



RESEARCH INSTITUTE FOR  
SMART AGEING  
智齡研究院

# 語言之旅： 演化、認知及神經科學

王士元，方卓敏  
香港理工大學

[wsywang@polyu.edu.hk](mailto:wsywang@polyu.edu.hk)  
[cmmfong@polyu.edu.hk](mailto:cmmfong@polyu.edu.hk)

# 大家好！

我第一次來香港是1948年，當時坐船從上海到香港，再去紐約讀書。之後又來過多次講演和開會。到1997年香港回歸，我也跟著回來工作。

今天很高興有機會來跟大家討論一下-  
語言之旅：演化、認知及神經科學。

我研究語言已經有好幾十年，年輕時也學過很多不同的語言。我一直非常喜歡香港的語言，即廣東話。香港話比較保留古音，尤其是有 p、t、k 的入聲字，例如，十、七、六等數字，p、t、k 保留得相當完整。

很多大家都愛讀的唐詩宋詞都是千幾年前的作品，如果用普通話來讀，很多字都變了音，可是香港話裡都還押韻，朗誦時特別好聽。

可惜的是，我回到香港多年，香港話一直都還沒學好，一部分當然是工作忙，可是絕大部分是我的年齡。

通過神經科學研究 我們愈來愈瞭解年齡跟學習的密切關係。學習語言最好是在十幾歲左右，那個階段學習語言比較不費吹灰之力，事半功倍。這是由於在這個階段，神經網絡的發展很快。可是當你老了，記憶退化了，大腦就好像要下班了。

幸運的是，方卓敏博士是地道的香港人。他跟我一起合作了多年，從事一些關於語言和老化的跨學科研究。今天的討論主要是由他來報告我們的研究成果。不過我當然也會留下來一起討論問題。

# 高更三問

Paul Gauguin, 1897



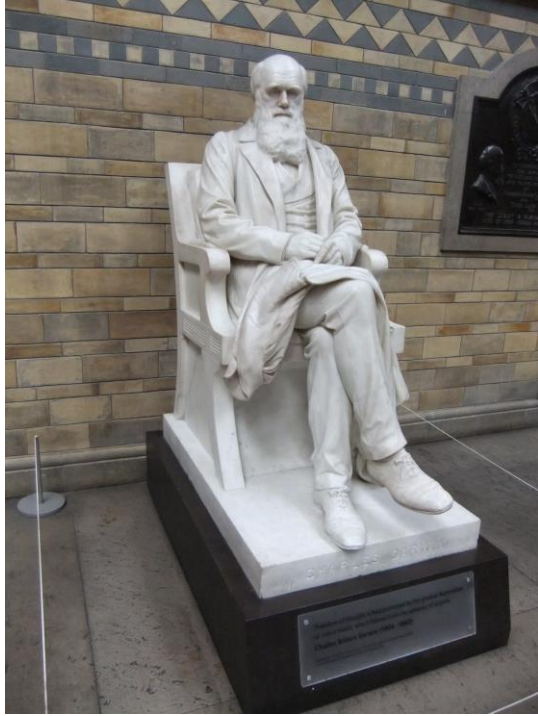
*D'où venons nous?  
que sommes nous?  
où allons nous?*

*Where do we come from?  
What are we?  
Where are we going?*

從哪裏來?  
人是何物?  
向何處去?

從哪裏來？

*Where do we come from?*



**達爾文**  
**Charles Darwin**  
**(1809–1882)**

## 1859. 《物種起源》

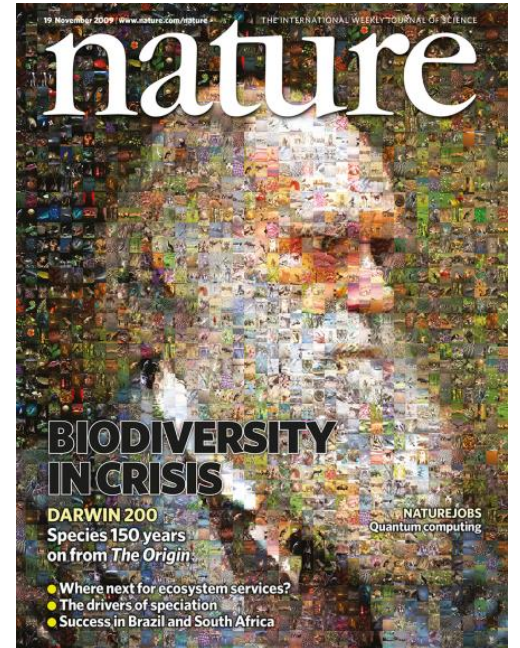
On the Origin of Species by Means of Natural Selection or The preservation of Favored Races in the Struggle for Life.

## 1871. 《人類的由來及性選擇》

The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex.

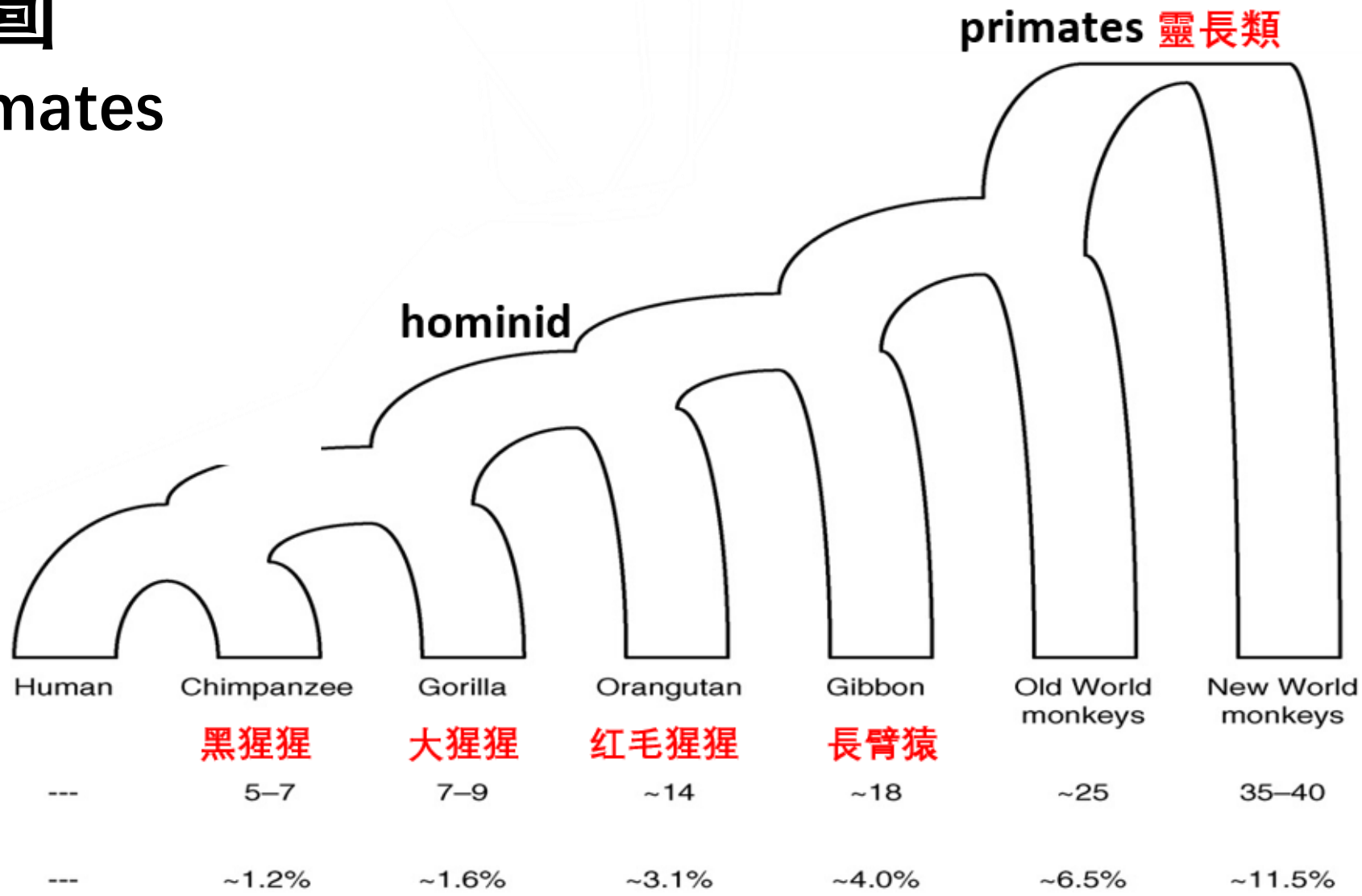
## 1872. 《人類和動物的表情》

The Expression of the Emotions in Man and Animals.



# 靈長類譜系圖

## Family tree of primates



與人類一支分開演化的時間 (百萬年)

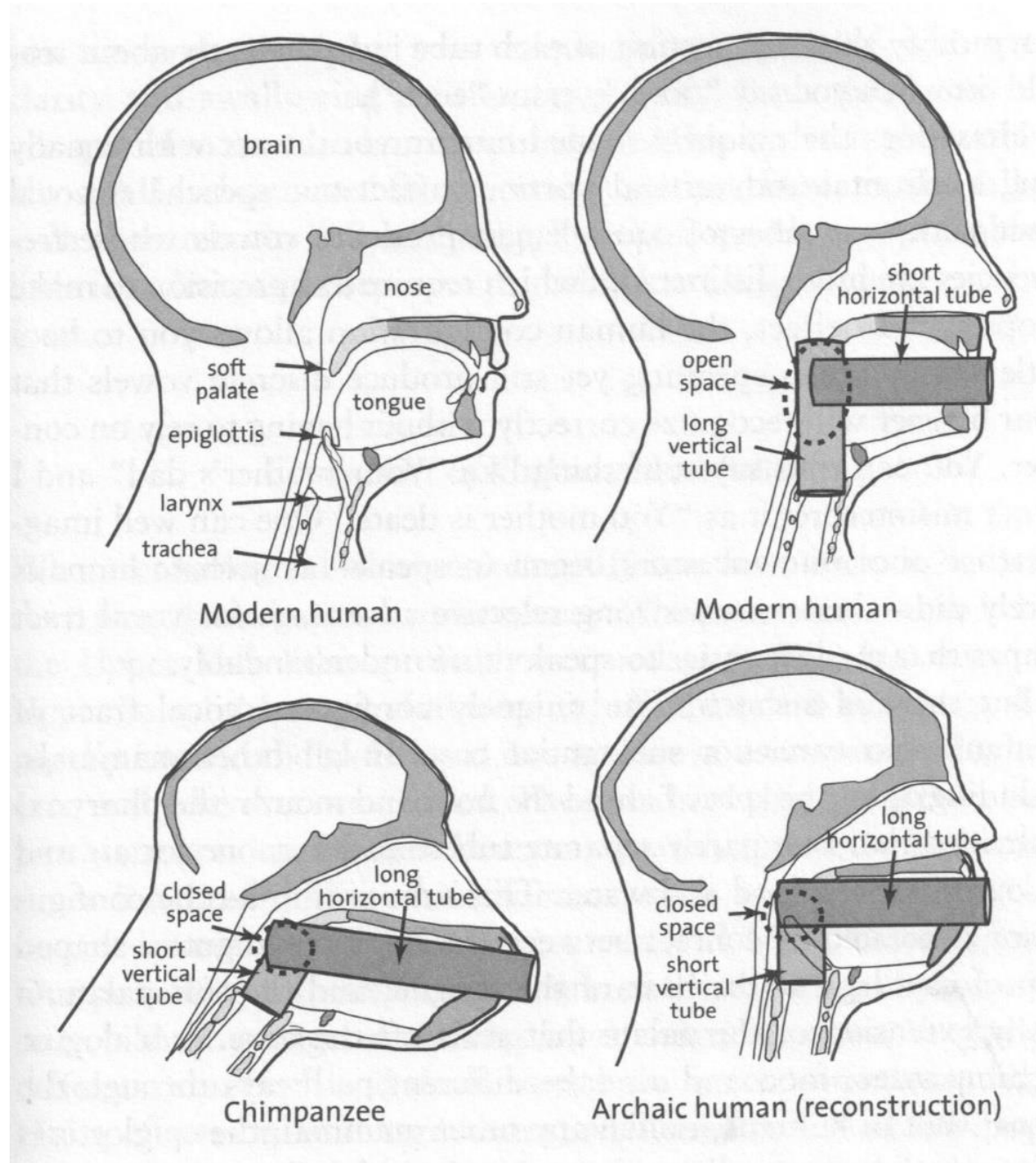
基因差異

# 口腔及咽喉

喉頭下降利於發聲，  
有助語言發展

Lieberman, D.E. 2013.  
Figure 16.

*The Story of the Human Body:  
Evolution, health, and disease.*  
Pantheon.



