童年期**，讓幼兒有好幾年時間在成人的照料下學會適應周遭世界的許多技能。另一個近兩世紀以來才發生的進展是壽命的延長。由於公共健康和醫療照護的進步，已開發國家的平均壽命差不多提高了兩倍，從五十歲到一百歲以上。中文有句俗話說年過半百古來稀，⁴⁶現在看來未免不合時宜了，因為百歲人瑞的數目正在上升。目前有文字記載的最長壽的人是法國女士 Jeanne Calment (1875-1997)，她活到一百二十二歲一百六十四天。另一個大家也許比較熟悉的名字是有漢語拼音之父稱號的周有光 (1906-2017)，去年才以一百一十一歲高齡辭世。

Calment、周有光和其他人都有幸在生命晚年逃過與年齡有關的病痛的折磨，不過他們的大腦一定也有損耗，至少在腦的部分體積上是如此，這一點可以從 2011 年發表的一項挪威研究看出，這個研究是以 883 個健康的男女受試者為基礎，年齡介於十八至九十五歲。⁴⁷幾位作者用一個圖表顯示幾十年來大腦構造的體積變化的百分比，參見圖 9。表中最驚人的數字和腦室有關，也就是大腦裡儲存腦脊液的空間，最大的改變位於下側腦室 (Inferior Lateral Ventricles)，比較十八至二十九歲和八十至九十五歲這兩個年齡層的組別時，這個部位擴充了 283.9%。

Percentage change per decade for the total sample based on raw volumes.

	18-29 to 30-39	30-39 to 40-49	40-49 to 50-59	50-59 to 60-69	60-69 to 70-79	70-79 to 80-95	18-29 to 80-95
Cerebral Cor	-5.5	-8	-7.9	-6.2	-6.1	-1.0	-24.7
Cerebral WM	3.9	1.7	-4.6	-5.2	-7.9	-8.5	-19.7
Lat Vent	18.9	7.4	8.2	40.6	39.2	20.8	226.5
Inf Lat Vent	11.2	-2.6	1.0	46.8	66.7	43.5	283.9
Cerebel WM	.8	-.5	-3.7	-5.7	-5.2	-6.5	-19.3
Cerebel Cor	-9	-1.1	-6.1	-4.0	-7.0	.3	-17.6
Thalamus	.2	-2.9	-6.4	-4.0	-6.0	-5.0	-21.9
Caudate	-6.7	-2.5	-2.8	-1.2	1.8	4.4	-7.2
Putamen	-9.6	-5.3	-4.7	-5.5	-1.2	-5.1	-27.8
Pallidum	-6.7	-4.7	-5.7	-2.3	-3.1	-8.4	-27.3
Hippocampus	1.3	.6	-3.2	-7.8	-8.1	-9.7	-24.5
Amygdala	-2.8	-1.2	-5.4	-5.9	-8.6	-3.1	-24.3
Accumbens	-15.3	-7.0	-2.8	-7.2	-4.4	2.5	-30.4
3rd Vent	-3.9	4.1	13.6	21.0	27.8	6.3	86.7
4th Vent	-1.7	-7.4	2.6	9.1	5.5	-2.3	5.0
Brainstem	3.4	.1	-3.4	-8	-5.2	-5.4	-11.0
CSF	3.8	2.6	-2.2	13.4	9.2	4.2	34.4
Total volume	-1.1	.1	-6.1	-5.4	-6.8	-4.3	-21.6

圖 9：Walhovd et al. (2011:926)，N=883。

⁴⁶ 也有個比較樂觀的說法是：人生七十古來稀。

⁴⁷ Kristine B. Walhovd et al., "Consistent neuroanatomical age-related volume differences across multiple samples," *Neurobiology of Aging* 32.5 (2011): 916-932.

