

---

# 睡眠你知多少事(八)：睡眠學習簡介

吳京一 董麗珠\*

國立臺灣師範大學 生命科學系

## 壹、前言

「睡眠學習 (sleep-learning, hypnopedia)」，顧名思義是指人在睡眠中的學習。這是否為另一種學習法？遠在 2800 年前的古羅馬時代，人們已經知道睡眠是可以保持、記憶白天所學的內容放在腦內，思想家、教育家且修辭學家 (rhetorician) 的 Marcus Fabius Quintilianus (圖 1) 認為睡眠還可以強化記憶 (Strengthen the memory) (Quintilianus, Google)。在當時，僧侶對在睡殿 (廟)(Slumber temple)裡睡眠的僧徒或已被催眠的病人輕聲誦讀經文或唸出有助益性暗示 (helpful suggestion)，睡眠僧徒就可以加速對經文的記憶或減輕病人身心上的緊張，以調適僧徒或病人之身心、信心上的問題。而現代 2018 年派勒和歐地耶特在科學人期刊的神經科學報導：睡眠學習不是夢。他們透過實驗操控睡眠中的受試者讓其睡前學習的空間位置、氣味等記憶在腦中再次活化的過程，證明睡眠時是可能強化學習(派勒和歐帝耶特, 2018)。本文簡介一些睡眠科學研究者利用科學方法探測睡眠學習可能性的研究結果。



圖 1、古羅馬時代思想家、教育家、修辭學家 Marcus Fabius Quintilianus (C35~C100AD) 圖源自：  
<https://www.goodreads.com/photo/author/238342>

## 貳、睡眠學習研究(包括肯定與否定的研究)

在 1920 年代，在一些有關在睡眠中學習的研究報導後，大家才真正考慮睡眠學習這問題。陸續有持肯定和否定睡眠學習的兩派研究報告。如下介紹。

### 一、Jenkins 及 Dallenbach

在 1924 年美國心理學者 Jenkins 及 Dallenbach 發表了記憶與睡眠相關的研究

---

\*為本文通訊作者

報告，到目前，只要談到睡眠學習問題該報告就被廣泛地被引用。

Jenkins 及 Dallenbach 以兩位大學生為受試者，要他們記住 10 個不具意義的音節(nonsense syllables)，俟他們完全記住，且要能說出 10 個正確的音節後，讓他們分成(1)睡眠組、(2)覺醒組(不給睡眠)兩組。睡眠組之受試者進入睡眠後，經過 1, 2, 4, 8 小時後之四階段，叫醒他們接受測試對這 10 字音節中還記得多少？覺醒組亦在實驗 1, 2, 4, 8 小時後，也接受與睡眠組同樣的測試。結果，睡眠組的受試者在睡眠 1 小時後，還記得 70%左右之音節；2 小時後有 55%左右；4 或 8 小時後還有 55%左右記憶。但在覺醒組則在 1 小時後還記住在 50%左右，然後有急速忘卻之傾向，即經過 2 小時後，只有 30%；4 小時後有 25%；8 小時後只記住 5~15%左右(Jenkins & Dallenbach, 1924)。

此結果顯示睡眠組記住比率相當高，而覺醒組則忘卻甚多。這種現象，據 Jenkins 及 Dallenbach 解釋為睡眠組受試者在此研究中睡眠時，受精神活動的妨礙(干擾)很少，但在覺醒組，因外在刺激經過各種感覺器官進入體內，而抑制了剛剛所學到的記憶所致(Jenkins & Dallenbach, 1924)。

上述研究報告，在日本被曲解為「記憶的保持率是在睡眠中比覺醒中高，若你要學習，只要在睡眠中聽一聽要學習的項目就可以了」。因此在常用的枕頭內放播音器，枕頭外放著錄音機就是所謂的睡眠學習枕(圖 2a)，只要在睡覺中反覆聽著在 endless tape 上已錄音好的所要學習的內容，如英文單字的錄音，就可以達到學習英文單字的目的(圖 2b)。這種商品 1970 年代，在日本賣出了 50 萬台之多。