人的腦部比  
其他動物  
都要大得多



Shark



Frog



Turtle



Pigeon



Opossum



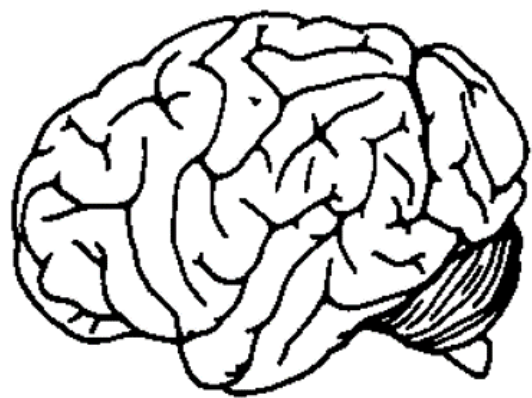
Rabbit



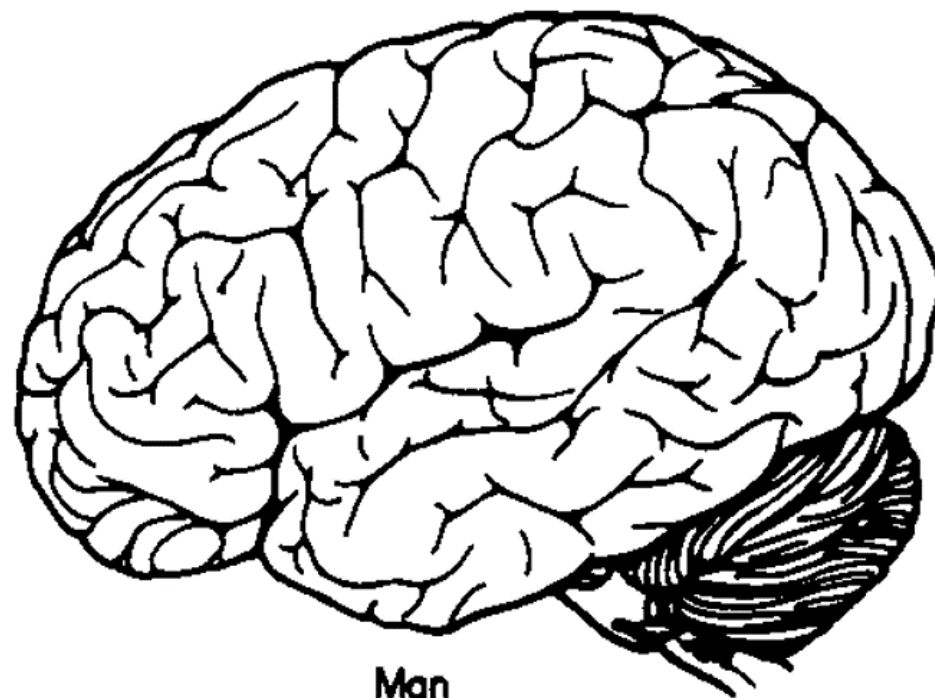
Cat



Macaque



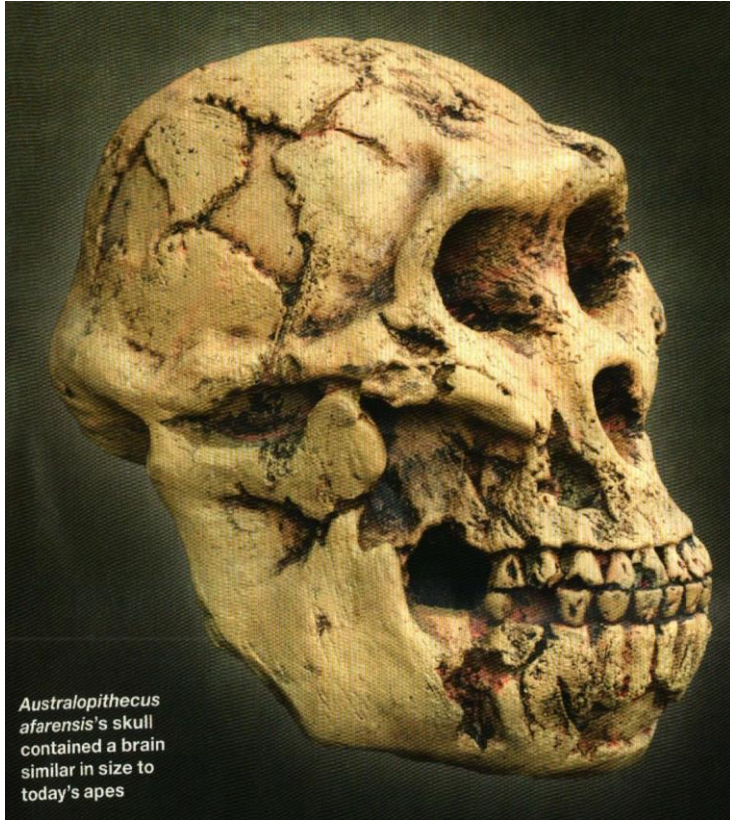
Chimpanzee



Man

# 南方古猿

*Australopithecus Afarensis*



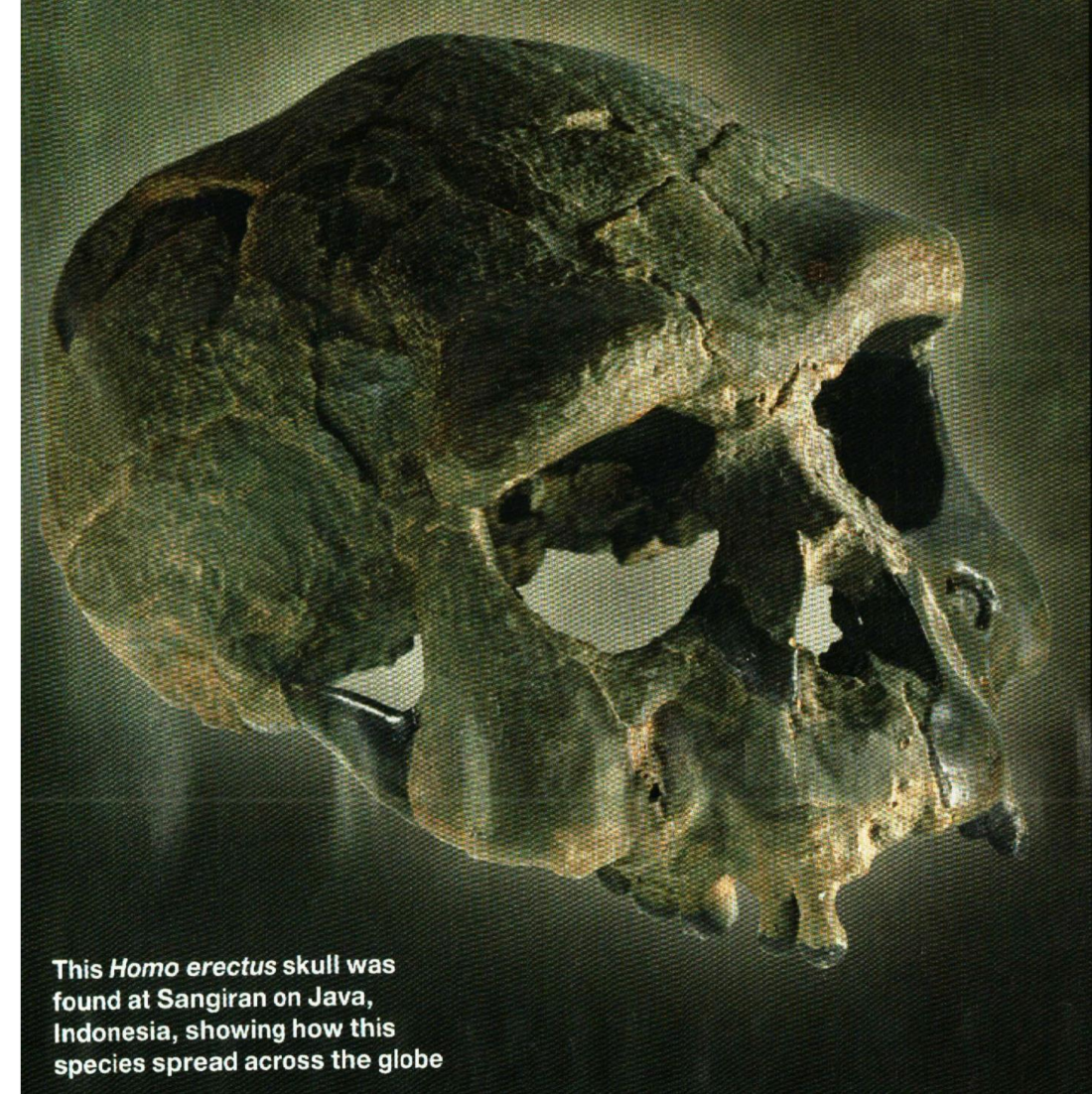
From BBC FOCUS September 2012.

露西 (Lucy) 的腦容量跟現代猿類相若



# 直立人. 2-0.1 mya. Homo erectus.

Lordkipanidze, D. et al.  
2013. *A Complete Skull from Dmanisi, Georgia, and the Evolutionary Biology of Early Homo.*  
*Science* 342:326-31.  
Earliest *Homo erectus* out of Africa 1.85 Mya. Skull 5 Brain 546 cc.



This *Homo erectus* skull was found at Sangiran on Java, Indonesia, showing how this species spread across the globe

## “爪哇人 Java Man”

Kaifu, Y., et al. 2008. Cranial morphology of Javanese *Homo erectus*: New evidence for continuous evolution, specialization, & terminal extinction. *Journal of Human Evolution* 55: 551–580.

Kaifu, Y., et al. 2011. New reconstruction & morphological description of a *Homo erectus* cranium: Skull IX (Tjg-1993.05) from Sangiran, Central Java. *Journal of Human Evolution* 61: 270–294

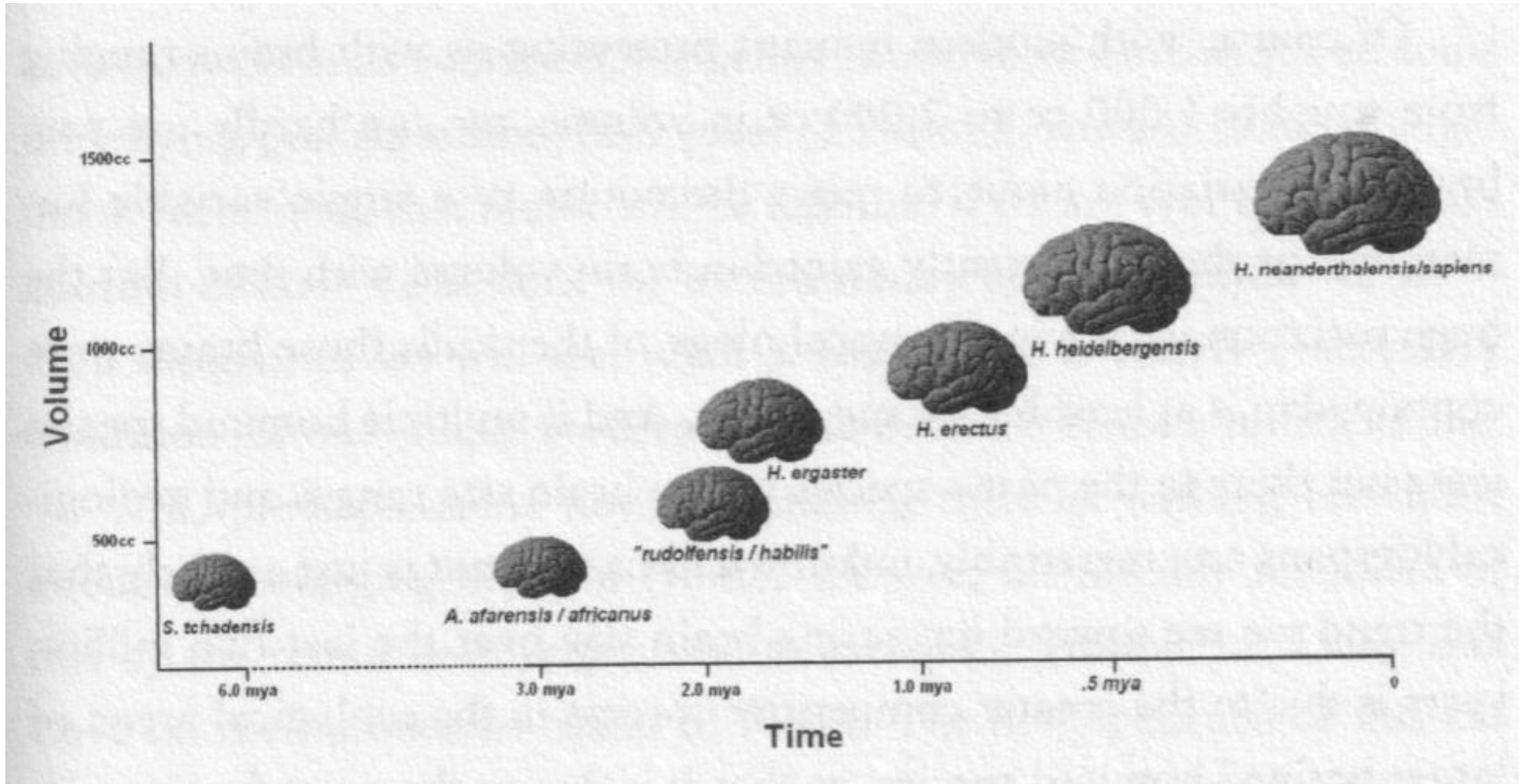


## 北京猿人 Peking man 0.8 mya.

中國境內曾挖掘出不少直立人的化石，其中最著名的莫過於 1920 年代發掘出的周口店北京猿人，依據最近的化學分析所示，這群直立人約 80 萬年前就已經到達北京。

參見：Shen, Guanjun & Darryl Granger. 2009. Isotopes in quartz reveal the age of China's Peking Man. *Nature* 458.123.

# 古人類腦容量的變化



人是何物？

*What are we?*



蔡元培 1868 -1940



蔡元培. 1928. 中央研究院歷史語言研究所集刊。發刊詞.

- “同是動物，為什麼只有人類能不斷的進步，能創造文化？
- 因為人類有歷史，而別的動物沒有。因為他們沒有歷史，不能夠把過去的經驗傳說下去。。。
- 為什麼只有人類能創造歷史，而別的動物沒有？
- 因為人類有**變化無窮的語言**”。

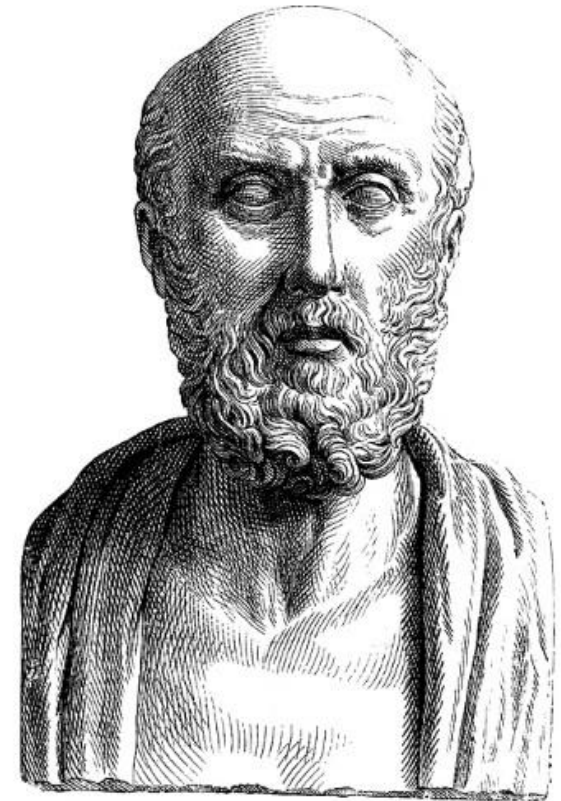
"And men ought to know that **from nothing else ... but from the brain** come joys, delights, laughter and sports, and sorrows, griefs, despondency, and lamentations. ... **In these ways I am of the opinion that the brain exercises the greatest power in the man. This is the interpreter to us of those things which emanate from the air, when it [the brain] happens to be in a sound state.**"

