



睡眠的生理



吳京一 師大生物研究所

壹、睡眠與覺醒

如果把吾人日常生活的節奏置於二十四小時之單位上，則大部份成人的節律，是由八小時的睡眠期及十六小時的覺醒期，輪流交替的。換句話說，一個人每天二十四小時的生活過程，只可分為二種，一為睡眠，一為覺醒之狀態。人在睡眠時，其狀態與年齡、性別、社會上的地位都無關，而是千篇一律的。相反地，人在覺醒中之生活方式與生活內容，却隨各人之年齡、教育、思想、或男女性別之區分，而產生很大之差異。

外界與每個人之間的接觸情形，由於個人的職業、地位等的社會條件及氣象、地理等的自然條件，以及每一個人所持有的獨自的教育、思想、意志等內在條件之不同，以致表現出各種極為複雜的行動、態度和姿勢。這些表現必須在具有衆人所公認的——包括自己的肯定——覺醒狀態的基本條件下，才可以發生。所謂覺醒狀況的基本條件，就是“有意識”的狀態，意識的狀態是什麼？至今仍然議論紛紛，未有明確的定論。今姑且下一定義，所謂意識是：凡可以發揮對刺激引起適宜而正確的反應、思考、判斷、記憶等，精神機能的條件之謂。在正常覺醒中、意識的水準，雖能隨時變動，但在某種範圍之內可以保持某種高度的水準，而不致引起病態的覺醒情況，稱

為生理的覺醒水準。如果超出這水準甚多，即是脫離正常覺醒狀態的興奮狀態，相反地，如人不能達到這正常水準，即是在睡眠，或朦朧狀態，而對與外界之接觸就被遮斷。但這並不是表示「沒意識的存在」，而是「意識水準之極度降低。」

對於睡眠之正確解釋，因“意識”這一名詞，既不能定下定義，因此“睡眠”這一詞，也很難下定義。Oswald (1962) 曾斷言「定下能使所有人滿意的“睡眠”定義，是不可能的事」。因為外觀上雖可列舉睡眠的各種條件，並不包括睡眠現象的全部情況，且其條件本身之意義不明確，而各專家、學者之想法，也見仁見智。舉例說，Jung (1963) 認為「睡眠是有機體的運動被控制，而自外表看來，卻指與環境隔絕狀態下植物神經性 (Vegetative) 之調節」。Kleitman (1963) 認為「通常，睡眠被認為是健康成人活動方式 (覺醒狀態) 的臨時性停止狀態。吾人要給“睡眠”下一簡明的定義，恐怕不太可能。因為睡眠之特徵，為一般感覺性，反射性及運動性活動的停止。這些活動的停止，並不是由於外來的條件，而是內部的需要所引起的。睡眠的另一特徵，為它保有覺醒的能力，因此，可由昏睡或麻醉等顯示其差異」。Hess (1944) 列舉貓正常睡眠狀態的判定基準如下：即「閉目，瞳孔縮小，瞬膜弛緩，骨骼肌肉弛緩，攻擊性減退，感覺機能的反應及準備性減少，可以回復覺醒

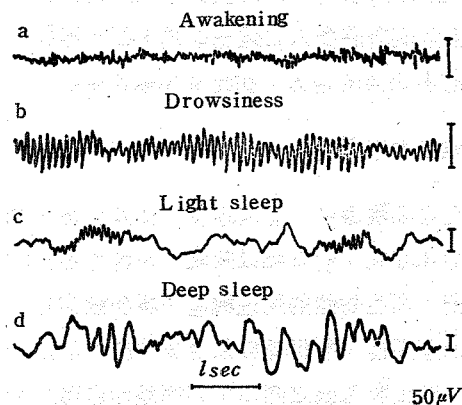
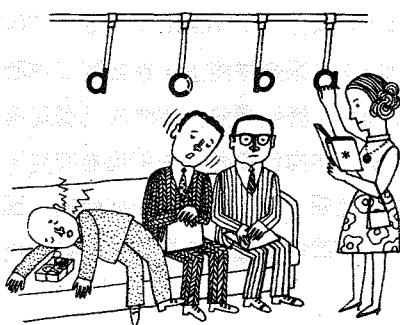
狀態等。又 Asahina (1965) 認為睡眠的特徵是：「(一)對外界之連繫或反應性的不適應化和降低或消失。(二)感覺刺激閾值之上升。(三)所謂“睡眠姿勢”之保持及大多數骨骼肌的運動之遲鈍或減少或消失。(四)必定可以覺醒，換言之，是可逆性意識水準的降低」。