既然頭部的體積維持不變，頭殼裡所有腦室的擴充，直接意味著這些腦室附近的神經元和非神經元細胞隨著年紀而慢慢萎縮或消失。例如這張表告訴我們，若比較位於生命週期頭尾的這兩個年齡層，會發現腦皮質的體積縮小了 24.7%。其它研究也顯示，腦皮質的萎縮同時出現在面積和厚度上。表中也顯示了在體積上有類似的或更大百分比變化的五個皮質下結構：殼核、蒼白球 (Pallidum)、海馬迴、杏仁核及伏隔核 (Accumbens)，這些都是對認知表現至關重要的。

前面提過，可能 Calment 和周有光的大腦也有類似的損耗，但他們在不可避免的損失下仍得以維持令人滿意的生活。正如挪威那項研究所報導的神經系統萎縮，免不了地視覺、聽覺和其它感官也變得越來越不敏銳；隨著肌肉纖維變薄、骨質密度流失，身體也無法再展現力度、彈性、耐力與平衡。身體節奏的變緩既反映於外在的層次上——步伐和言語，也反映在認知層次上，例如提取剛聽到的詞的意思、訂定計畫、解決問題等的速度都變慢了。

很多思想家都對人生的遲暮之年有所著墨，比方兩位大名鼎鼎的唐朝詩人就曾交流過有趣的詩作：白居易抱怨老來疾病纏身，他的朋友劉禹錫態度卻比較樂觀，並提醒老友說：「莫道桑榆晚，為霞尚滿天。」⁴⁸無疑地，積極健康的生活型態可以先發制人地阻止損耗的影響，而健康的生活方式，離不開身體上與認知上有適量且程度合宜的運動，以及充足的營養、歇息和睡眠，避免過度焦慮和壓力等。

科學家還遠遠無法瞭解正常老化涉及的所有過程，也不清楚這些過程是否可以延後或預防。近年來兩個熱議的理論是：(一) 氧化理論，⁴⁹這是假定身體裡的自由基會防止某些細胞的正常發展；(二) 端粒 (telomere) 理論，這是假定染色體末端的端粒縮短限制了細胞分裂。⁵⁰一旦許多細胞步向衰老並最終壞死，身體自然也無法再存活了。

⁴⁸ 〈酬樂天詠老見示〉，見〔唐〕劉禹錫撰，瞿蛻園箋證：《劉禹錫集箋證》（上海：上海古籍出版社，1989年），頁1261。同樣地，唐代詩人李商隱曾埋怨「夕陽無限好，只是近黃昏」（《登樂遊原》，見〔唐〕李商隱撰，〔清〕馮浩箋注：《玉谿生詩集箋注》（臺北：里仁書局，1981年），頁749）；但一千年後的現代作家朱自清卻把詩句改為較緩和的「但得夕陽無限好，何須惆悵近黃昏」（姜建、吳為公編：《朱自清年譜》（合肥：安徽教育出版社，1996年），頁330）。

⁴⁹ Denham Harman, "Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry," *J Gerontol* 11.3 (1956): 298-300.

⁵⁰ Leonard Hayflick, "Human cells and aging," *Scientific American* 218.3 (1968): 32-37.