「人類應該知道，除了大腦以外別無他物，能帶來喜樂、愉悅、歡笑、嘲弄、悲愁、憂傷、沮喪與歎息……

因此我認為大腦對人的宰製權最大。

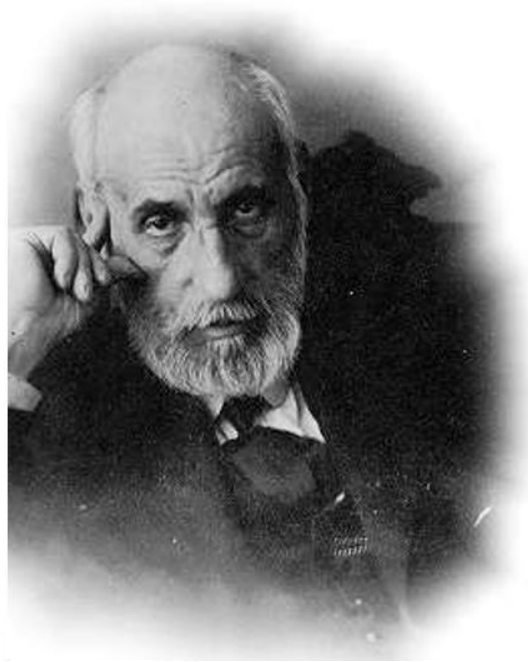
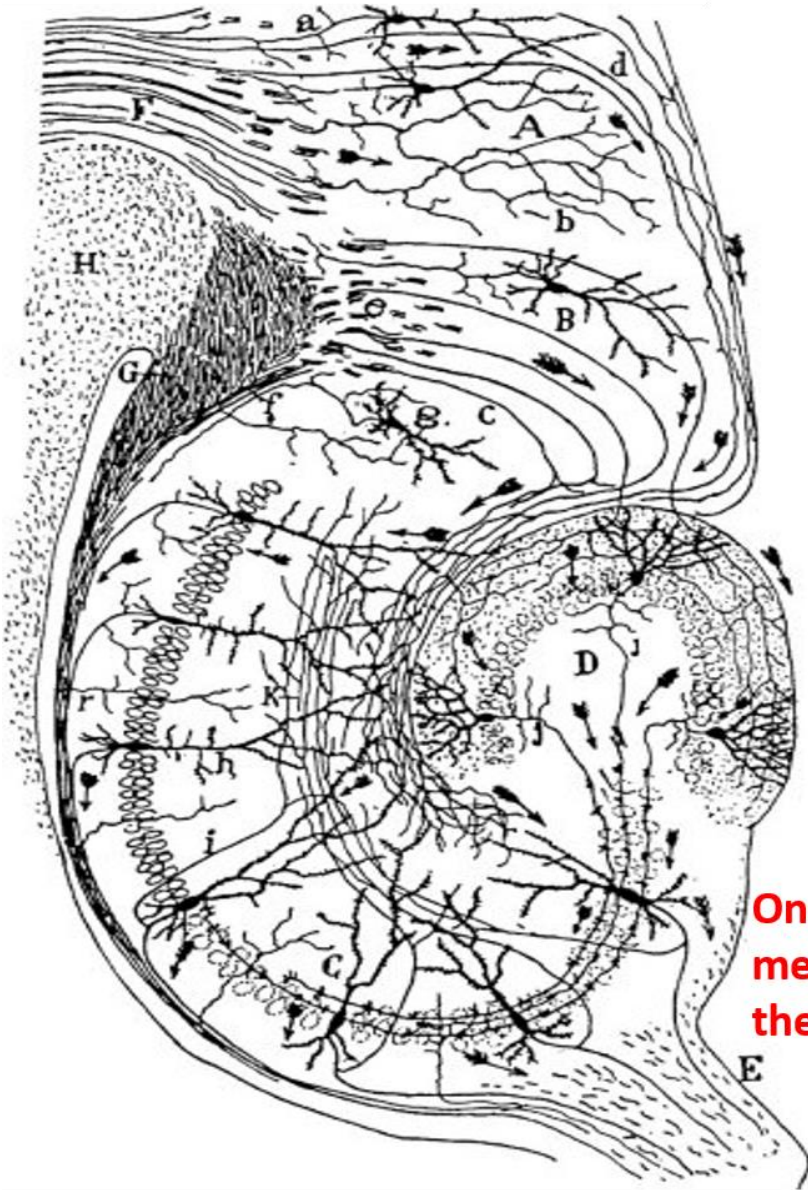
當大腦恰好處於健全狀態時，對我們來說它就是顯露於空氣中的一切事物的詮釋者。」

**希波克拉底 Hippocrates** *quoted on p.509 of Syntactic Complexity. Givon & Shibatani, eds.2009.*



# 卡哈 Ramon Santiago y Cajal (1852 – 1934)

1906 年諾貝爾獎得主



One of Cajal's numerous meticulous drawings of the brain's neural circuits.



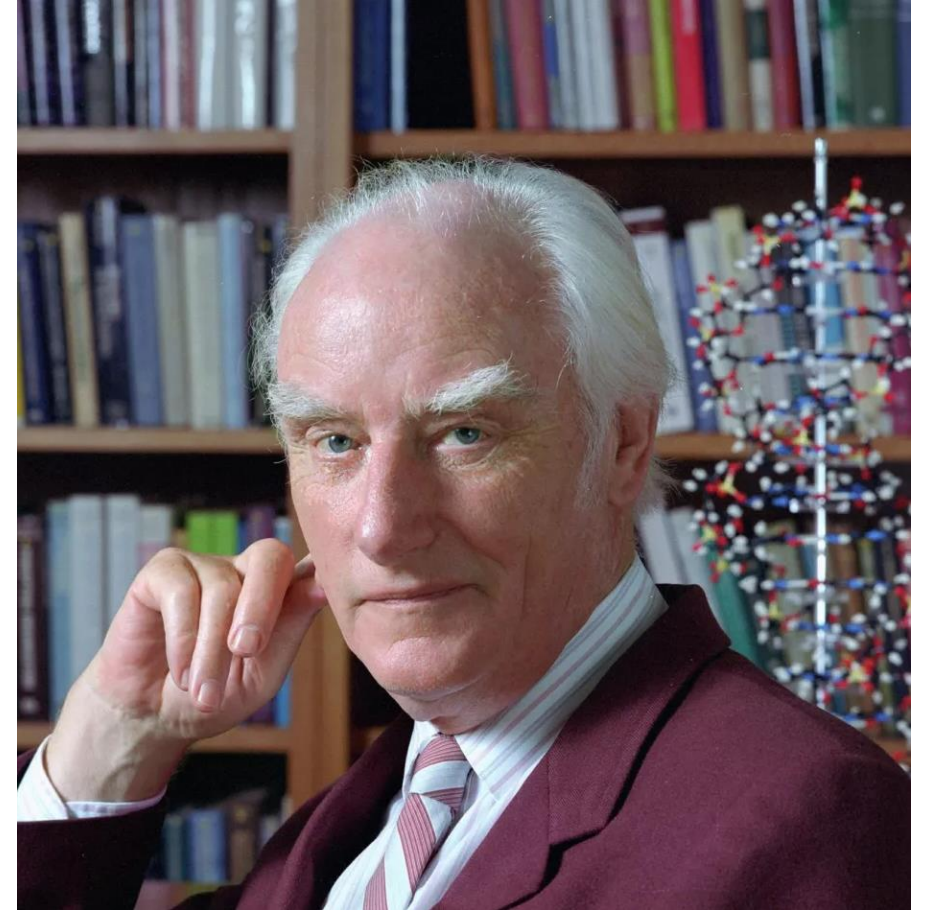
**Crick, F.** Nobel 1962 for explaining double helix of DNA. (1994). The Astonishing Hypothesis. Touchstone.

「人類最富特色的一項能力就是，我們能流利地掌握一個複雜的語言。」

「我們的心智——也就是我們大腦的行為——可以用神經細胞（與其他細胞）和與其相關的分子之間的互動來解釋。」

“你不過是一堆神經元而已。”

You are nothing but  
a pack of neurons.





問：如果我們和其他動物都只是“一堆神經元”，那為甚麼語言是我們獨有的呢？

尤其是，黑猩猩和我們基因有 98% 是一樣的，其實牠們會不會具備足夠的認知能力去學習語言？

如果不行，那動物到底欠了甚麼能力，而令牠們不能掌握語言？

如果給多足夠時間讓黑猩猩繼續演化，會不會出現一些與人類智慧相近、甚至更聰明的物種？



F. B. M. de Waal.  
***A century of getting to  
know the chimpanzee.***  
Nature 437.56-59, 2005.

與黑猩猩相識100年。

1927. Köhler, Wolfgang. *The mentality of apes*: Harcourt Brace.

1971. Goodall, Jane. *In the Shadow of Man*: Houghton Mifflin.

1972. Premack, Ann James & David Premack. 1972. Teaching language to an ape. *Scientific American*.

1994. Savage-Rumbaugh, Sue & Roger Lewin. *Kanzi: The Ape at the Brink of the Human Mind*: John Wiley and Sons.

2007. Herrmann, E. et al. Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis. *Science* 317.1360-66.

2009. Liszkowski, U. et al. Prelinguistic Infants, but Not Chimpanzees, Communicate About Absent Entities. *Psychological Science* 20.654-60.

Povinelli, D.J. & J. Vonk. 2003. **Chimpanzee minds: suspiciously human?** *Trends in Cognitive Sciences* 7.157-60. **黑猩猩有自我意識。**



“1.5-2歲的兒童和 2.5-4.5 歲的黑猩猩中開始可以從鏡子裏認出自己 (mirror self-recognition)。 .....

我們的研究結果表明，與人類和黑猩猩相比，年輕的海豚可能在較早的時候就已經表現出先進的認知能力。”

***Mirror Self-recognition: A Case of Cognitive Convergence in Humans and other Animals***

Diana Reiss, Ph.D,

**The Francis Crick Memorial Conference  
Consciousness in Human and Non-Human Animals  
Cambridge University 2012.**

# KANZI



THE  
APE  
AT  
THE  
BRINK  
OF  
THE  
HUMAN  
MIND

SUE SAVAGE-RUMBAUGH & ROGER LEWIN

剛到語言研究中心的 Kanzi。  
Kanzi 在六個月大的時候，由  
他的母親 Matata 陪同來到這  
裡。 (*Photograph by Sue Savage-*  
*Rumbaugh*).



Savage-Rumbaugh,  
S. & R. Lewin  
(1994). Kanzi: The  
Ape at the Brink of  
the Human Mind.



“到 3 歲時，Kanzi 很明顯已可以獨自學習  
詞彙。他特別喜歡戶外旅行，所以我們開  
發了一款便攜式鍵盤。圖中是我們最早  
(1983 年) 的嘗試，甚至比第一台商用便攜  
式電腦出現更早。當 Kanzi 觸摸一個符號  
時，它就會亮起，電腦就會留個記錄”。

Kawai, N. & Matsuzawa, T. 2000.  
Numerical memory span in a  
chimpanzee. *Nature* 403:39–40.

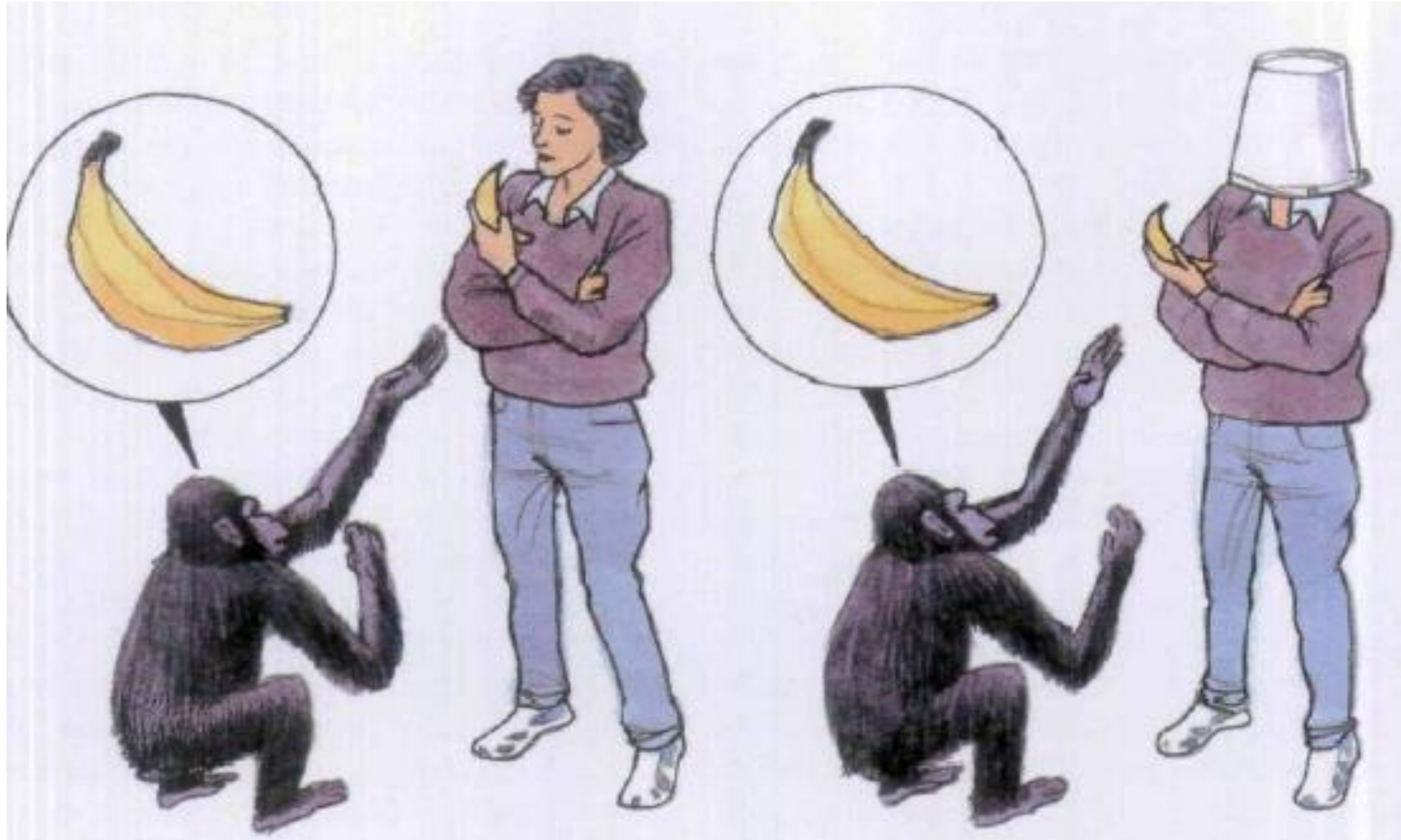
“在一次測試中，艾 (Ai) 選擇了正確的數字……突然，房間外一群黑猩猩之間爆發了一場打鬥……艾暫時停止了她的任務，專注於打鬥。大約 **20 秒** 後，她回到了屏幕，順利完成了測試，而且**完全沒有出錯**”。



黑猩猩的空間與數字記憶力

# 其他動物有心靈理論嗎？

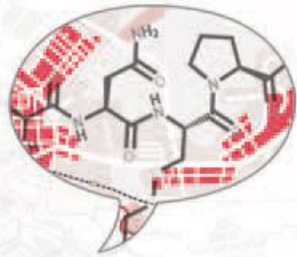
Do other animals have a THEORY OF MIND (ToM)?





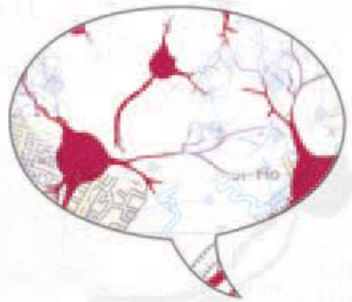
Wang, W. S.-Y. Explorations in Language Evolution. Diamond Jubilee Lecture, Osmania University, February 1979.

- 語言的演化很像馬賽克 (mosaic) 的鑲嵌過程，語言的不同層面，例如語義、語音、詞法、句法，出現的時間點都不同，甚至按不同的時間表出現……語言被看作一些更加基本的能力之間的界面 (interface)。
- 這些能力原本是一些其他非語言過程的基礎，涉及不同的功能，如頻率及時間的模式感知、不同事件和事物在不同記憶層次的編碼、不同層級認知結構的建構及處理等。這些能力在動物身上也有，只是程度上的差別而已。這些能力的大部分的演化年代，可能比人類語言的演化要古老的多。
- 逐漸地，這些碎片發展成語言可以使用的配件，就像在馬賽克上添加碎片一樣。與此同時，語言拼圖的許多能力也被用在人類其他精密的活動中，尤其是數學和音樂。



# THE ORIGINS OF LANGUAGE

*A slim guide*



JAMES R. HURFORD

## 為甚麼地球上只有我們人類懂得使用語言？

- 「為甚麼語言只在一個物種中進化？有時這被認為是一個特別具有挑戰性的問題。事實並非如此。為甚麼只有大象可以用長鼻子來抓東西？為甚麼只在長頸鹿有很長的脖子？許多物種都有獨特的特徵。我們的其中之一就是語言。」
- 「為甚麼只有我們？好吧，也許人類恰好是第一個演化出語言的物種。繼續讓時間流逝，其他物種也可能會走上同樣的進化道路。畢竟，完整的語言還是非常新的發明，最多就只有五十萬年，或者更加近期。」
- 「如果我們給其他物種時間，他們可能會仿效。但是，人類會允許這種情況發生嗎？」

# 研究語言障礙的先驅

Two pioneers in studies of Language Disorders & Brain.