在我們日常生活中，要判斷別人是否已睡，多半以他的姿勢和動作，為判斷的主要指標。譬如，眼皮下垂，靜靜地橫臥，或頭部做所謂“瞌睡運動”等，靠我們的直覺來判斷他在睡覺。但要判斷或假睡，及鑑別其是否有意識障礙時，就困難了。要解決這困難，並作較客觀的判斷，最可信賴的，便是記錄腦波。

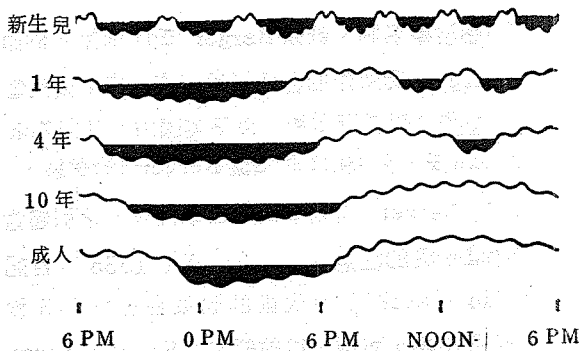
貳、睡眠腦波

最先證明動物之腦內有電氣現象的，以英國的 Caton 氏為嚆矢 (1875)。他認為家兔或猿猴腦內的電氣和腦的活動可能很有關係。迨至 1924 年，德國精神科醫師 Berger 氏開始對人類之腦波作有系統的研究，並自 1929 年起，陸續發表其一連串的業績。現在我們所用的腦電圖 (Electroencephalogram, E.E.G.)。α 波，β 波

等電腦波學名詞，就是 Berger 氏所創用。然而，Berger 氏所作的各種優秀研究報告，未為當時之德國醫學界所重視，直至英國有名的醫學者 Adrian 氏，在 1934 年追蹤 Berger 氏的業績，證明了 Berger 氏之業績的正確性後，才引起當時學者廣泛的注意。Loomis 氏 (1935) 曾記錄了 14 / sec 非常有規則的腦波在 1 ~ 1.5 秒內繼續出現，而稱它為紡錘波 (Spindle burst)。成人的正常睡眠，隨著睡眠過程的進行，有一定頻率之腦波以一定之順序出現，而其表面腦波由於誘導部位之不同，則稍有差異。第一圖，是從頭部所誘導的腦波記錄，因其意識狀態不同，使腦波型式 (Pattern)，亦有很大的差異。意識明晰，對周圍環境之改變非常注意且有很活潑的精神活動時，(圖一 a)，即有比 α 波還小的 β 波 (20 ~ 30 μv, 14 ~ 25 cps) 的低振幅波速出現。如果閉目養神，精神較安定時 (圖一 b)，有 α 波 (30 ~ 60 μv, 8 ~ 13 cps) 混入，對於周圍之關心忽有忽無的狀態。一旦進入睡境 (淺睡) (圖一 c)，除有 4 ~ 7 cps 之 θ 波出現外，14 cps 的紡錘波，亦常在 θ 波內出現。至於甜睡 (深睡) 時 (圖一 d)，則有大振幅的