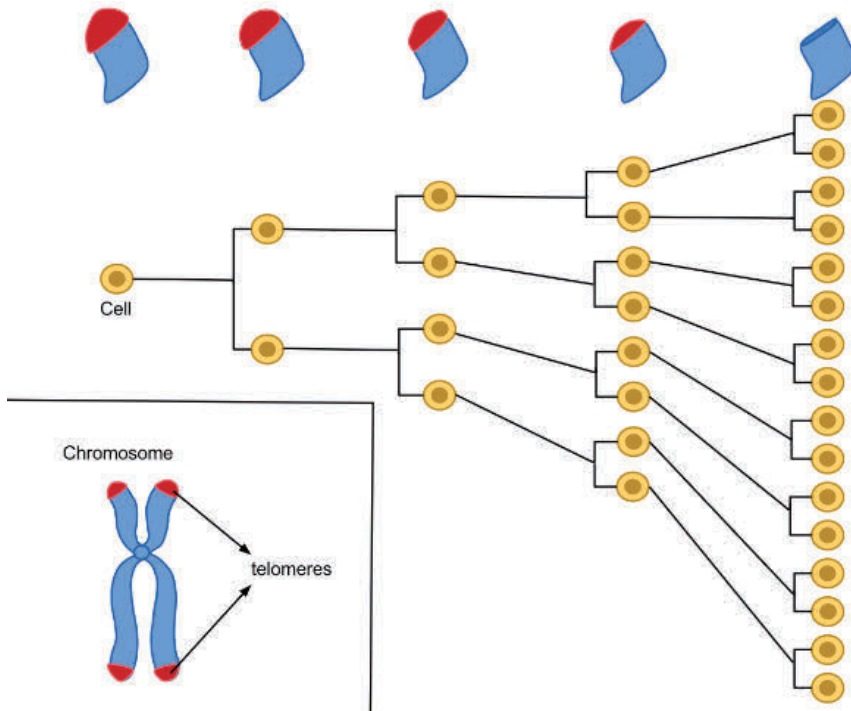


圖 10：細胞死亡前平均會分裂五十至七十次，隨著細胞分裂，染色體末梢的端粒也變小。海佛烈克極限（Hayflick limit）指的是理論上對細胞分裂數字的限制，當端粒變得太短抑制了進一步的分裂時，細胞就進入衰老期。⁵¹

不管最終答案究竟如何，單純的長壽如果意味著個人自主活動力的喪失，只能長久地被禁錮在一具早已停止運轉的身體裡，那肯定不是大家所樂見的。⁵²我們的目的不只是一要延長壽命，還要延長身心健康的有效期。

這幾十萬年來，文化演化讓人類得以完全改造我們所處的環境，但我們終究是更漫長的生物演化的產物，天擇總是偏愛那些在生育期之前能盡量讓我們達到最佳健康狀態的遺傳變異，這樣物種才得以延續。事實上，

⁵¹ 圖片下載自維基百科：Anonymous, “Hayflick limit,” retrieved October 3, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Hayflick_limit。

⁵² William S.-Y. Wang, “Language and the brain in the sunset years,” in *The Routledge Handbook of Chinese Applied Linguistics*, ed. Chu-Ren Huang, Zhuo Jing-Schmidt, and Barbara Meisterernst (London: Routledge, 2019, in press).

人體的有些生理特徵在年輕時是有益的，但隨著我們過了生育期邁向衰老後，卻反而對我們的健康有害。演化生物學家 George Williams 把這些特徵稱作是拮抗基因多效性 (antagonistic pleiotropy)，以強調基因在不同階段扮演的多重角色。⁵³

六

如果出現病變的神經退化，那麼整個情況就又都不同了。瞭解健康老化和病變老化之間的關鍵區別，其實是很晚近的事，尤其是對各種形式的失智症的理解。德國精神科醫師阿茲海默對失智症的重要研究始於 20 世紀，這個以他命名的病症目前在全球有幾千萬名的患者。其中最著名的病患之一是美國的第四十任總統 (1981-1989) 雷根，享年九十三歲。他在 1994 年確診患上阿茲海默症，不過後續的研究表明，早在好幾十年前他就已經為這個疾病所苦了。就在我撰寫這篇文章之際，⁵⁴新聞也報導了另一個為阿茲海默症所苦的名人剛剛離世——諾貝爾物理學獎得主高錕，享年八十四歲。高錕的病同樣也是在臨床確診前的幾十年就開始了。

現在我們明白，阿茲海默症的一大挑戰在於很難偵測到它的開端，因為可能在發病前幾十年退化就已經開始了。阿茲海默症的諸多症狀中，逐漸喪失記憶是最明顯的，最初可能只是主動詞彙的縮減，證據是無法提取某個詞，或不當地替換某個詞 (亂語症 (paraphasia))；言語變得越來越簡短，對複雜句型或隱喻語言的理解變得越來越困難，最後完全喪失語言能力，以及其它如學習、記憶、方向感等認知能力。

如圖 11 所示，⁵⁵世界人口正急速邁向高齡化，尤其是對 2050 年人口數的預測。根據 2018 年的《世界阿茲海默症報導》(World Alzheimer Report) 所言，到 2050 年患上失智症的人數可能高達一億五千萬人，這個數目比許多國家的總人口數還要高。盡可能地去理解語言的基礎，並在語言能力崩潰前有效干預，是人類刻不容緩的一大挑戰。當然，追求知識本身非常重要，但如果能進一步把新知識用來應對緊急的社會挑戰，那就是雙倍的福分了。

⁵³ George C. Williams, "Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence," *Evolution* 11.4 (1957): 398-411.