Paul Pierre Broca  
(1824-1880)



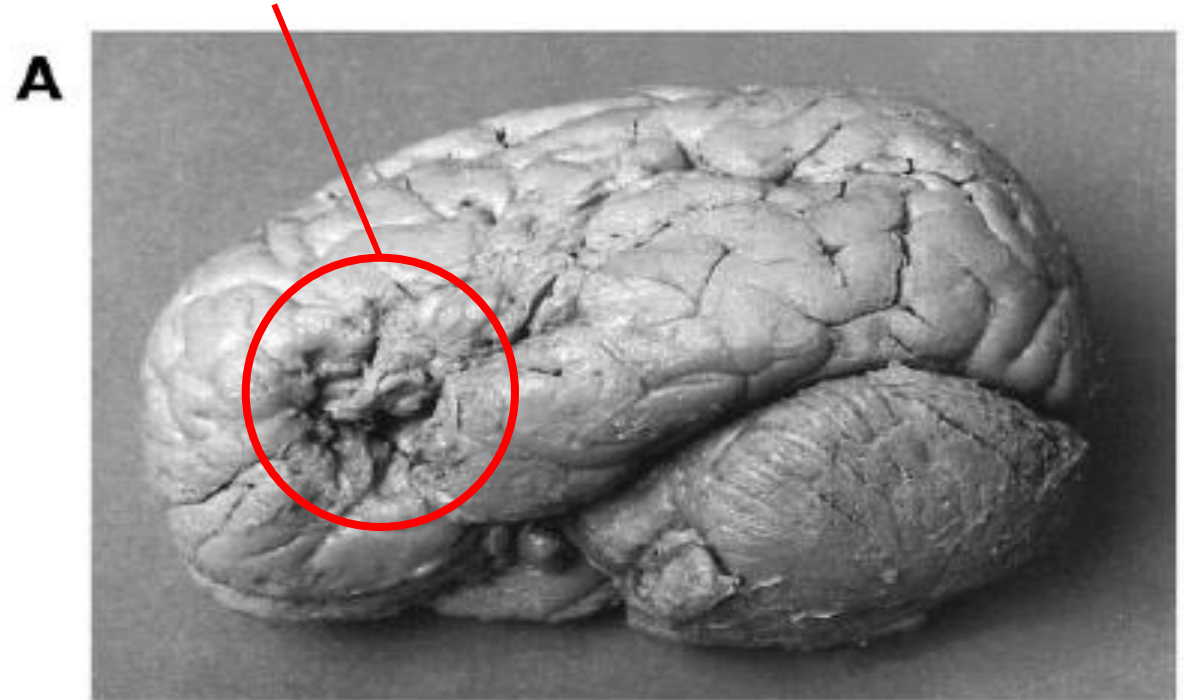
Carl Wernicke  
(1848-1904)

# 布羅卡失語症

Broca's aphasia

“Alright. . . . Uh ... stroke and uh ... I . . . huh tawanna guy . . . h ... h ... hot tub and.... And the ... two days when uh . . . Hos . . . uh ... huh hospital and uh . . . amet... am ... ambulance.”

布羅卡區  
(Broca's Area)



Broca, P. (1861). "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**: 398-407.

Dick, F. et al. 2001. Language Deficits, Localization, and Grammar: Evidence for a Distributive Model of Language Breakdown in Aphasic Patients and Neurologically Intact Individuals. Psychological Review **108**: 759-88.

Dronkers, N. F., O. Plaisant, M. T. Iba-Zizen & E. A. Cabanis. 2007. Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong. Brain 130.1432-41.

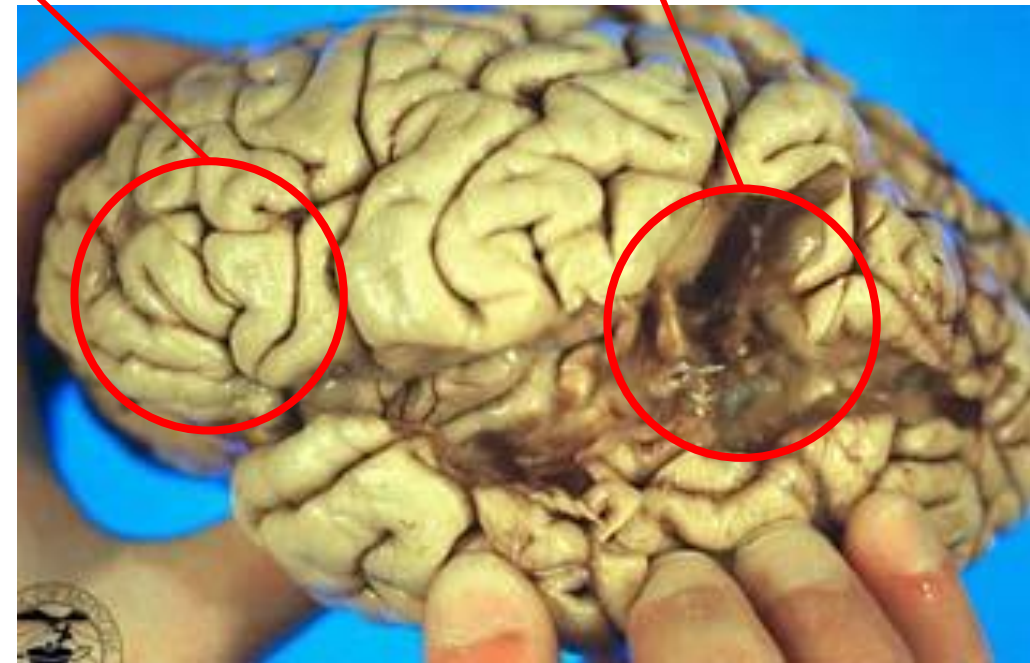
# 威尼基失語症

Wernicke's aphasia.

“It just suddenly had a feffort and all the feffort had gone with it. It even stepped my horn. They took them from earth you know. They make my favorite nine to severed and now I'm a been habed by the uh stam of fortment of my annulment which is now forever.”

布羅卡區  
(Broca's Area)

威尼基區  
(Wernicke's Area)



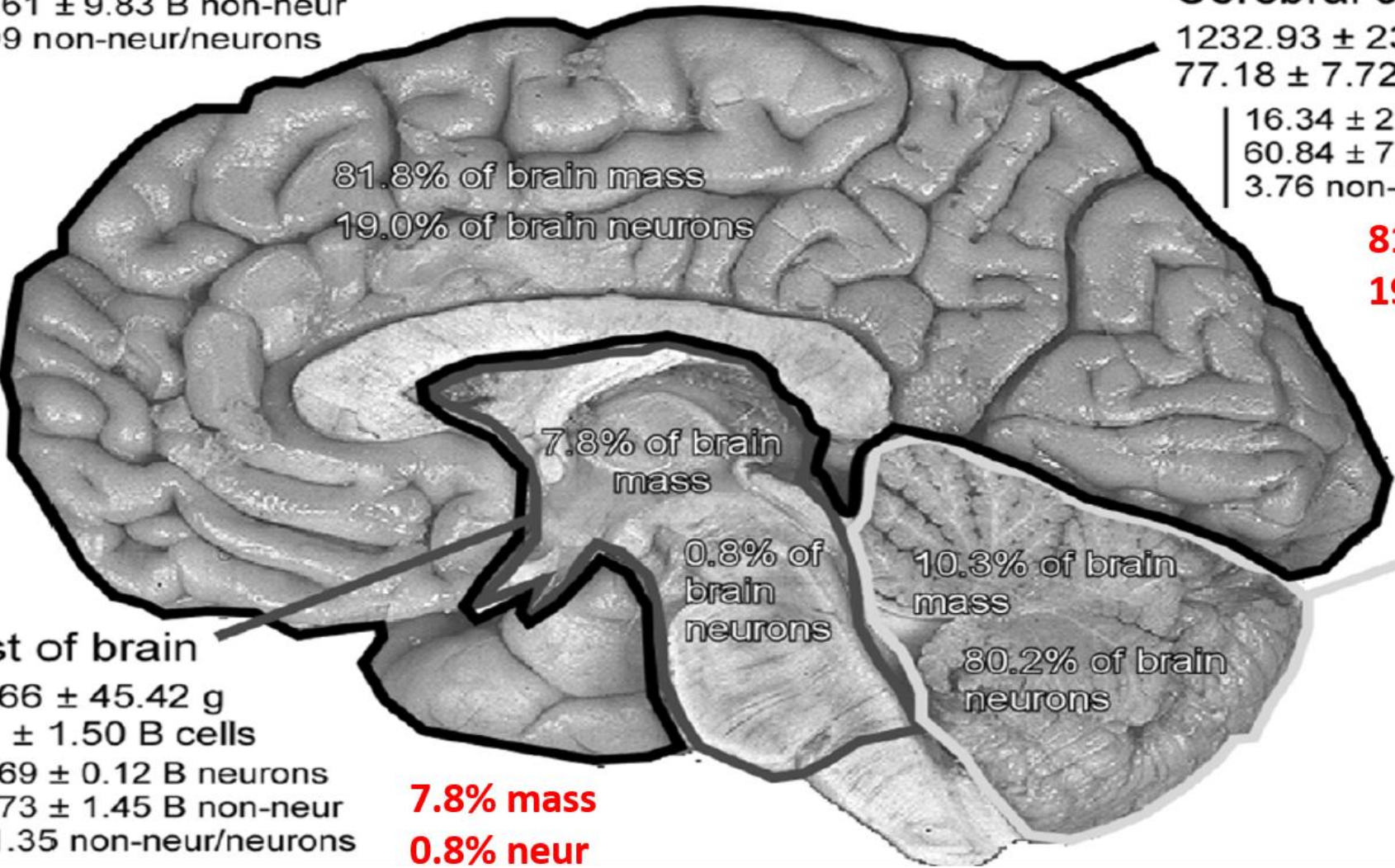
Dick, F. et al. 2001. Language Deficits, Localization, and Grammar: Evidence for a Distributive Model of Language Breakdown in Aphasic Patients and Neurologically Intact Individuals. *Psychological Review* 108.759-88.

Azevedo, F. et al. 2009. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *Journal of Comparative Neurology* 513:532-41.

### Whole brain

1508.91 ± 299.14 g  
170.68 ± 13.86 B cells

86.06 ± 8.12 B neurons  
84.61 ± 9.83 B non-neur  
0.99 non-neur/neurons



81.8% of brain mass  
19.0% of brain neurons

### Cerebral cortex (GM+WM)

1232.93 ± 233.68 g  
77.18 ± 7.72 B cells

16.34 ± 2.17 B neurons  
60.84 ± 7.02 B non-neur  
3.76 non-neur/neurons

**81.8% mass**  
**19.0% neur**

7.8% of brain mass

0.8% of brain neurons

10.3% of brain mass

80.2% of brain neurons

### Rest of brain

117.66 ± 45.42 g  
8.42 ± 1.50 B cells

0.69 ± 0.12 B neurons  
7.73 ± 1.45 B non-neur  
11.35 non-neur/neurons

**7.8% mass**  
**0.8% neur**

### Cerebellum

154.02 ± 19.29 g  
85.08 ± 6.92 B cells

69.03 ± 6.65 B neurons  
16.04 ± 2.17 B non-neur  
0.23 non-neur/neurons

**10.3% mass; 80.2% neur**

向何處去？

*Where are we going?*

## 香港 政府統計處 人口估計 2022 年 8 月 11 日

Age	All	0 – 14	15 – 59	≥60		60 - 64	≥65
#	7292 K @	773 K	4376 K	2142 K		622.5 K	<b>1520 K</b>
(%)	2022	(10.60%)	(60.02%)	(29.38%)		(8.54%)	<b>(20.85%)</b>
10-yr Diff. (%)	7150 K @ 2012	<b>-0.77%</b>	<b>-8.91%</b>	<b>+9.69%</b>			
	<b>+1.98%</b>						

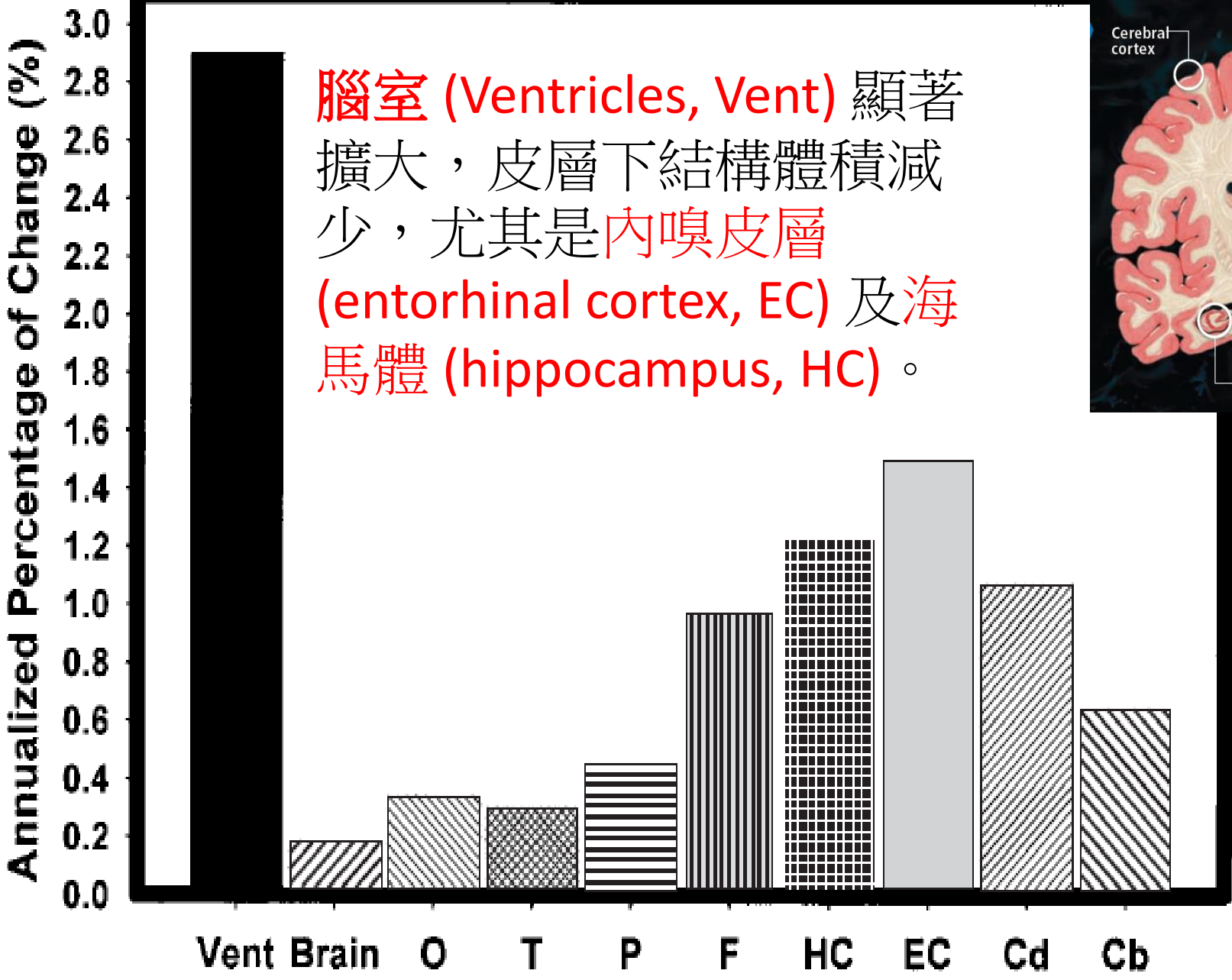
## 第七次 全國人口普查 國家統計局局長 甯吉喆 2021 年 5 月 11 日