圖一 意識狀態與腦波型式之關係；左圖中之 a (手持住) 與右圖 a 相對，以下 b、c、d、亦同。a：覺醒時，b：精神安定時，c：淺睡時，d：深睡時。



圖二 新生兒，生後一年、四年、十年及成人的睡眠之週期性。黑影表示睡眠，黑線表示覺醒。注意：(→)黑影愈深表示睡眠愈深。(→)睡眠時的大週期中有小週期。

0.5~3 cps 的 δ 波的徐波出現。睡眠腦波中，低振幅速波或高振幅徐波之出現，並不只是睡眠時所特有的，而紡錘波雖然是較為特殊的波形，但它的出現，是在睡眠波形中最為具有特徵者。當然，不能只以這紡錘波之出現代表睡眠期，但是由上述各種波形來觀察入睡期至深睡時之腦波波形的變遷，這些波形對睡眠之有無，實為一有力的確認方法。

叁、睡眠之性質

睡眠時所表現出來的性質，雖然人人各異，如檢查並統計許多人之睡眠樣式，即不難發見其中有許多相同的地方，在此簡單舉例說明之。

一、睡眠有週期性

在自然現象中，有因地球自轉及公轉而來的顯著節律存在，它直接或間接地影響生物體的生理機能。而生物體的生理機能，極多數亦有一定節律的週期性，惟仍受自然現象的節律的影響。例如：睡眠和覺醒之節律，亦因地球自轉所引起的晝夜交替，因公轉所引起的四季之更換，使週期有所影響。

Kleitman 曾研究睡眠與覺醒之週期，強

調了一天二十四小時中的體溫與睡眠覺醒的密切關係。他研究新生兒至十三歲的兒童在連續十天之內體溫的變化，發現晨間時的體溫為最低，下午為最高，而這體溫節律與睡眠節律之間，常受到生活，社會及自然環境等條件的影響。

睡眠之週期，大體上依年齡而有改變。第二圖表示新生兒及成人的睡眠週期之變化。圖中有一週期中，還有許多小週期。新生兒的小週期為 50~60 分鐘，幼兒為 60~70 分鐘，成人為 80~90 分鐘，而這小週期，在乳兒是因有饑餓程度之分，而在成人，則因有做夢而有一週期之分。由圖我們知道，在新生兒的睡眠相為多相（峰）性，與晝夜之節律沒有關係；而成人為單相性，因受晝夜之影響大。這睡眠相之變化，很可能與腦幹網狀體（Brain stem reticular formation）之成熟與否有關。Hoff 氏曾把二十四小時分為營養向性期（trophotropic phase）及工作向性期（ergotropic phase）兩期。前者指夜間，而後者指白天；他把這兩種時期內各種身體狀況的機能變化的比較，做一表格（表一）。

Pirtkien 研究乳兒的脈波（pulse wave），脈搏數，皮膚的彈性等自主神經系統的機能，發現都有節律，對成人的聽力上限（Upper limit），閃爍值（flicker value），等體性（somatic）各系統機能上，亦曾發現有趣的變動。一般而言，體性機能在夜間成為營養向性期，白天成為工作向性期外，中午也有較短，較濃厚的營養向性期，然後再有工作向性期，至晚上八點鐘左右開始向營養向性期，至睡眠為止。（圖三）

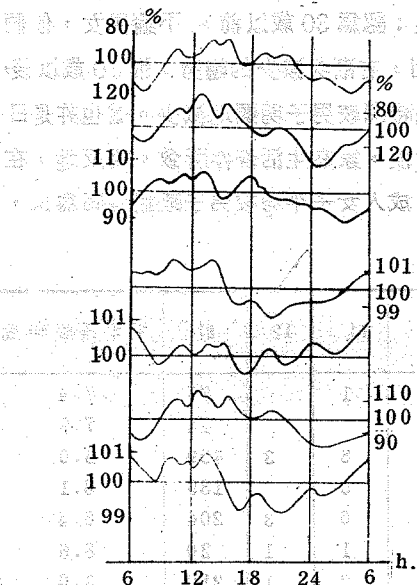
二、睡眠時間

睡眠時間隨年齡之不同有很大的差異，而年齡愈大，睡眠時間愈短，這是眾所皆知的事實。

Kleitman 對新生兒、乳兒、小孩之睡眠時

(表一)