圖 2a、日本製睡眠學習枕

學習枕內只裝有播音器及計時器，故學習時還需連接自備的錄放音機。本學習睡眠枕在 1970~1980 年代價格要日幣 3 萬元以上(1980 年代，大學新畢業生一般一個月薪水為日幣 11~12 萬圓)。本圖片已與所有者大田政行氏之好意及登載許可。圖源自：<https://utusemibiyori.com/blog-entry-347.html> (image)



圖 2b、此為對睡眠學習器極力推薦之廣告頁。本頁中最吸引中學生及其父母被魅惑的就是頁面最前面二行的幾句話。它短短二行就隱藏著「大家包括你、我、他在晚上同樣都在睡覺，但你雖然在睡覺，但你還在學習。這樣，你的成績一定會很好，與你睡覺的朋友比較，你的成績會好的太多」的意思。另外圖中有 4 位中學生談睡眠學習器使用經驗及效果。圖源自：  
[Sleep.cocolog-nifty.com/blog/2012/10/post-c5de.htm](http://Sleep.cocolog-nifty.com/blog/2012/10/post-c5de.htm)

不過，在後來有些學者認為學生自己在睡眠學習機使用的錄音帶上『重複錄音英文單字(生字)』的過程中，他們似已學習到該英文單字。如此說來它並不是學生在睡眠中學習的結果。社會一般人士有了這看法及認知後，這種睡眠學習機很快就從商場中消失。

## 二、Alois Benjamin Saliger 及精神電話

利用「睡眠學習機」來應付新學習，

不但在日本大流行，在美國也有過類似的大流行。在 Jenkins 及 Dallenbach 的研究報告發表後不久，美國紐約 Saliger (1880~1969)發明有睡眠學習效果的「精神電話(Psycho Phone)(圖 3)。Saliger 認為人不管自然睡眠或被催眠引起的睡眠。在睡眠中的潛意識、心靈是最容易接受外來指令。因此在睡眠中，聽到精神電話中已錄音好的聲音，就有甚好學習效果。這 psycho phone 在紐約就賣出 2500 台以上。



圖 3、Psycho-phone

由 Alois Benjamin Saliger (1880-1969)所發明。圖源自 <https://centerhistorypsychology.files.wordpress.com/2017/01/ben1.jpg?w=435&h=301> Saliger 的相片

Jenkins 及 Dallenbach 之睡眠學習研究報告、睡眠學習機之開發或 Saliger 之精神電話之發明等，激起了睡眠學者之研究興趣，而有些研究報告肯定睡眠學習之效果，但有些報告令人存疑。

### 三、LeShan

1942 年 Lawrence LeShan 以 20 位喜歡咬指甲的男孩為研究對象。在他們睡覺時，利用精神電話重複播放 2.5 小時的「我的指甲真難吃(My finger-mail test terribly bitter)」錄音(一個晚上聽 6 次)。經聽 54 個夜晚後，Lawrence 發現有 40%-8% 男孩們不再咬指甲。LeShan (1942)此對睡眠學習成功之報告，引起多數學者對睡眠學習之研究風氣。

### 四、Simon 和 Emmons

Simon 和 Emmons (1955) 評論過去許多相關的研究報告。認為這些報告中之受試者在受試時，很可能有臨時性的清醒現象。因此 Simon 等人在作睡眠學習研究時，全程利用腦波儀直接監視受試者之各期睡眠深度(圖 4)，並在睡眠各階段給予學習刺激。結果發現睡眠的受試者如果沒有覺醒腦波出現，雖有接受學習刺激，但是無效的 (Simon & Emmons, 1955)。