#	1.41 B @	253 M	894 M	264 M		73 M	<b>191 M</b>
(%)	2021	(17.95%)	(63.35%)	(18.70%)		(5.20%)	<b>(13.50%)</b>
10-yr Diff. (%)	1.34 B @ 2011	<b>+1.35%</b>	<b>-6.79%</b>	<b>+5.44%</b>			
	<b>+5.22%</b>						

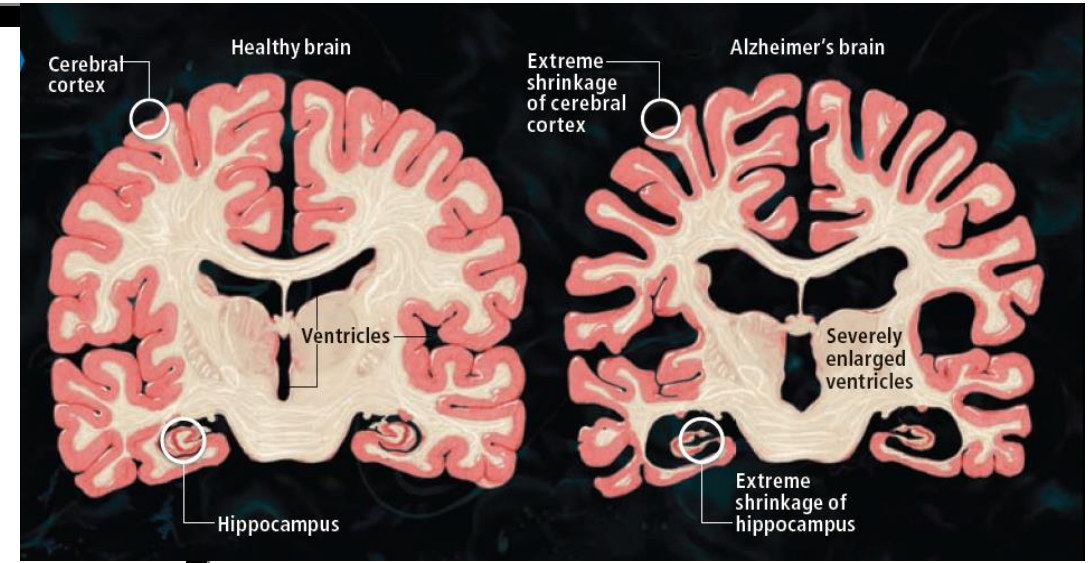
2009 年諾貝爾物理學獎得主高錕教授  
(1933-2018) 被譽為“光纖之父”。  
他和父親一樣患有阿爾茨海默症。

Professor Charles Kuen Kao (高錕) (1933-2018), was the recipient of a Nobel Prize in Physics in 2009, & was known as the “Father of Fibre Optics”. He had **Alzheimer's Disease**, as did his father.



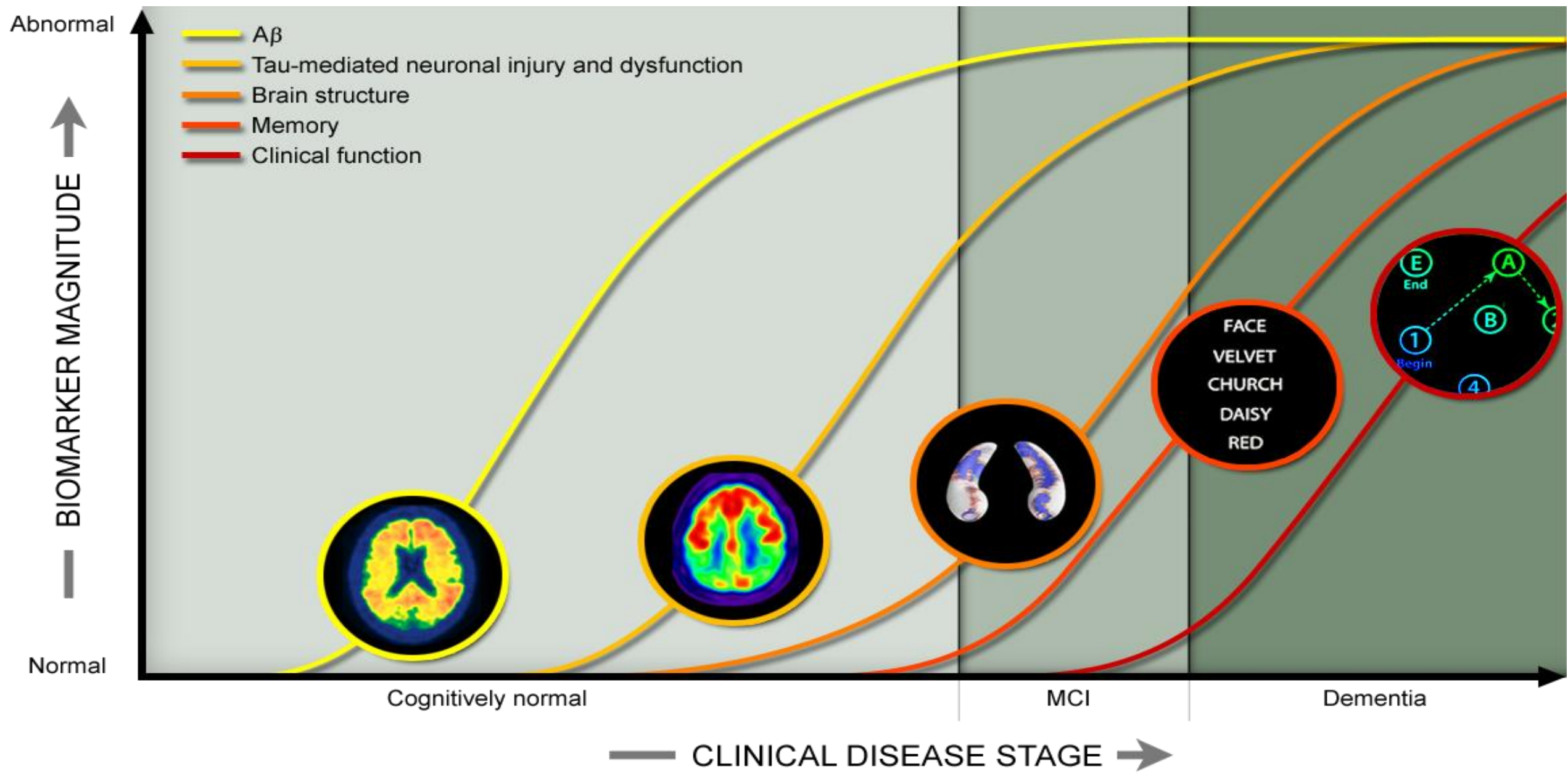


腦室 (Ventricles, Vent) 顯著擴大，皮層下結構體積減少，尤其是內嗅皮層 (entorhinal cortex, EC) 及海馬體 (hippocampus, HC)。



Cabeza, R. et al. eds. 2005:41. *Cognitive Neuroscience of Aging: Linking Cognitive and Cerebral Aging*: Oxford University Press.

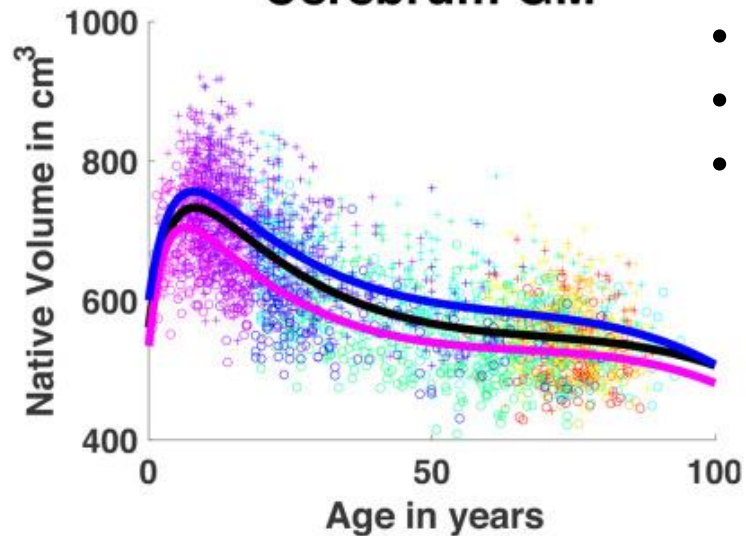
Stix, G. 2010. Alzheimer's: Forestalling the darkness. *Scientific American* 50-7.



<http://adni.loni.usc.edu/studydesign/background-rationale/> Based on Jack, C.R., et al. (2010).  
 Hypothetical model of dynamic biomarkers of the Alzheimer's pathological cascade. *Lancet Neurol.* 9(1), 119-128. 36/50

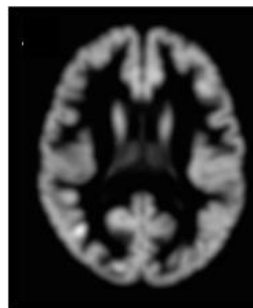
# 腦部及認知能力的變化. Brain and cognitive ageing.

## Cerebrum GM

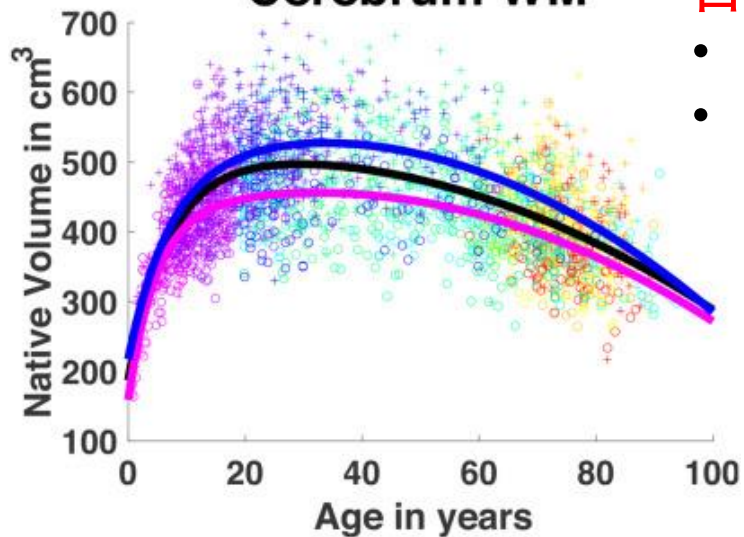


### 灰質 Grey matter

- 神經元的細胞體
- 於 11 歲左右到頂峰
- 突觸修剪 (synaptic pruning)