項目	營養向性期(夜)	工作向性期(晝)
體溫	<	>
基礎代謝	<	>
鹼藏(Alkali reserve)(註1)	<	>
腎上腺素(血液中)	<	>
淋巴球	<	>
網狀紅血球(reticulocyte)	<	>
嗜伊紅白血球(eosinophil)	<	>
脈搏數	<	>
血壓	<	>
肺活量	<	>

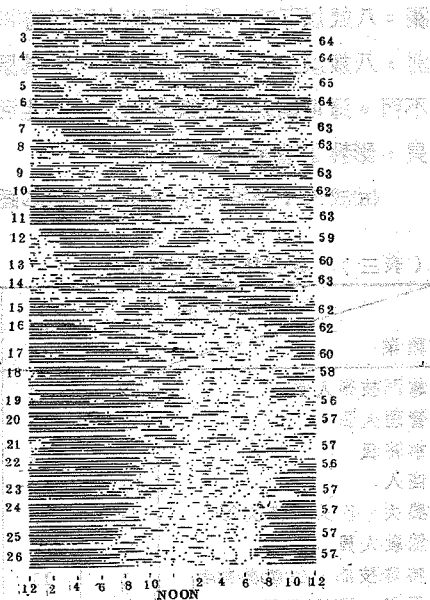


圖三 在二十四小時內身體各種機能的相對變化 (Pirtki-en R. Internat. Z. angew. Physiol., 16, 1956)
由上而下, 皮膚彈性抵抗值, 皮膚血管脈搏數, 脈搏數, 閃爍值, 聽力上限值, 動作機能的平均值, 感覺機能的平均值。

間, 有如下之報告(圖四)

(一) 新生兒: 大約為 20~22 小時, 不過也有 10.5 小時之極短時間的例子。單一睡眠週期之時間為 2.1~10.0 小時, 平均 4.4 小時, 但個人差異很大。生後三週至十四週中, 其夜間及日間之睡眠時間如表二:

(二) 生後二年: 睡眠時間大約為 13~14 小時



圖四 生後 11~182 日的新生兒之觀察。(Kleitman. N. Sleep and Wakefulness, univ. of Chicago Press., 1963, 1964.) 橫線表示睡眠, 空白部為覺醒, 黑點是授乳。左軸數字為「週」, 右軸數字為睡眠時間的百分率(%). 注意: 生後時間愈長, 覺醒期集中在一起, (大約上午 8 時~下午 8 時之內), 而且愈相似於單相性覺醒睡眠型式。

(表二)

	夜間睡眠	日間睡眠
生後三週	8.4 小時	6.4 小時
生後十二週	10.1 小時	4.7 小時
生後十四週	10.1 小時	3.8 小時

註 1 鹼藏(Alkali reserve): 指血液中的重碳酸鈉, 它的主要功能是調節血液中的酸鹼度。

，個人差異減少。但日間睡眠時間，則漸次減少，有的生後二年，就沒有午睡，最後至七歲時，午睡就可有可無了。

(三)生後五年：平均睡眠時間為 12 小時，同時多相性睡眠開始移行到單相性睡眠。在這年齡多半是國小入學前期，而 White 氏認為智能係數 (I.Q.) 愈高的小孩，其睡眠時間愈短，但此說法，至今還沒有定論。而 Asahina 則認為這種智能係數與睡眠時間的長短，沒有多大關係。

(四)學童 (生後六~十三年)，大約為 8.5 ~ 10.5 小時，一般而言，學業成績與睡眠時間無關。八歲以下時，男女學童之睡眠時間，沒有差別，八歲以上，始有男女之別，惟其原因，至今不明。這可能是男孩與女孩之間的生活環境之差異，影響了睡眠時間。