### 五、Koukkou 及 Lehmann

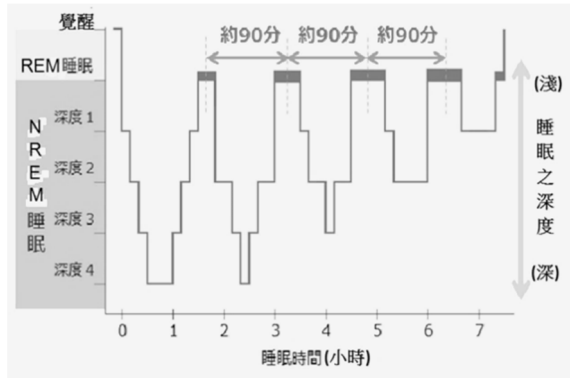
1968 年 Koukkou 及 Lehmann 的報導也認為受試者在 NREM 睡眠時，需要在腦波有 25 秒以上之  $\alpha$  波出現時給予聲音刺激，才能得到預期之效果 (Koukkou & Lehmann, 1968)。

### 六、Bruce 等

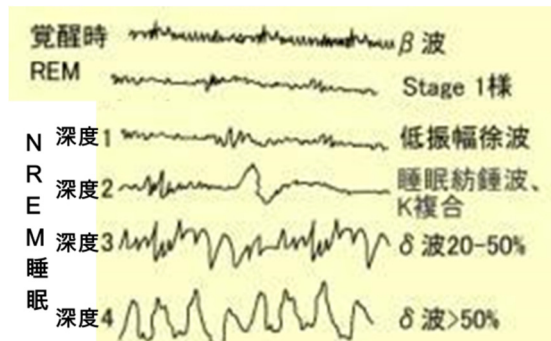
Bruce 等(1970)認為睡眠學習至少要有覺醒時間才有成功機會。因此，Simon 和 Emmons 或 Bruce 等是根本否定睡眠學習之存在 (Bruce, Evans, Fenwick & Spencer, 1970)。

### 七、Aarons

Aarons (1976) 在 Sleep Assisted Instruction (SAI)睡眠學習報告中，回顧有關睡眠學習的綜論，指出蘇聯研究者是肯定睡眠學習，而歐美研究者則採取否定之態度 (Aarons, 1976)。



(a)



(b)

圖 4a、睡眠時 NREM 睡眠與 REM 睡眠交替循環出現；

圖 4b、覺醒及睡眠各期的腦波圖

圖 a 呈現 NREM 的睡眠分為四段不同的深度。它由淺而深，由深度 1 循序進入深度 2、3 至深度 4，90 分鐘後再回到深度 1 並出現 REM；繼而復從 NREM 睡眠的淺而深，再深而淺回到 REM。這樣在一次睡眠期間約有 4~6 週期。

圖 a, b 源自 Google，稍做修改

## 參、條件反射與睡眠學習

條件反射(註 1)是學習行為，這種制約學習能促使進步。條件反射是由反覆的成對刺激以正確的順序出現，即可以獲得預期效果的學習，且結果很明顯。因此研究睡眠學習之學者甚樂意採用誘發條件反射之方法進行研究。

### 一、Arzi 等人的研究

2012 年 8 月，以色列的 Weizmann 科學研究所 Arzi 研究群在 Nature 期刊報導中大膽肯定睡眠中是可以學習的 (Science news, 2013, Aug. 26; Arzi, Shedlesky, Ben-shaul, Nasser, Oksenberg, Hairston & Sobel, 2012)。Arzi 研究群注意到，正常人如果聞到香味或臭味時，在不知不覺中有不同的反應出現，即聞到喜歡的香味時會有長吸

氣，聞到不喜歡的臭味時，呼吸就變淺的自然反應。Arzi 研究群便利用此簡單的所謂古典式條件反射(Classical conditioning reflex)來探討睡眠學習能否成功成立。他們以 55 位正常健康人作為受試者，當受試者在睡眠時，研究人員以除臭劑或洗髮水等受試者所喜愛的香氣，或以令人引起強烈不愉快的氣味，如腐爛的魚或肉等氣味，讓受試者聞，在聞到每種不同的氣味時，同時讓受試者聽到特定之聲音(tone)。受試者反覆接受刺激實驗一段日子後，研究者發現受試者無論晝夜，在沒有各種氣味存在之環境下，只要聽到曾經伴隨著各種氣味有關的聲音，就有深吸或淺吸之呼吸運動。