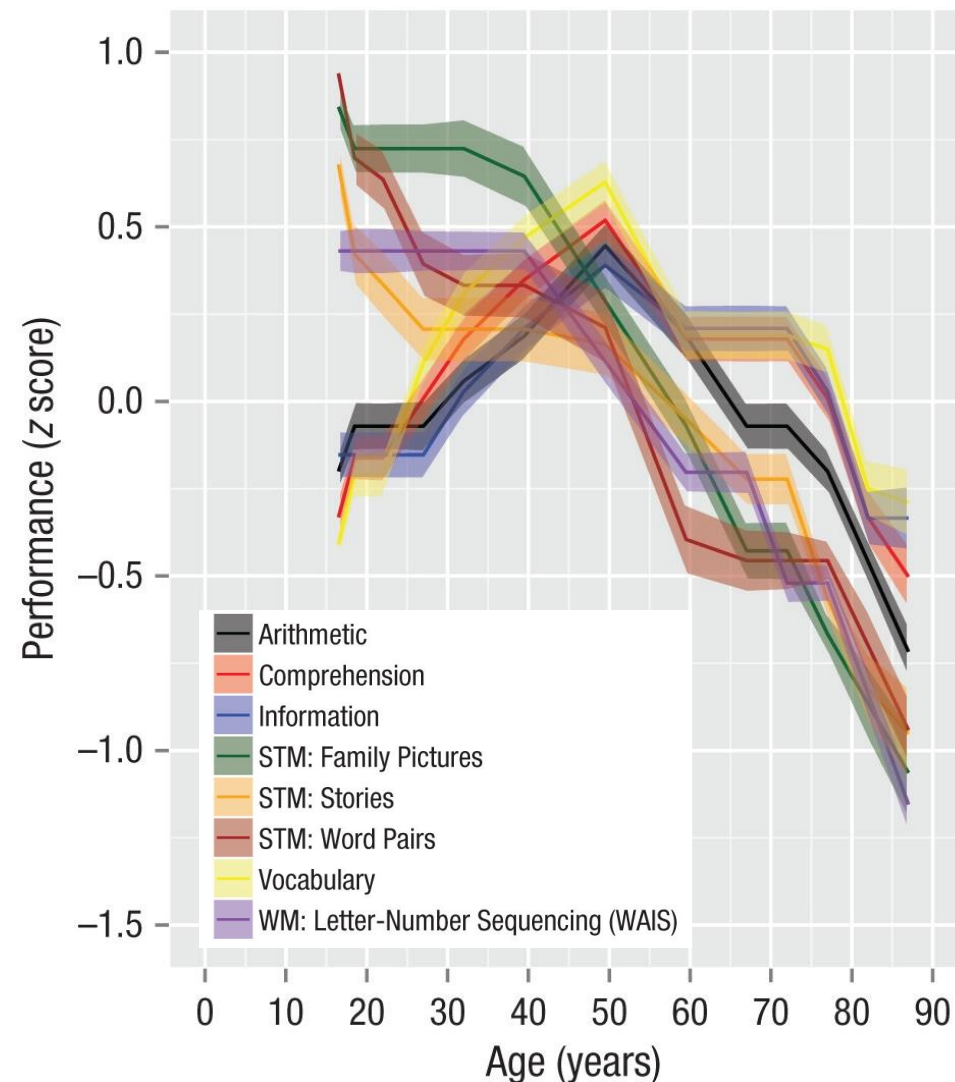


## Cerebrum WM

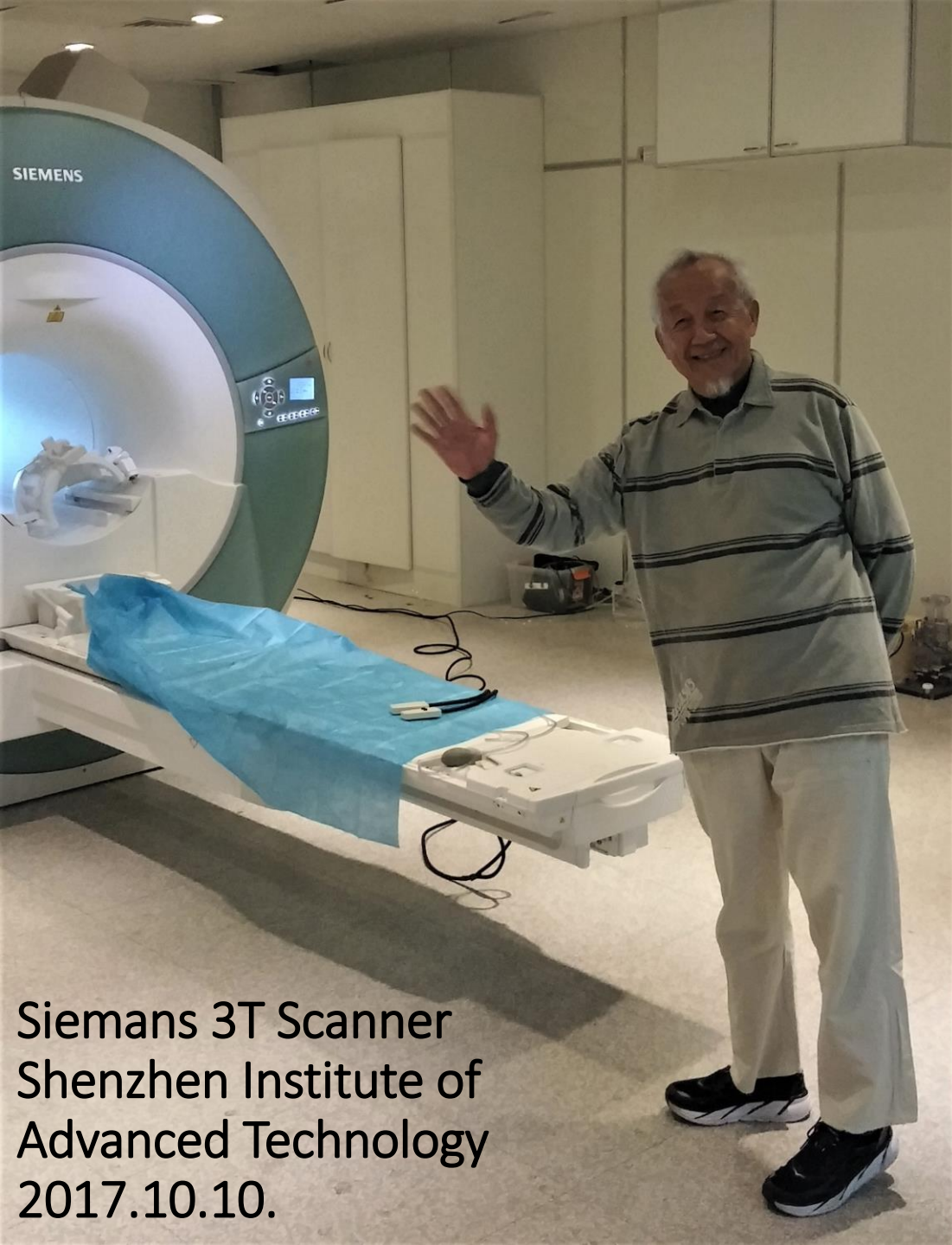


### 白質 White matter

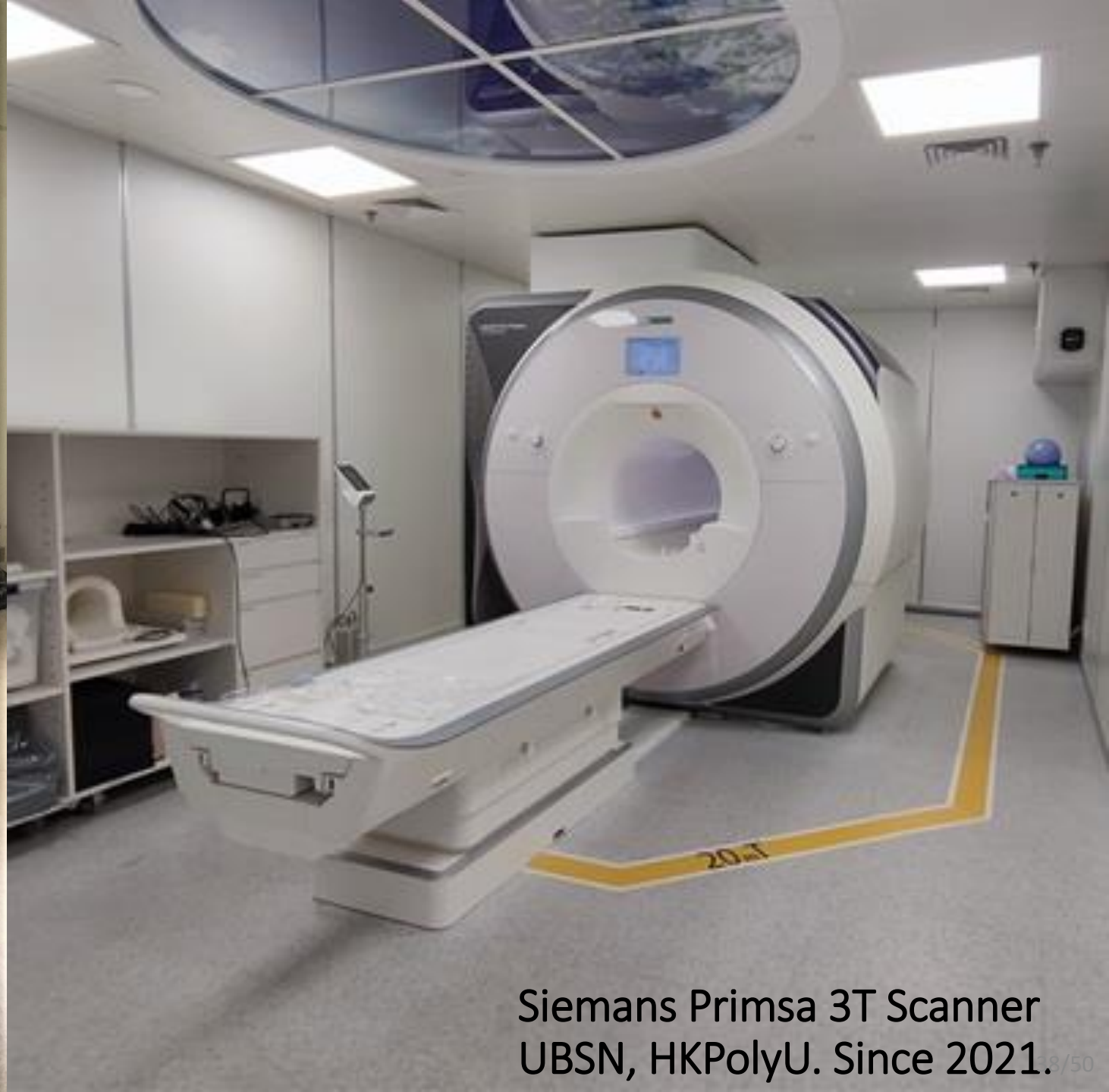
- 神經元的神經纖維
- 於 30 歲左右才到頂峰



Hartshorne, J. K., & Germine, L. T. (2015).  
*Psychological science*, 26(4), 433-443.



Siemens 3T Scanner  
Shenzhen Institute of  
Advanced Technology  
2017.10.10.



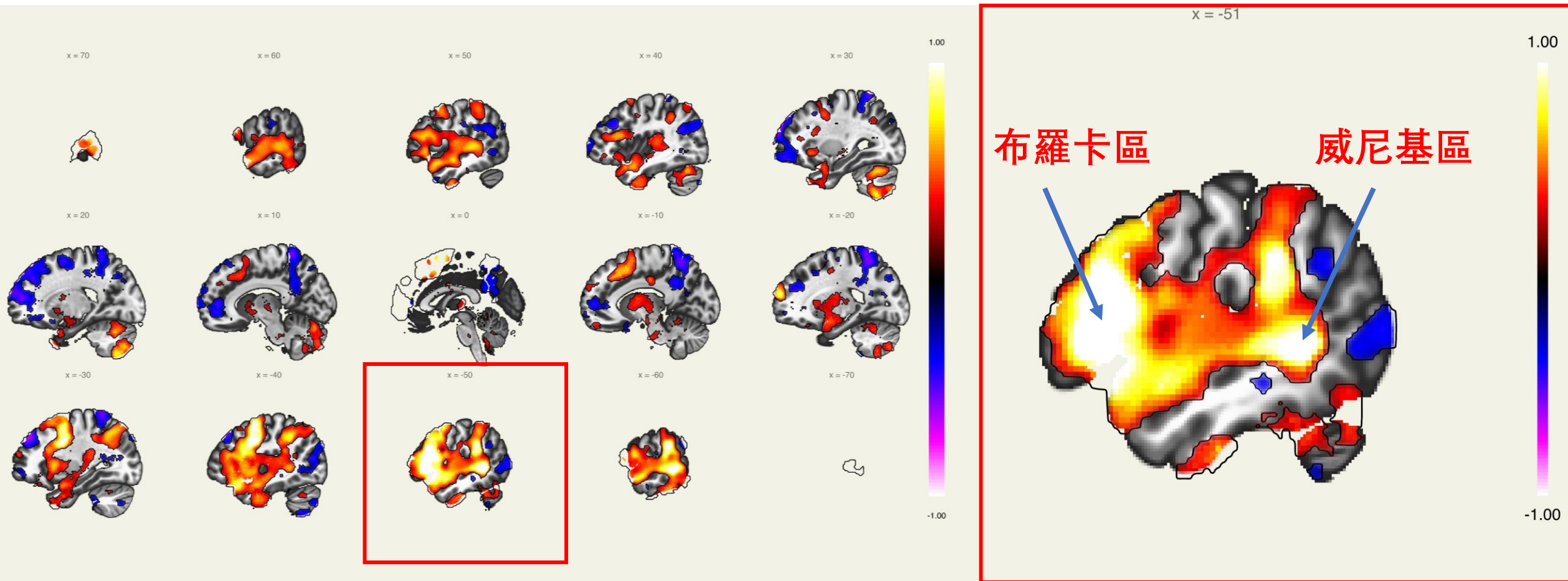
Siemens Primsa 3T Scanner  
UBSN, HKPolyU. Since 2021.

# 腦部結構磁力共振

## Magnetic resonance imaging of brain structures



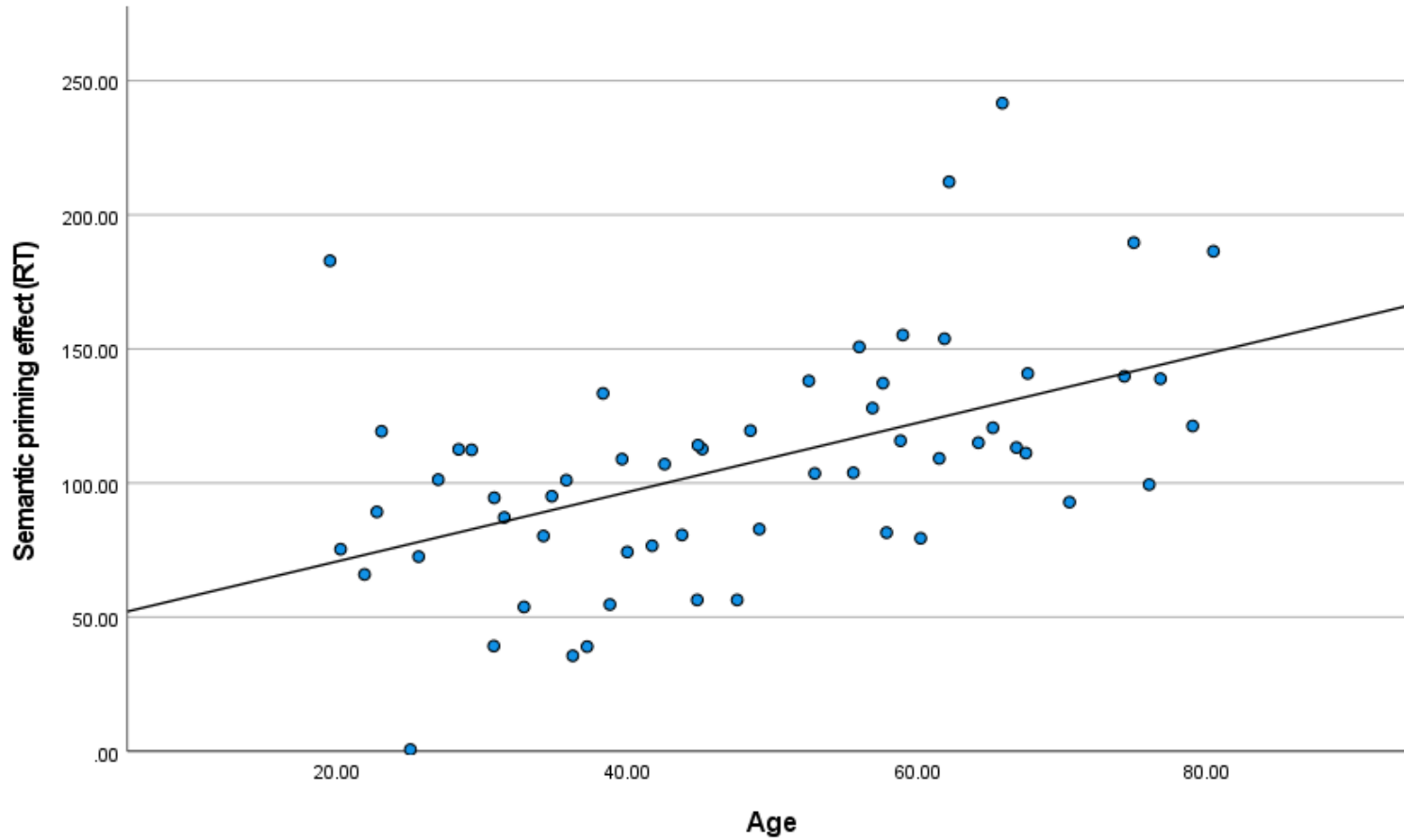
# 成年人語義處理的功能連結圖譜 (functional connectome)