(五)成人：平均八小時為最普遍的睡眠時間，

當然成人之睡眠時間，依入眠、覺醒時間、職業、生活環境之不同而有某種程度的差異。因此，時代之變遷，可能會有多多少少的變化。

Laird 曾就 509 個美國人，Bram 曾就 1000 個居於領導地位的科學家、藝術家、政治家等的睡眠時間作過調查，在這項報告中，顯示他們平均約有八小時的睡眠時間，惟其中只有 2 % 的人，只有 5 小時或 10 小時之睡眠。

日本 Matsui，曾就健康人睡眠狀態之統計上觀察，如表三、表四。他曾觀察 0 ~ 80 歲的男女性，計 6107 人，統計觀察，結果發現有如下的趨性：認為 30 歲以前，不論男女，他們的睡眠時間，有漸次減少的趨勢，惟 40 歲以後，女子之睡眠時間較男子明顯地減少。這也許是日本的社會習慣，家庭生活條件所致。相反地，在歐美各國，成人女子平均較男子睡眠時間為長，

(表三) 職業種類與睡眠時間

職業 \ 睡眠時間	5	6	7	8	9	10	11	12	計	平均睡眠時間
專門技術人員	2	4	27	28	11	4	1		77	7.4
管理人員	1	2		6	2	3			14	7.9
事務員	2	24	102	187	91	22	8	3	439	8.0
商人	1	15	22	46	36	5	5		130	8.1
農夫、樵夫、漁夫等	1	4	33	78	55	24	6	3	204	8.4
駕駛人員			2	8	8		1	1	20	8.6
特殊技能、生產勞動者	1	11	50	98	39	8	2	1	210	8.0
服務人員		1	5	6	2				14	7.7
失業者	1	4	20	37	17	11	3	2	95	8.3
計	9	65	261	494	261	77	26	10	1203	

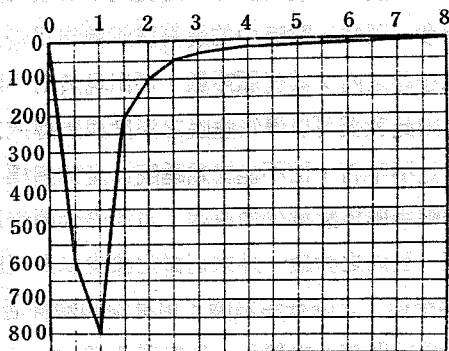
(表四) 學生及一般社會人的睡眠時間

年 齡	學 生			一 般 社 會 人		
	人 數	平 均	士 標 準 偏 差	人 數	平 均	士 標 準 偏 差
16	138	8.10	1.04	103	8.24	0.96
17	176	8.01	1.28	78	8.12	1.13
18	141	7.36	1.14	81	8.25	0.96
19	48	7.49	1.26	67	8.12	1.05
20	69	8.12	1.35	51	8.29	1.11
21	57	8.17	0.78	35	8.28	1.44
22	28	7.59	1.11	14	8.21	1.88
23	24	8.01	1.55	25	8.43	0.54
24	18	7.45	0.80	27	8.16	1.29

這也是其生活條件與日本不同之故。

三、睡眠的深度

研究睡眠，除了睡眠時間外，當然，其深度亦係研究的對象。測定睡眠深度的方法，Kohlschütter 在 1862 年以吵醒睡著的被驗者，所需要的聲音大小當做睡眠深度，發現睡眠之深度，以入睡後 1~3 小時為最大，然後逐漸減少。他曾實驗以鎚子打平板所產生的聲音做為刺激，而以平板振動之程度為睡眠的深度。（圖五）



圖五 依Kohlschütter法 (Kohlschütter, E; Z. ration Med., 17, 1862) 的睡眠深度曲線，縱軸為聲音大小的單位，橫軸為時間（小時）。