在此實驗中，受試者是都在睡眠中，因此受試者毫無感受他們在睡眠中接受氣

味及有關聲音刺激。但已經學到了聲音與氣味連結之關係(條件反射)。

在此研究中伴隨著香氣或臭氣的聲音稱為條件刺激(conditioned stimulus, CS)，而因為接受本刺激所引起的深、淺呼吸運動反應稱為條件反射(conditioned reflex, CR)，香氣或臭味所引起的正常呼吸運動之改變為無條件反射(unconditioned reflex, UR)。

此研究顯示受試者在睡眠中已經學到對不同聲音(tone)，可以正確選擇不同反應成果，人在清醒時亦會明顯出現(睡眠學習成功)。

此研究另有一特徵是受試者接受氣味刺激時，因睡眠週期之不同其成績亦有好壞之別。實際上，嗅覺刺激與其反應(深呼吸、淺呼吸)間，若在 REM 睡眠時之刺激比 NREM 睡眠時之刺激較有效，但人在清醒時之學習效果只有在 NREM 時受刺激者才有成功 (Arzi, et al., 2012)。

## 二、新生嬰兒之條件反射睡眠學習行為

在過去的研究結果，已確定新生嬰兒在睡眠中所聽到的語言，或母親的聲音時，會有特別的反應，它與覺醒時之反應完全不一樣。這表示嬰兒在睡眠中也有選擇性的反應。

另外新生嬰兒在覺醒時也會形成條件反射。這表示嬰兒對條件刺激與無條件刺激都可以接受，而有學習的能力。後來也

有證明了這能力可以在睡眠時發生。哥倫比亞大學 Fifer 等，以出生 1~2 日之新生嬰兒為對象，研究他們在睡眠中接受特別頻率的聲音(tone)刺激及吹氣(puff)後，會不會產生瞬目反射(blinking reflex，註 2)，結果睡眠中的嬰兒聽到該特別頻率的聲音(聲音刺激)後，會有瞬目動作(瞬目反射)。其反應及反應時間(Reaction time)亦受刺激愈多次反應率愈高，反應時間亦愈短，且反應現象愈明顯、愈大(實驗 1)。於此實驗過程中，嬰兒頭部始終用腦波儀，記錄腦活動(腦波)。

接著他們以出生一個月的嬰兒為對象，做相同的研究(實驗 2)。其中吹氣刺激是一樣的，聲音刺激多增加一種。兩種聲音刺激，其一是同樣在實驗 1 中所用沒有意義的聲音，只有 tone 信號；另一種是女性的聲音，說「Hi, baby」的聲音。換言之，在實驗 2 中，這種是女性聲音，也就是社會上常用的社會性刺激(social cues)，用以試試這樣不同的刺激，條件反應有無不同。實驗結果，不論用無意義的 tone 或女性聲音刺激，兩者都有同樣有成果，但用人聲音來刺激者其反應較大，且實驗較快成功、成立。惟在實驗 2 需要考慮到 tone 刺激及女人聲音刺激，因兩者的聲音頻率不同，可能會影響實驗之結果。

此研究發現嬰兒在發生學習行為時，在他的前額葉部位記錄腦波，可記錄到與記憶有關的 positive slow wave 成分起了明顯變化。表示嬰兒確定有引起條件及無條件反射(Fifer, Byrd, Kaku, Eigsti, Isler, G-