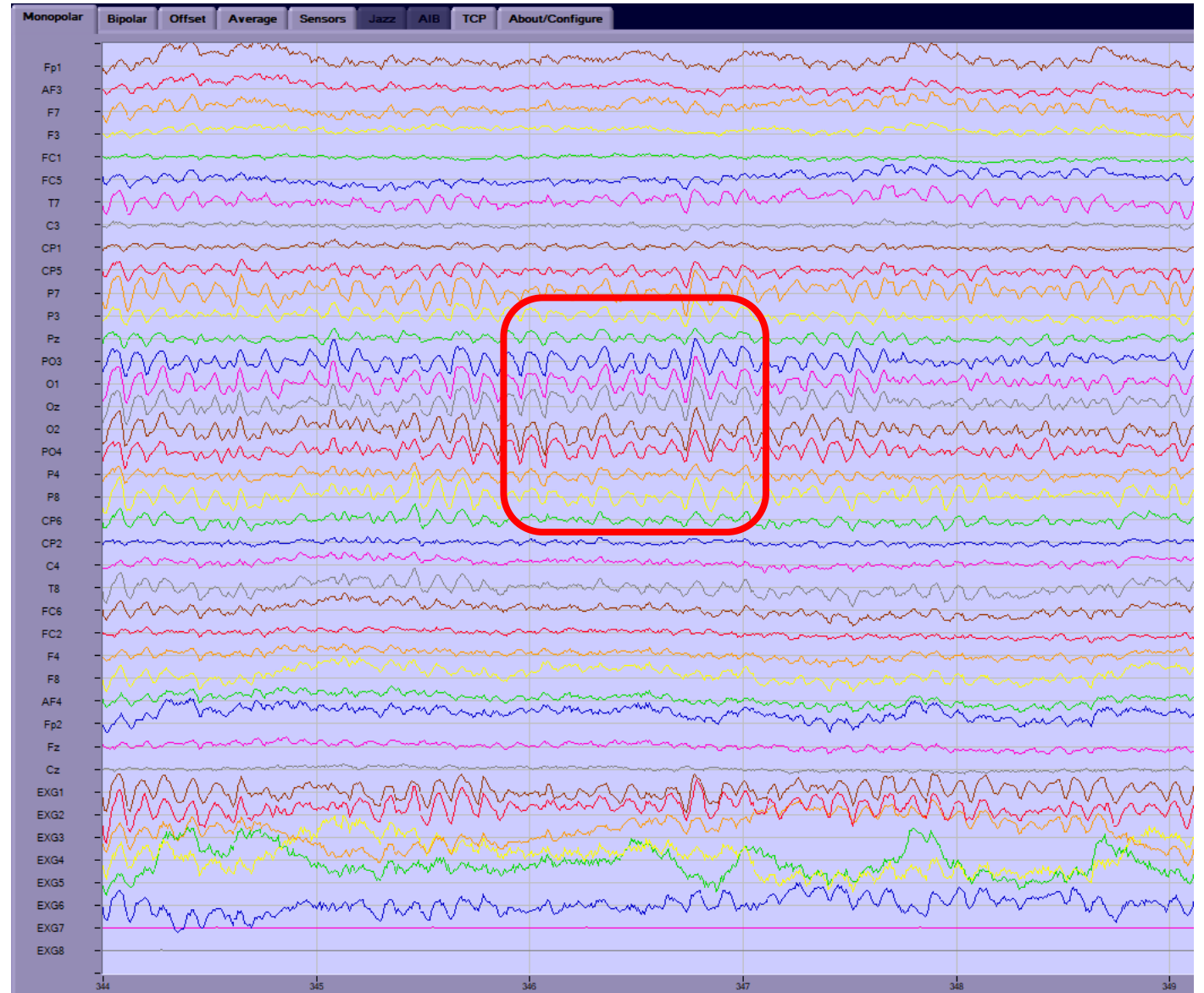
# 語義促發

## Semantic priming

	第一個詞	第二個詞
有關連 Related	蘋果	香蕉
沒有關連 Unrelated	花生	燕子
假詞 Pseudoword	蘿蔔	兔成



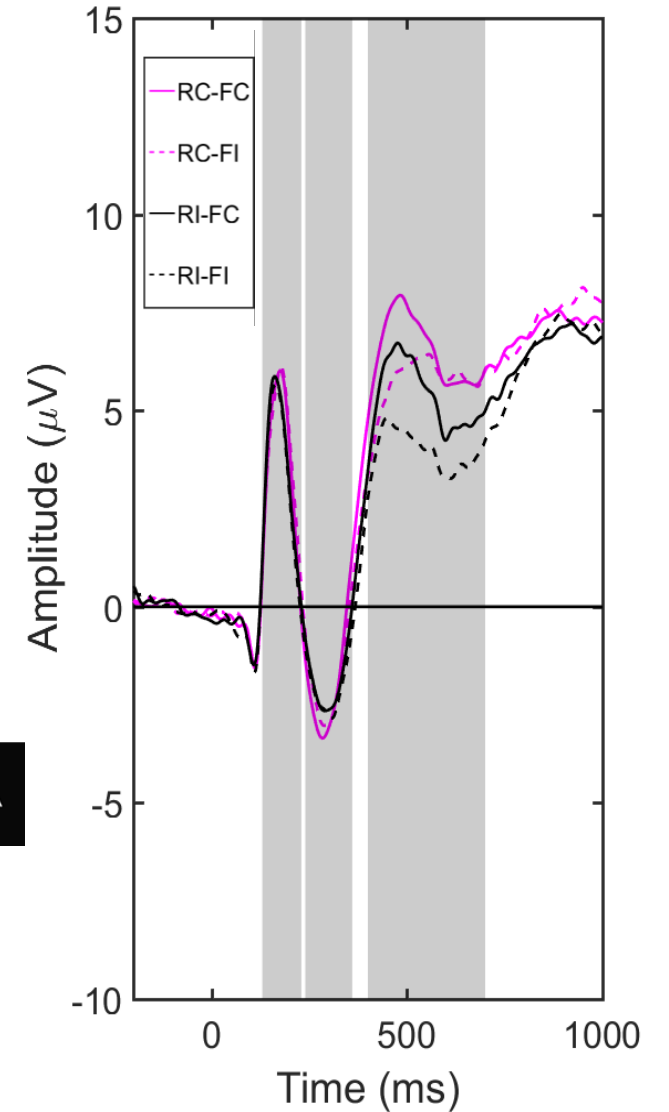
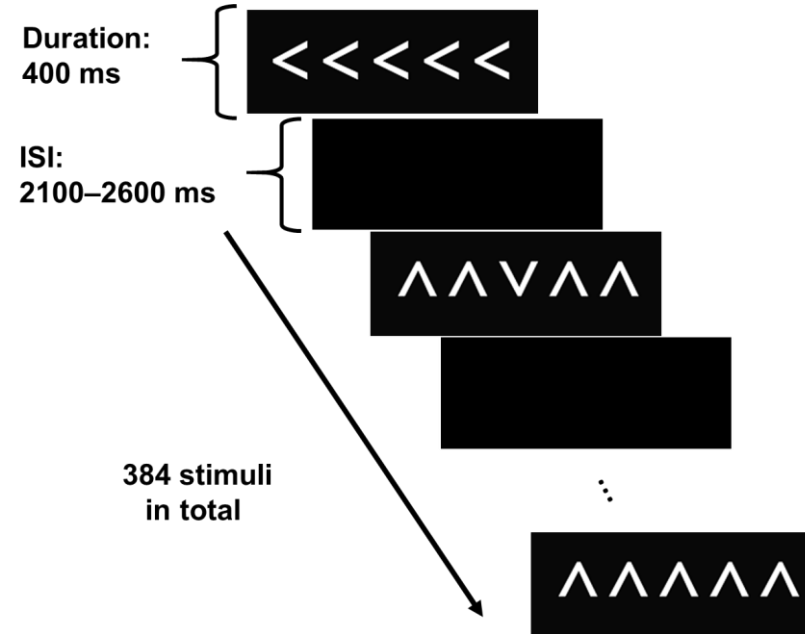
# 腦電圖 (Electroencephalography, EEG)



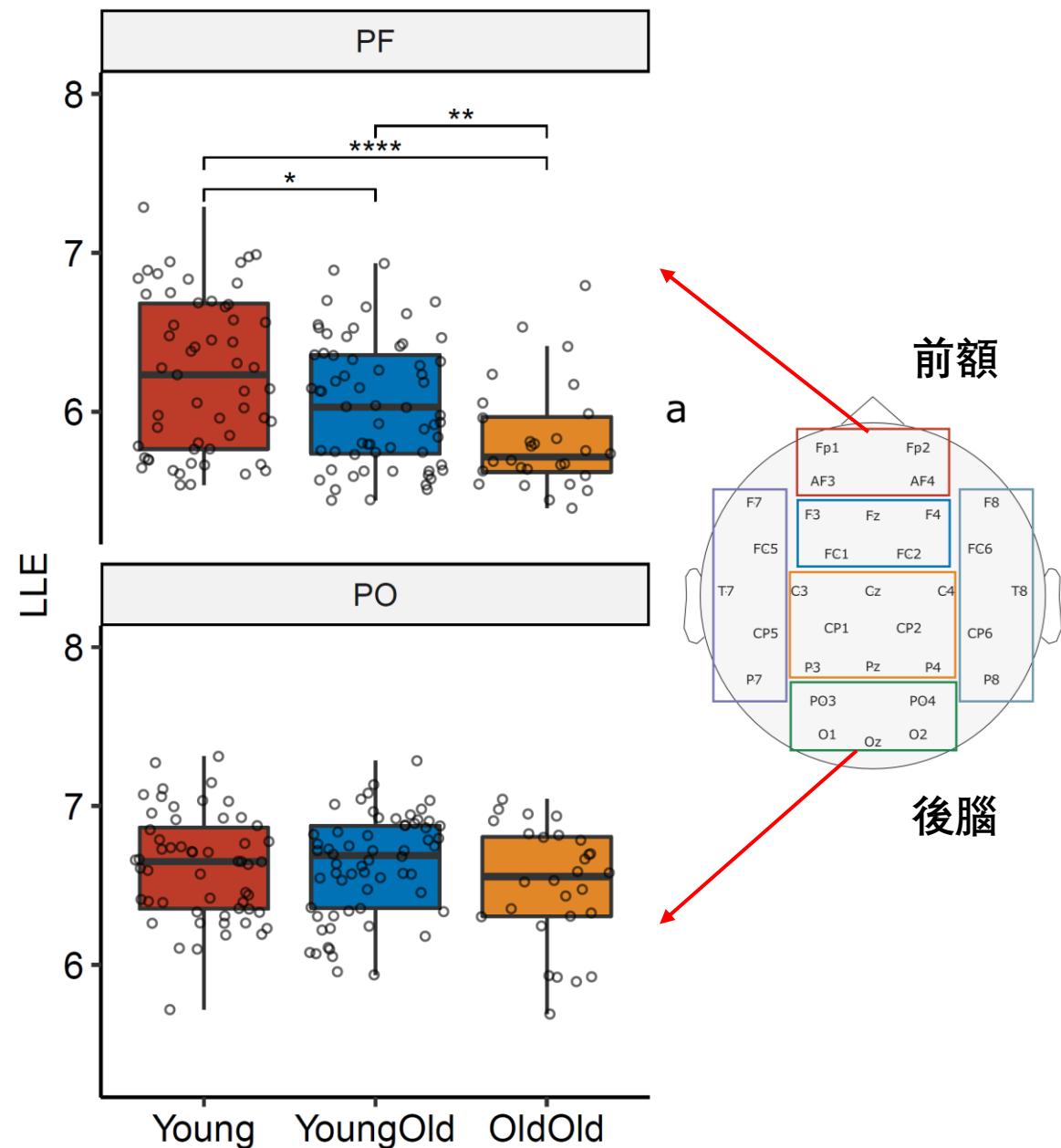
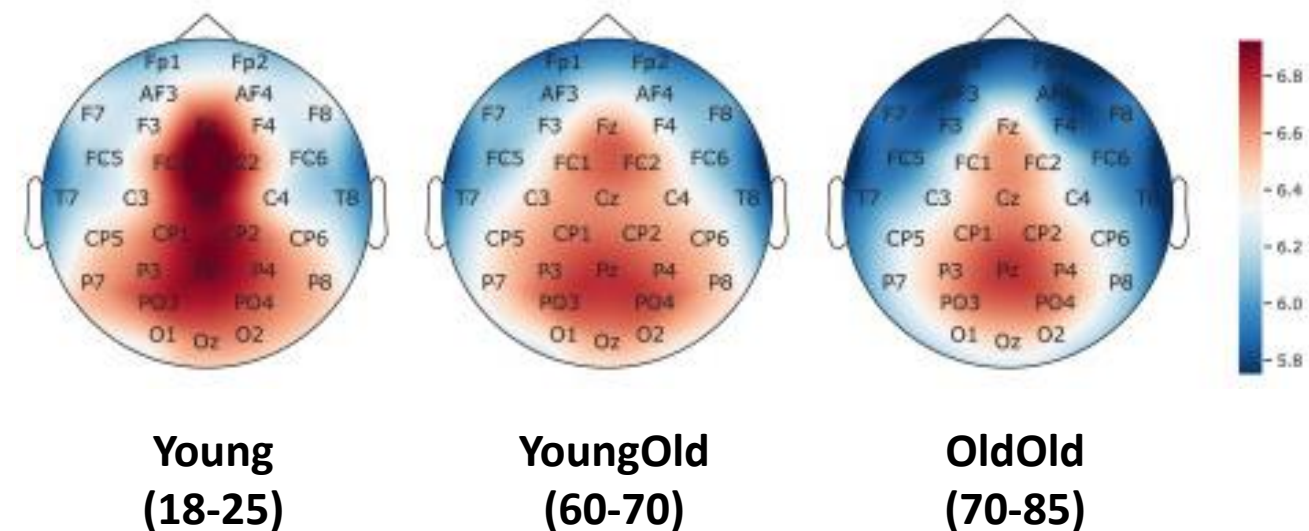
# 詞彙流暢度 (verbal fluency) 及 干擾控制能力 (interference control)



士多啤梨 蘋果 橙  
 檸檬 提子 西瓜  
 木瓜 哈密瓜 香蕉  
 菠蘿 大樹菠蘿 雪梨



# 前額的腦電圖 複雜度 (complexity) 會隨年齡下降

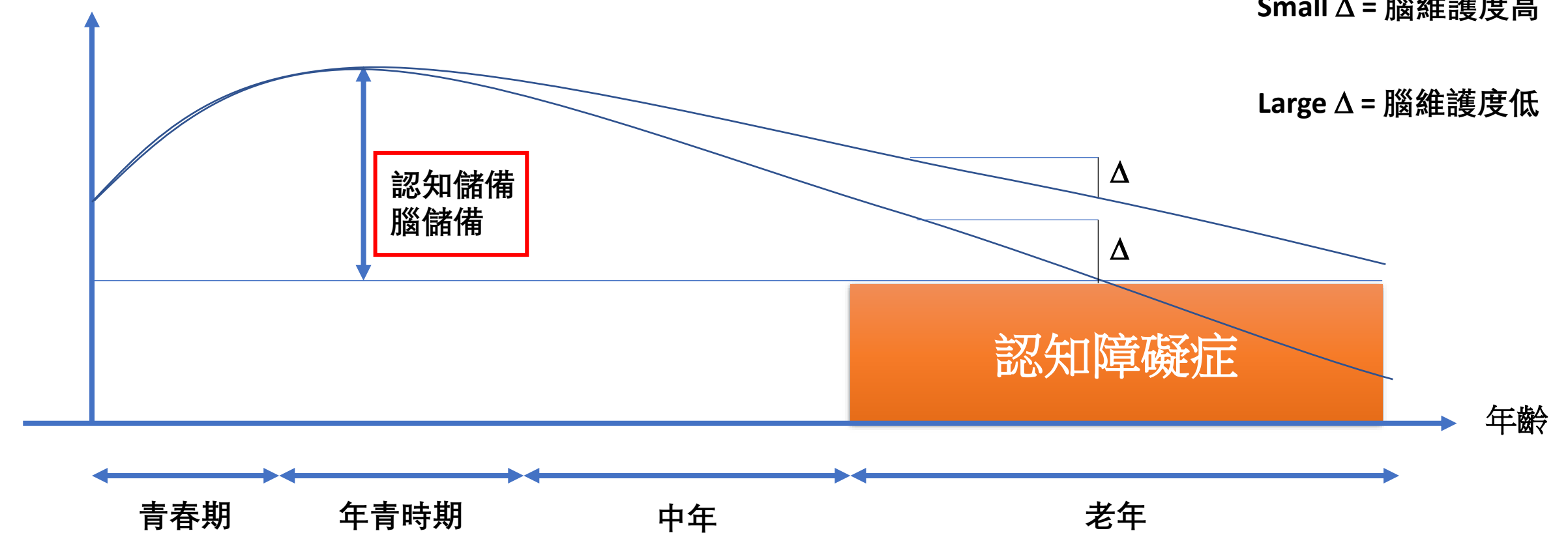


Ma, Fong, Xie, Lee, Chen, & Wang (2021). Regularity and randomness in ageing: Differences in resting-state EEG complexity measured by largest Lyapunov exponent. *Neuroimage: Reports*, 1(4), 100054.