Michelson 亦曾以聲音做同樣的實驗，但他的實驗法與 Kohlschütter 不同。他投下懸空的金屬球而使發生聲音，以其落下距離為刺激的大小。換句話說，以其距離大小做為睡眠深度之測驗。他以此方法劃出一個人連續睡眠的曲線，把睡眠分為晨間型與夜間型，前者是在晨間睡得很深，而後者則在入眠以後約 2~3 小時內，睡得最深。

除了聲音外，光線、電等的刺激，亦曾被應用，而以其刺激閾值（threshold）（註 2）之上昇或下降為睡眠深度之指標。其他如脈搏數、皮膚電抵抗、血壓、肺泡之二氧化碳分壓，甚至刺激鼻腔引起噴嚏的刺激閾值等等之變化，

亦曾被應用在測定睡眠深度之用。

Wagner 以痛覺、觸覺、嗅覺及音刺激來研究新生兒 197 人的睡眠深度；他以對這些刺激反應之大小，把睡眠之深度分為下列幾個不同的時期：

(一)覺醒期：具有活動性，雖為安靜狀態，但每一身體小部份都有微細動搖，尤其是嘴與眼時常在動。

(二)淺睡期：身體的各部份小動作繼續存在。閉目時，上眼瞼時常在動。

(三)移行深睡期：身體安靜，偶爾有眼瞼、嘴部及身體小部份的微動。

(四)深睡第一期：眼瞼、嘴部之運動全部停止，但身體各部份之小動作仍然存在。

(五)深睡第二期：身體的動作全部停止，呼吸不規則。

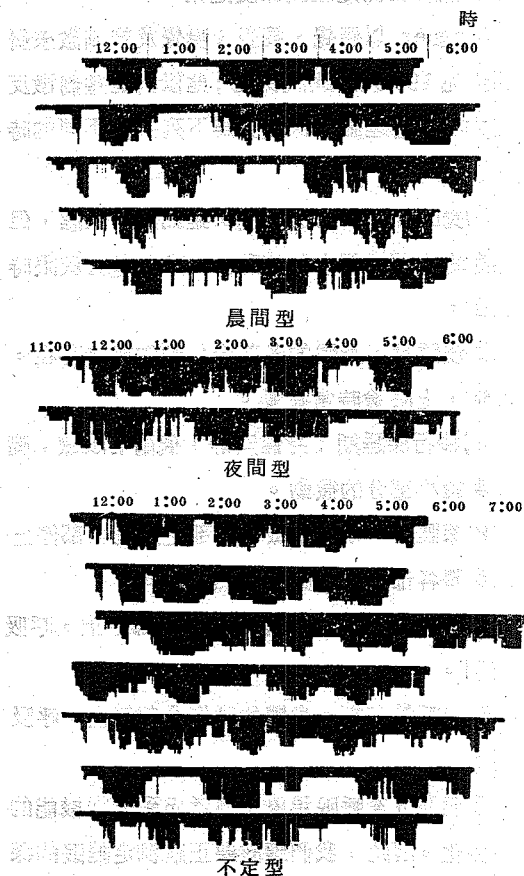
(六)深睡第三期：身體的動作全部停止，呼吸規則。

我們要研究睡眠現象，要考慮到睡眠機能量的變化。因此，我們應該要正確測定睡眠的深度，惟睡眠之深度，最不易測定。Wolsch 曾試驗刺激閾值是否相當於睡眠之深度，最後指出了其不合理之處。於是他提倡覺醒時之閾值為決定睡眠深度之某一重要因素，用來發展他的理論。他認為在睡眠中某一點的睡眠深度的積分，就可窺知全睡眠過程中的睡眠量。