Fifer, Tarullo & Balsam, 2010)。隨後他們把那女人聲音用逆再生(back ward tone)後再次評估其效果。結果嬰兒在逆再生聲音刺激時亦有學習行為。惟其學習效果只與 tone 信號之成績差不多(Bethany, Fiber, Byrd, Hammode, Levitt & Fox, 2011)。

歸納以上實驗，顯示新生嬰兒在睡眠中是有選擇性地處理其周圍之聲音及學習。

近年來，積極進行著有關睡眠學習之研究。除了已述的 Arzi 等(2012)外，睡眠學習成功之研究報告，還有如聲音與畫像記憶固定化(Rudoy, Voss, Westerberg & Paller, 2009)、樂器演奏(Antony, Gobel, O'Hare, Reber & Paller, 2012)、學習外語(Schreiner, & Rasch, 2015)等多篇報告。

## 肆、睡眠學習與腦內機制

睡眠是自昆蟲至哺乳類均有之正常生理現象。日本熊本大學 Ueno(上野)教授等，研究果蠅頭部一個神經細胞內控制動物的睡眠、覺醒的 Dopamine 神經回路(Neuron circuit)。結果發現除形成記憶有關回路外，還有有關控制睡眠、覺醒的回路。以前都認為有學習行為時，Dopamine 神經系統亦會賦活，誘起了覺醒。因此認為真正的睡眠學習是不可能的。但此熊本大學研究小組的研究結果，表示在果蠅，不必誘起覺醒狀態之下，就可以有學習行為(Ueno, Tomita, Tanimoto, Endo, Ito & Kume, 2012)。

## 伍、睡眠學習與睡眠周期的最近知見

睡眠中是否可形成學習行為？約 100 年來，很多研究結果表示肯定，認為是可以成立的。但還是有些結果是令人存疑的、甚至有否定的研究。Andrillon 研究小組提出假說，認為研究結果不一致，是因在睡眠各期之腦活動情形不同而引起的。法國巴黎 Prerre et Marie Curie 大學及 Brain and Consciousness 研究小組的 Andrillon 等人，在最近的 Nature Communication 雜誌上，指出睡眠中確實可以形成新學習，不過那是只有在特定之睡眠時期內完成的。換言之，在 REM 及 NREM 之前期中學習行為容易形成，但在 NREM 的後期，則相反，有抑制學習之作用 (Andrillon, Pressnitze, Léger & Kouider, 2017)。

## 陸、結論

睡眠自古代羅馬時代就被認為與記憶有關，它是可以強化在白天所學到的事項，使它記憶於腦內。近代發現它不但可以強化記憶，還證明它有學習行為。近年來有多篇研究睡眠學習論文，絕大多數是肯定睡眠學習法之成就。也有極少數的研究報告，似有些懷疑其研究結果。惟見其研究方法，大部分是學習刺激時間點之不正確所致。

從事睡眠學習的研究者們，現在正欲需要證明有關睡眠學習的神經網與正常在白天學習所用之神經網是否同一種的腦內機制？以期證明睡眠學習為正常，且是正規的學習法。

## 備註

### 註 1：條件反射 (conditioning reflex)

條件反射是學習行為。古典條件反射 (Classical Conditioning Reflex)，又稱為“巴夫洛夫條件反射。巴夫洛夫 (Ivan Pavlov, 1870-1932) 進行如下圖實驗：將食物放在狗口內，可看到狗分泌出多量唾液 (A)。但如只給鈴聲，狗就沒有唾液分泌 (B)，若鈴聲與食物一起給牠，就有唾液分泌 (C)。多次重複”C” 實驗後，狗只要聽到鈴聲就有唾液分泌 (D)。表示狗已學到了



### 註 2：瞬目反射 (eye blinking reflex)

CS 通常用聽覺刺激或視覺刺激，US 的強度即用溫和的吹氣或電流刺激受試者眼睛角膜或眼瞼，使眼睛引起輕度眨眼的強度。如此 CS+US 的條件下，

聽到鈴聲就分泌唾液之學習行為。在此，鈴聲為條件刺激 (conditional stimulus, CS)，而因鈴聲引起的唾液分泌為條件反射 (Conditional reflex, CR)；另外吃食物引起的唾液分泌為無條件反射 (unconditional reflex, UR)，食物為無條件刺激 (unconditional stimulus, US)。