⁵⁴ 2018 年 9 月 23 日。

⁵⁵ 圖片出自美國人口普查局國際數據庫的網頁：US Census Bureau, International Data Base: <https://www.census.gov/data-tools/demo/idb/informationGateway.php>, generated October 2, 2018。

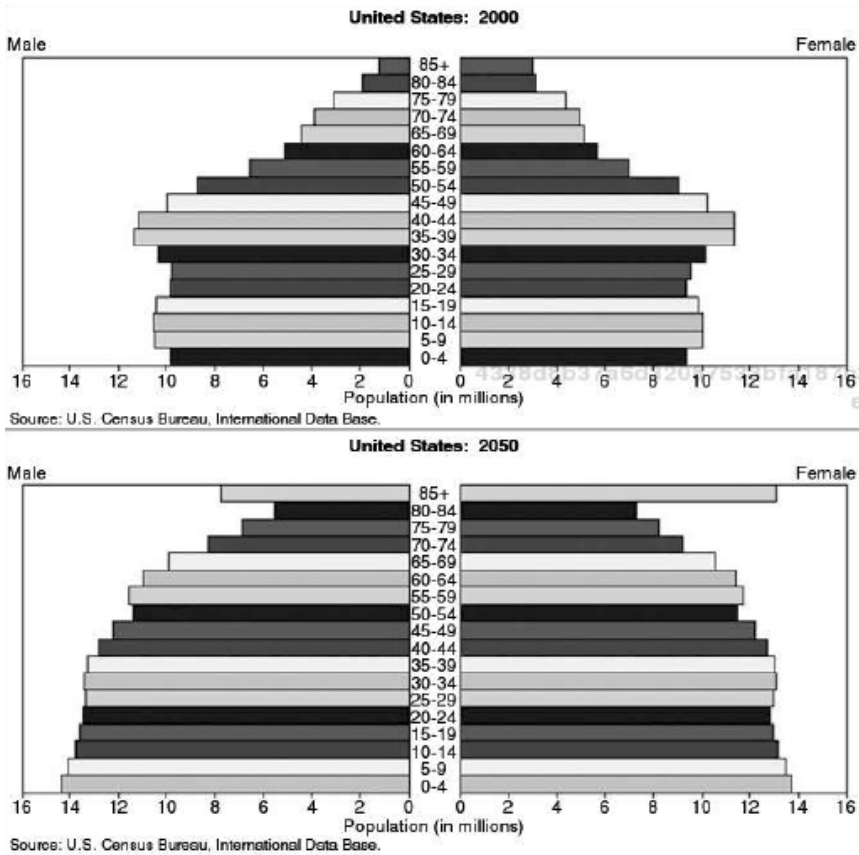


圖 11：美國 2000 至 2050 年這半個世紀間的年齡分布圖。請留意八十五歲以上的人數急遽攀升，且這個年齡層主要是靠女性長者的人數不成比例地增多。

值得欣慰的是，成年晚期才學習外語，其實可以整體提高各方面的認知分數。⁵⁶同樣令人欣喜的是，說雙語者可以減低或延緩老邁帶來的認知退化，⁵⁷從大腦白質可看出這一點。⁵⁸當然，我們急需更多這個領域的研究，才能有更堅實的科學基礎來支持這些正面的研究發現。

⁵⁶ William Alexander, “The benefits of failing at French,” *The New York Times* (July 16, 2014): A23, retrieved October 2, 2018, from https://www.nytimes.com/2014/07/16/opinion/16alexander.html?_r=0.

⁵⁷ Ellen Bialystok et al., “Bilingualism as a protection against the onset of symptoms of dementia,” *Neuropsychologia* 45.2 (2007): 459-464.