如前述，睡眠量的概念，至今還沒有建立完善的解釋，這是將來尚須解決的問題。

現在睡眠深度之指標，最有力的是睡眠腦波，雖然它與睡眠量的關係至今還未完全瞭解。Asahina 曾在自然睡眠的全部過程中，記錄其全部的睡眠腦波，並觀察每一分鐘內的睡眠腦波依其深度分類而作一圖（圖六）。由此圖可知，晚間自然睡眠之間，有 3~5 次，每一次有 60~90

註 2 刺激閾值（threshold）指引起最低（小）反應所需要的刺激強度。



圖六 依睡眠腦波分別的各種睡眠型式。圖中黑影表示睡眠期，振幅表示睡眠深度。

分鐘長的深睡眠期。每一深睡期與深睡期中介有淺睡眠期或覺醒型式之腦波。當然全部睡眠，包括3~5次的深睡眠期內的單一週期，常有較小的變動存在。觀察這睡眠圖，我們不難發現，睡眠全過程中，深睡時期有偏於前半部或後半部，或者全經過中平均分布的三種。他臨時分為「晨間型」、「夜間型」、「不定型」之三種類。Asahina發現，一旦我們有了某種睡眠型式，即很少能夠改變。換句話說，每一個人的睡眠型式，大多數是固定的。這也許是由於各人職業或生活方式之不同所致。

四、睡眠時所發生的各種現象

(一)循環與呼吸

睡眠中的種種生理機能及活動樣式，因其意識水準之改變，會引起各種變化，而有的被利用於表示睡眠之深度。以前我們常常利用的是脈搏數與呼吸數的減少。惟脈搏數之減少，並不能正確地表示睡眠的深度。由Pieron最近之研究中，調查了十八個人的脈搏數，發現立位每分鐘有77.8，坐位有65.3，臥位有61.2的脈搏數。當然這些數目與睡眠完全無關。Boas氏或Lange氏曾研究，雖然睡眠時沒有例外的會減少脈搏數，但睡眠中的最高脈搏數比覺醒中的最低脈搏數還多。同時，睡眠中的最高脈搏數出現於入眠後二小時之內，其低脈搏數，係出現於七小時左右。因此我們可以得知睡眠之深度與脈搏數之減少，並不平行，而不能成為睡眠深度的指標。

睡眠中脈搏數減少的原因，可能是代謝作用之降低，肌肉之弛緩，外來刺激之減少以及反應性（感受性）之降低等有關；但身體和精神活動水準（活動閾值）之變化，也需要考慮。

Hildebrandt氏曾以脈搏數／呼吸數為指標，研究二十四小時內其值的變化，發現每日上午4~5點鐘就有 4 ± 0.5 的數字，如果，未達到或超過這數目時，即可以判斷被驗者身體有毛病。

睡眠中的呼吸測定，通常與脈搏測定同時舉行，而其報告多數表示呼吸數減少，肺泡內二氧化碳分壓上昇，氧氣攝取量減少，但也有相反的報告。

Schepard氏，Reed氏等發現睡眠的呼吸型式，多為胸式呼吸，而且較有規律，但也有陳施氏型呼吸（Cheyne-Stokes breathing）（註3）者。一般言之，全換氣量及肺泡內的換氣量在睡眠中都會減少，不過其差為5%~50%之大，這是因為測定時之睡眠狀態、姿勢、年齡

註3 陳施氏型呼吸（Cheyne-Stokes breathing）：指充血性衰竭（congestive heart failure），尿毒性（Uremia），腦部外傷（Brain injuring）時可發生之間歇性呼吸之謂。

，及其他原因所致。

睡眠中二氧化碳分壓上昇的原因，並不是因為二氧化碳之生產量增加所引起的；一般認為是呼吸中樞對二氧化碳的感受性降低，致影響呼吸。氧氣攝取量的降低，有很多參差的報告。不過大概說來，成人有10%以下，小孩有20%以下的降低。