巴夫洛夫以條件刺激與無條件刺激作適當的組合 (稱為強化 reinforcement) 認為大腦皮質內有機能上的新結合，此為古典條件反射。

重複刺激受試者的眼睛或眼角膜，就會產生眼睛或眼瞬膜的閃爍反射 (CR)。CR 出現的頻率，因動物的種類不同而有差異，在家兔有 90% 以上成功學習率。



## 參考文獻

- 派勒、歐帝耶特 (謝伯讓 譯) (2018.12) : 睡眠學習不是夢。科學人, 202, p35-39.
- Aarons, I. (1976). Sleep-assisted instruction. *Psychological Bulletin* 83(1), 1-40
- Andrillon, T., Pressnitze, D., Léger, D. & Kouider, D. (2017). Formation and suppression of acoustic memories during human sleep. *Nature Communications*, Aug. 8. 8(1)179 DOI: 10.1038/s41467-017-00071-z
- Antony, J. W., Gobel, E. W., O'Hare, J. K., Reber, P. J. & Paller, K. A. (2012). Cued memory reactivation during sleep influences skill learning. *Nature Neuroscience*, 15(8), 1114-1116
- Arzi, A., Shedlesky, L., Ben-Shaul, M., Nasser, K., Oksenberg, A., S Hairston, I. & Sobel, N. (2012). Humans can learn new information during sleep. *Nature Neuroscience*, 15(10), 1460-1465. Doi:10.1038/nn3193
- Bethany C. R-S., Fifer, W. P., Byrd, D. L., Elizabeth A.D. Hammock, E. A. D., Levitt, P. & Fox, N. A. (2011). One-month-old human infants learn about the social world while they sleep. *Developmental Science*, 14(5), 1134-1141
- Bruce, D. J., Evans, C. R., Fenwick, P. B. C. & Spencer, V. (1970). Effect of presenting novel verbal material during slow-wave sleep. *Nature*, 225, 873-874
- Fifre, W. P., Byrd, D. L., Kaku, M., Eigsti, I. M., Isler, J. R., G-Fifer, J., Tarullo, A. R. & Balsam, P. D. (2010). Newborn infants learn during sleep. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(22), 10320-10323
- Jenkins, J. G. & Dallenbach, K. M. (1924). Obliviscence during sleep and waking. *The American Journal of Psychology*, 35, 605-612
- Koukkou, M. & Lehmann, D. (1968). E EG and memory storage in sleep experiments with humans. *Electroencephalography clinic neurophysiology*, 25(5), 455-468
- LeShan, L. (1942). The breaking of a habit by suggestion during sleep. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 37(3), 406-408. doi:org/10.1037/h0057703.
- Quintilianus (Google): <https://Zeppinbook/noukinae>
- Rudoy, J. D., Voss, J. L., Westerberg, C. E. & Paller, K. A. (2009). Strengthening individual memories by reactivating them during sleep. *Science*, 326(5956), 1079.
- Schreiner, T. and Rasch, B. (2015). Boosting vocabulary learning by verbal cueing during sleep. *Cerebral Cortex*, 25(11), 4169-4179
- Science news. 2012, Aug. 26. Sleep learning is possible: Association formed when asleep remained intact when awake.
- Simon, C. W. & Emmons, W. H. (1955). Learning during sleep? *Psychological Bulletin*, 52(4), 328-342
- Ueno, T., Tomita, J., Tanimoto, H., Endo, K., Ito, K., Kume, S. & Kume, K. (2012). Identification of a dopamine pathway that regulates sleep and arousal in *Drosophila*. *Nature Neuroscience*, 15(11):1516-1523 doi:10.1038/nn.3238