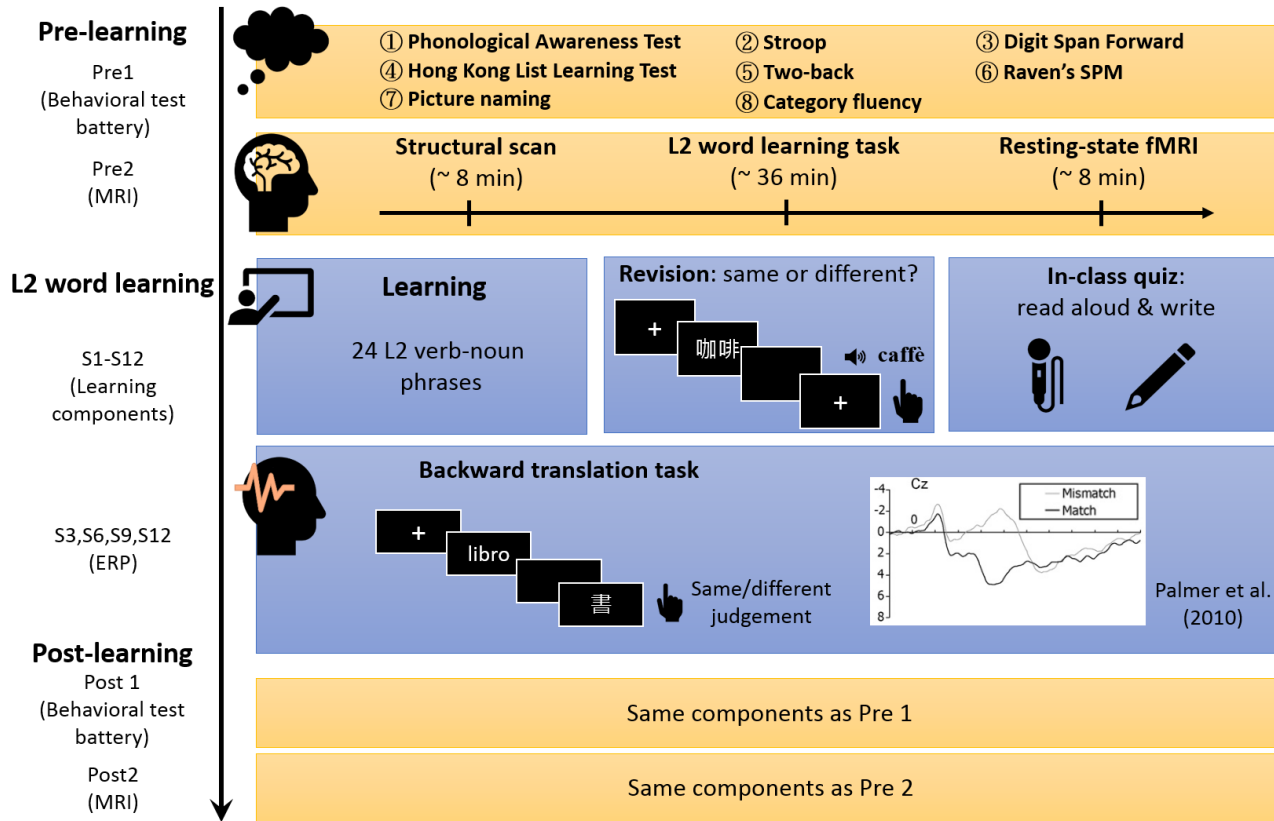
# 認知儲備、腦儲備、腦維護度

Cognitive reserve, brain reserve, and brain maintenance

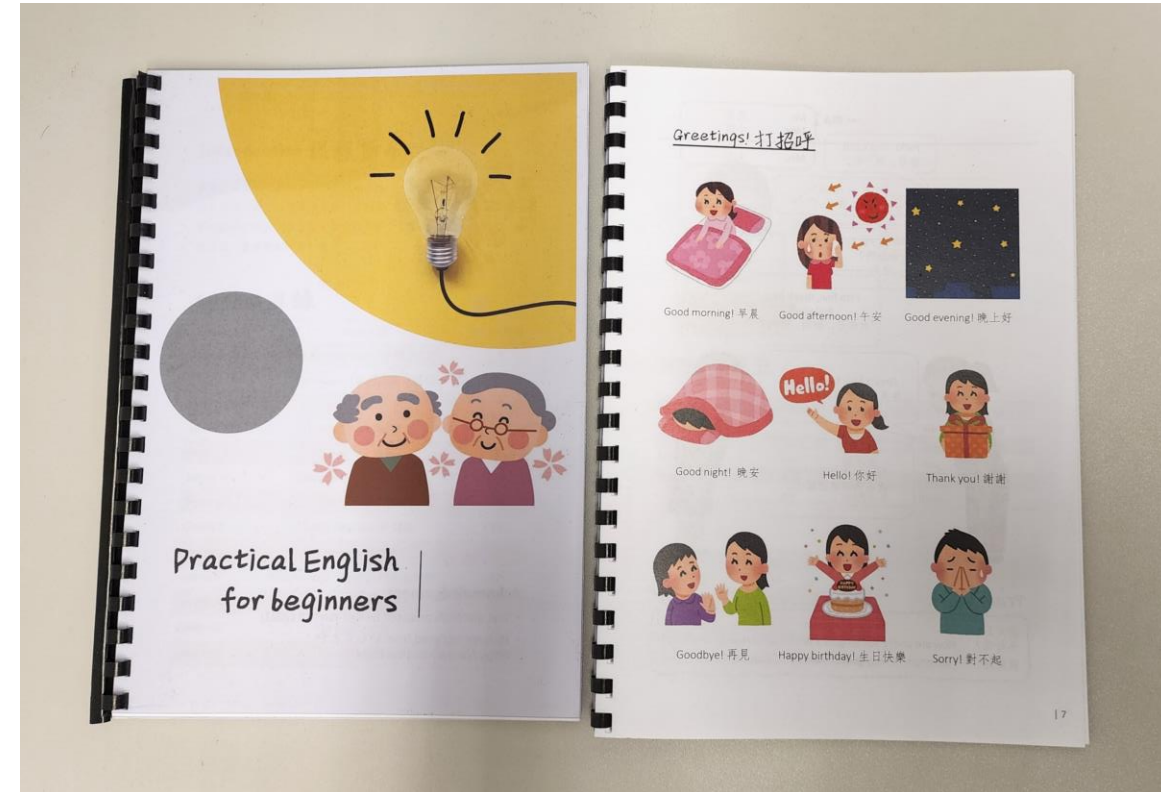
腦功能  
認知功能



# 第二語言詞彙即時學習及強化的神經認知基礎： 內側顳葉功能的 MRI/EEG 研究



學習意大利文



學習英文

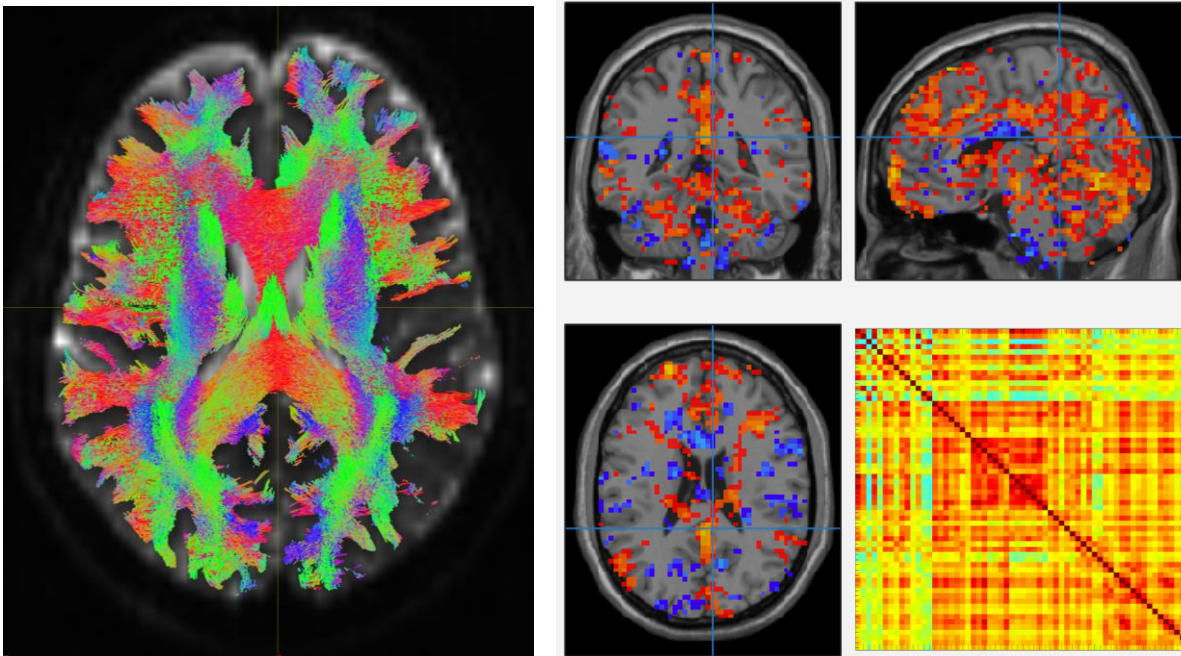
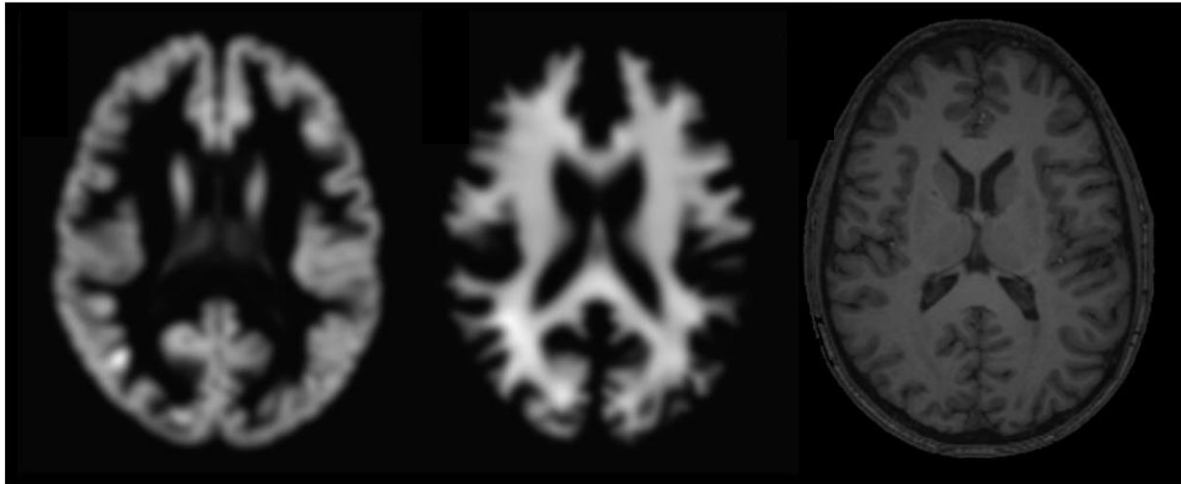
HKRGC-GRF #15606119

Fong, Ma, Chui, Law, Hui, Au, & Wang (2022).  
*Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 787413.

Hui, Fong, Leung, & Wang (2022), 17th International  
Conference on Language and Social Psychology,  
Hong Kong, 24 June 2022 [Virtual]

# 腦部生理年齡估算

# Brain age estimation



擴散成像

靜息態功能連結

Diffusion MRI

Resting-state functional connectivity

灰質



70?

白質



62?

額葉



75?

顳葉



60?

小腦



68?

Funded by Research Institute for Smart Ageing, and by Sin Wai Kin Foundation. In collaboration with School of Nursing & Department of Applied Biology and Chemical Technology, HKPolyU, Nethersole School of Nursing, CUHK, and Department of Electronic Engineering, CityU.

**我們今天的題目是語言與認知**，這是個很大的領域，我們只能蜻蜓點水簡略地談其中一小部份的問題。**語言是認知的產物**，而**認知又建立在意識的基礎上**。很多不同種類的動物都有意識，包括與我們同屬靈長目的許多其他動物，所以牠們有自我覺知的能力。可是牠們的大腦還沒有能力充分學會人類語言，因此牠們的認知有明顯的上限。

**我們的腦部很獨特**，但是直到近幾百年，才開始有系統性的腦功能研究。上面探討過的19世紀中葉的幾類病人，讓我們知道大腦損傷怎樣導致不同型態的失語症。

**目前全球的人口都在老化**。隨著年齡的增長許多神經退化及認知障礙的問題都大量地進入社會。面臨這個迫切挑戰，語言學家也可以用先進的方法，與很多別的學科同心協力應對這個挑戰，把‘生老病死’這四個步驟中的「病」減低，讓老人能健康地繼續工作或安享晚年。

我們若能結合多學科研究做到這一點，將是非常有意義的事，對社會，對語言學、認知科學、基因學和神經學也都會是莫大的貢獻。

# 特別鳴謝

## 研究團隊成員

- 許雅欣 HUI, Nga-Yan Roza
- 馬敬恆 MA, King-Hang Matthew
- 馮韻 FENG, Yun
- 陳佳欣 CHEN, Jiaxin
- 謝郴偉 XIE, Chenwei
- 劉卓婭 LIU, Zhuoya
- 李芳菲 LI, Fangfei
- 吳一丰 WU, Yifeng
- 邱麗芬 YAU, Lai Fan Toby

## 研究合作者 (Collaborators)

- 香港理工大學護理學院蔡及時教授、張詩琪博士、楊穎輝博士等
- 香港理工大學應用生物及化學科技學系許麗玲博士
- 香港中文大學那打素護理學院錢惠堂教授、韋妙宜教授
- 香港城市大學電子工程系陳關榮教授
- 台灣國立清華大學楊梵亭教授

## 研究資助機構 (Funding Agency)

- 香港研究資助局優配研究金  
HKRGC-GRF #15601718 & 15606119
- 香港理工大學人文學院 (Faculty of Humanities, HKPolyU)
- 香港理工大學智齡研究院 (RISA, HKPolyU)
- 冼為堅基金有限公司 (Sin Wai Kin Foundation Limited)

**Thank you !!**



**3 Q !!**

謝  
謝  
!!!

*For PDF file, email*

[wsywang@polyu.edu.hk](mailto:wsywang@polyu.edu.hk)

[manson.cm.fong@polyu.edu.hk](mailto:manson.cm.fong@polyu.edu.hk)