一旦語言喪失後，越來越多人的生命將轉為悲劇，經濟上和心理上要付出的代價也會非常高昂。自從布洛卡和韋尼克開創性的研究以來，⁵⁹我們這個物種可謂已經行過萬里路、跨越萬重山了，語言失調的挑戰在規模上快速增長，病徵也漸趨多樣複雜。在生物學和社會科學許多領域的前線，研究工作正如火如荼地進行著。既然已有學者提出 WEIRD 視野的局限，因此同樣重要的是，我們更應考量構成人類社會的生物多樣性和文化多樣性才是。

【責任編校：林哲緯、黃璿璋】

徵引文獻

專著

- 〔唐〕李商隱 Li Shangyin 撰，〔清〕馮浩 Feng Hao 箋注：《玉谿生詩集箋注》*Yuxisheng shiji jianzhu*，臺北 Taipei：里仁書局 Liren shuju，1981 年。
- 〔唐〕劉禹錫 Liu Yuxi 撰，瞿蛻園 Qu Tuiyuan 箋證：《劉禹錫集箋證》*Liu Yuxi ji jianzheng*，上海 Shanghai：上海古籍出版社 Shanghai guji chubanshe，1989 年。
- 杜祖貽 Du Zuyi 主編：《西方社會科學理論的移植與應用》*Xifang shehui kexue lilun de yizhi yu yingyong*，香港 Hong Kong：香港中文大學社會科學及教育理論應用研究計劃 Xianggang zhongwen daxue shehui kexue ji jiaoyu lilun yingyong yanjiu jihua，1993 年。
- 姜建 Jiang Jian、吳為公 Wu Weigong 編：《朱自清年譜》*Zhu Ziqing nianpu*，合肥 Hefei：安徽教育出版社 Anhui jiaoyu chubanshe，1996 年。
- Curtiss, Susan, *Genie: A Psycholinguistic Study of a Modern-Day "Wild Child"*, ed. Harry A. Whitaker, New York: Academic Press, 1977.

⁵⁸ John A. E. Anderson et al., "Effects of bilingualism on white matter integrity in older adults," *NeuroImage* 167 (2018): 143-150.

⁵⁹ 關於我們對布洛卡區以及序列式處理 (sequential processing) 的更深入理解，可參見 P. Thomas Schoenemann, "The evolution of enhanced conceptual complexity and of Broca's area, language preadaptations," *Interaction Studies* 19.1-2 (2018): 336-351；更早的討論請看 P. Thomas Schoenemann and William S.-Y. Wang, "Evolutionary principles and the emergence of syntax- Commentary on Müller: Innateness, autonomy, universality," *Behavioral and Brain Sciences* 19.4 (1996): 646-647。

- Dawkins, Richard, *The Selfish Gene*, Oxford: Oxford University Press, 1976.
- Greenfield, Susan, *Mind Change: How Digital Technologies Are Leaving Their Mark on Our Brains*, New York: Random House, 2015.
- Lane, Harlan, *The Wild Boy of Aveyron*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1976.
- Lenneberg, Eric H., *Biological Foundations of Language*, New York: John Wiley and Sons, 1967.
- Lieberman, Daniel E., *The Story of the Human Body: Evolution, Health, and Disease*, New York: Pantheon Books, 2013.
- Penfield, Wilder and Lamar Roberts, *Speech and Brain Mechanisms*, Princeton: Princeton University Press, 1959.
- Wang, William S.-Y., *Explorations in Language Evolution*, Hyderabad: Osmania University Press, 1982.

期刊與專書論文

- 王士元 Wang Shiyuan :〈語言演化的探索〉“Yuyan yanhua de tansuo”, 收入鍾榮富 Zhong Rongfu、劉顯親 Liu Xianqin、胥嘉陵 Xu Jialing、何大安 He Daan 編輯：《門內日與月：鄭錦全先生七秩壽慶論文集》*Mennei ri yu yue: Zheng Jinqian xiansheng qizhi shouqing lunwenji*，臺北 Taipei：中研院語言學研究所 Zhongyanyuan yuyanxue yanjiusuo，2006 年。
- ：〈複雜系統與音節語言的形成〉“Fuza xitong yu yinjie yuyan de xingcheng”，收入汪鋒 Wang Feng、林幼菁 Lin Youjing 主編：《語言與人類複雜系統》*Yuyan yu renlei fuza xitong*，昆明 Kunming：雲南大學出版社 Yunnan daxue chubanshe，2017 年。
- 〔美〕諾曼·葛許文德 Norman Geschwind：〈人腦的分工〉“Renao de fengong”，收入王士元 Wang Shiyuan 編輯，林幼菁 Lin Youjing 翻譯：《語言湧現：發展與演化》*Yuyan yongxian: fazhan yu yanhua (The Emergence of Language: Development and Evolution)*，臺北 Taipei：中研院語言學研究所 Zhongyanyuan yuyanxue yanjiusuo，2008 年。
- Alzheimer, A., “Über eigenartige Krankheitsfälle des späteren Alters (On certain peculiar diseases of old age),” *Hist Psychiatry* 2.5, 1911.
- Anderson, John A. E. et al., “Effects of bilingualism on white matter integrity in older adults,” *NeuroImage* 167, 2018.

- Azevedo, Frederico A. C. et al., "Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain," *The Journal of Comparative Neurology* 513.5, 2009.
- Bialystok, Ellen et al., "Bilingualism as a protection against the onset of symptoms of dementia," *Neuropsychologia* 45.2, 2007.
- Broca, P. Monod, "Paul Broca: 1824-1880," *Ann. Chir* 126.8, 2001.
- Broca, Paul, "Nouvelle observation d'aphémie produite par une lésion de la moitié postérieure des deuxième et troisième circonvolution frontales gauches," *Bulletin de la Société Anatomique* 36, 1861.
- Chater, Nick and Morten H. Christiansen, "Language acquisition as skill learning," *Current Opinion in Behavioral Sciences* 21, 2018.
- Chiang, Ming-Chang et al., "3D pattern of brain abnormalities in Williams syndrome visualized using tensor-based morphometry," *NeuroImage* 36.4, 2007.
- Chow, King L., "Speech and language - a human trait defined by molecular genetics," in *Language Acquisition, Change and Emergence: Essays in Evolutionary Linguistics*, ed. James W. Minnett and William S.-Y. Wang, Hong Kong: City University of Hong Kong Press, 2005.
- Dehaene, Stanislas, *Reading in the Brain: The New Science of How We Read*, London: Penguin Books, 2009.
- Dejerine, Joseph J., "Contribution à l'étude anatomo-pathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale," *Mémoires de la Société de Biologie* 4, 1892.
- Dronkers, N. F. et al., "Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong," *Brain* 130.5, 2007.
- Enard, Wolfgang et al., "A humanized version of Foxp2 affects cortico-basal ganglia circuits in mice," *Cell* 137, 2009.
- Fields, R. Douglas, "The hidden brain," *Scientific American Mind* 22, 2011.
- Geschwind, Norman, "The development of the brain and the evolution of language," in *Selected Papers on Language and the Brain*, ed. Robert S. Cohen and Marx W. Wartofsky, Dordrecht and Boston: D. Reidel Publishing Company, 1976.

- Harman, Denham, "Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry," *J Gerontol* 11.3, 1956.
- Hartshorne, Joshua K. et al., "A critical period for second language acquisition: Evidence from 2/3 million English speakers," *Cognition* 177, 2018.
- Hayflick, Leonard, "Human cells and aging," *Scientific American* 218.3, 1968.
- Henrich, Joseph et al., "Most people are not WEIRD," *Nature* 466.1, 2010.
- , "The weirdest people in the world?" *Behavioral and Brain Sciences* 33.2-3, 2010.
- Hensch, Takao K., "Critical period regulation," *Annu. Rev. Neurosci* 27, 2004.
- , "The power of the infant brain," *Scientific American* 314.2, 2016.
- Holland, John H., "Language acquisition as a complex adaptive system," in *Language Acquisition, Change, and Emergence*, ed. James W. Minett and William S-Y. Wang, Hong Kong: City University of Hong Kong Press, 2005.
- Keven, Nazim and Kathleen A. Akins, "Neonatal imitation in context: sensory-motor development in the perinatal period," *Behavioral and Brain Sciences* 40, 2017, doi: 10.1017/S0140525X16000911.
- Kuhl, Patricia K. et al., "Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e)," *Phil. Trans. R. Soc. B* 363.1493, 2008.
- Lai, Cecilia S. L. et al., "A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder," *Nature* 413, 2001.
- Lenneberg, Eric H., "Understanding language without ability to speak: a case report," *Journal of Abnormal and Social Psychology* 65.6, 1962.
- Li, Ping et al., "Dynamic self-organization and early lexical development in children," *Cognitive Science* 31.4, 2007.
- Lieberman, Philip and Robert C. McCarthy, "The evolution of speech and language," in *Handbook of Paleoanthropology*, ed. Winfried Henke and Ian Tattersall, Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2015.
- McMurray, Bob, "Defusing the childhood vocabulary explosion," *Science* 317.5838, 2007.
- Penfield, Wilder, "Conditioning the uncommitted cortex for language learning," *Brain* 88.4, 1965.

- Perani, Daniela et al., “Neural language networks at birth,” *PNAS* 108.38, 2011.
- Schoenemann, P. Thomas and William S.-Y. Wang, “Evolutionary principles and the emergence of syntax- Commentary on Müller: Innateness, autonomy, universality,” *Behavioral and Brain Sciences* 19.4, 1996.
- Schoenemann, P. Thomas, “The evolution of enhanced conceptual complexity and of Broca’s area, language preadaptations,” *Interaction Studies* 19.1-2, 2018.
- Vallender, Eric J. et al., “Genetic basis of human brain evolution,” *Trends in Neurosciences* 31.12, 2008.
- Walhovd, Kristine B. et al., “Consistent neuroanatomical age-related volume differences across multiple samples,” *Neurobiology of Aging* 32.5, 2011.
- Wang, William S-Y., “The language mosaic and its biological bases,” *Journal of Bio-Education* 2.1, 2007.
- , “Critical periods for language: Comment on ‘Rethinking foundations of language from a multidisciplinary perspective’ by T. Gong et al.,” *Physics of Life Review* 26-27, 2018.
- , “Language and the brain in the sunset years,” in *The Routledge Handbook of Chinese Applied Linguistics*, ed. Huang Chu-Ren, Zhuo Jing-Schmidt, and Barbara Meisterernst, London: Routledge, 2019, in press.
- Werker, Janet F. and Takao K. Hensch, “Critical periods in speech perception: new directions,” *Annu. Rev. Psychol* 66, 2015.
- Wermke, Kathleen et al., “Fundamental frequency variation in crying of Mandarin and German neonates,” *Journal of Voice* 31.2, 2017.
- Wernicke, C., “Der aphasische Symptomencomplex,” *Eine psychologische Studie auf anatomischer Basis*, Breslau: Max Cohn & Weigert, 1874.
- Williams, George C., “Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence,” *Evolution* 11.4, 1957.
- Witelson, Sandra F. and Wazir Pallie, “Left hemisphere specialization for language in the newborn: neuroanatomical evidence of asymmetry,” *Brain* 96.3, 1973.

網站資料

Alexander, William, “The benefits of failing at French,” *The New York Times* (July 16, 2014): A23, retrieved October 2, 2018, from https://www.nytimes.com/2014/07/16/opinion/16alexander.html?_r=0.

Anonymous, “Hayflick limit,” retrieved October 3, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Hayflick_limit.

Enard, Wolfgang, “Mice, chimpanzees and the molecular basis of speech,” powerpoint presentation at the Summer Institute in Cognitive Sciences (Université du Québec à Montréal, Canada, June 24, 2010), retrieved October 2, 2018, from http://www.summer10.isc.uqam.ca/page/docs/readings/ENARD_Wolfgang/Enard-presentation.pdf.

US Census Bureau, International Data Base: <https://www.census.gov/data-tools/demo/idb/informationGateway.php>, generated October 2, 2018.