(二)血液成分

pH 值：睡眠中血液內二氧化碳增加，引起血液傾於酸性，惟其程度較小，pH 值降下程度在0.03~0.04之範圍內。

血糖值：血糖可能會降低，這是因為睡眠中不吃食物，且腎上腺活動降低所引起。由Buor-donno之報告，血糖值由80mg/dl降到58mg/dl；又由Chiff之報告，謂血糖值愈低睡眠亦愈深。Dienst以動物為實驗對象，發現注射胰島素所引起人為低血糖的動物，容易引起睡眠，注射麻醉藥所引起的睡眠，亦使血糖值有下降的趨勢；因此，低血糖對人為方法所引起的睡眠，可能有關。

其他：Cooperman 報告，人或其他哺乳動物，例如：狗在安靜休息時，血清內全鈣質量有明顯降低現象，但能夠變化為離子（ion）的鈣，就相反地增加。他對於這問題解釋如次：動物躺二小時後，血漿量、身體全血量，都會增加15%；因此，血清蛋白濃度顯著地變為稀薄，同時其他血液內成分濃度，亦將降低。除了血液鈣成分有變動外，血清蛋白是從8.1%減少到6.9%，紅血球數目，是從480萬/mm³減少到430萬/mm³，而血球比容（Hematocrit）（註4）則從43.6%降至40.3%。

歸納以上所說，也許可以認為睡眠時的血液成分之變化，可能大部份是起因於安靜臥位有關，因此，我們要注意判斷某種結果是否為睡眠本身的效果。

(三)溫度

A. 體溫：依Kleitman之研究；人在臥位時，體溫（直腸溫度）就開始下降，而入眠以後，體溫不能再下降。晨間體溫，比夜間入眠前體溫還低0.5°F。這可能與人在晨間時的各種動作遲鈍有關。

喝酒後睡覺，在睡眠過程中，前半部的體溫低，後半部的體溫較高，這時候，身體動搖亦較多。

B. 腦溫：Serota 曾研究腦內之下視丘及皮質各部有「溫度測定計」的26隻貓的腦溫。發現下視丘的腦溫，無論在覺醒或者睡眠狀態，都比皮質高0.1~0.5°C；貓在興奮時，下視丘、皮質的腦溫，都會上昇，身體運動、坐着或攝食時，腦溫會增加0.2°C，在睡眠中，則都會降低，其下視丘的溫度會下降0.3~0.5°C。

(四)尿

據Pieron之綜合報告，在十六例中，有十一例在睡眠中會減少尿量，但五例反而會增加。對尿中的pH值，大部分認為傾向於酸性。其理由有二：一為二氧化碳在血液中增加，使血液傾向於酸性，影響尿之pH值。二為夜間饑餓。尿中之Na、K、Cl等離子之變化，亦有很多的報告，但這些離子的變化與血液成分之變化成平行，與臥位、肌肉弛緩、低體溫、饑餓，或者內分泌之活動等有關。因此至今不敢斷定睡眠對尿成分的影響。

(五)消化

以前，一般人都認為睡眠與消化無關，但也有睡眠時，唾液、胃液、膽汁等分泌降低，唾液pH值降低（傾向於酸性），胃蠕動增加等的報告。

(六)皮膚電抵抗值（Galvanic Skin Reflection, G.S.R）

這抵抗值，最初Regelsberger 稱為皮膚電

註4 血球比容（Hematocrit）：指血球在血液中所佔有的百分率。

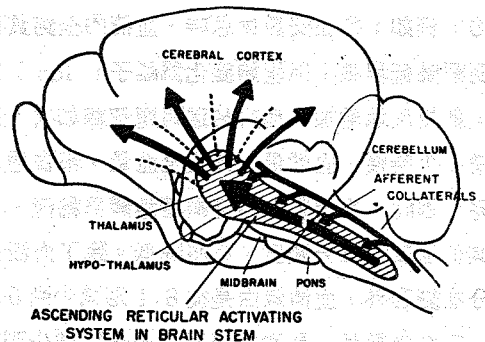
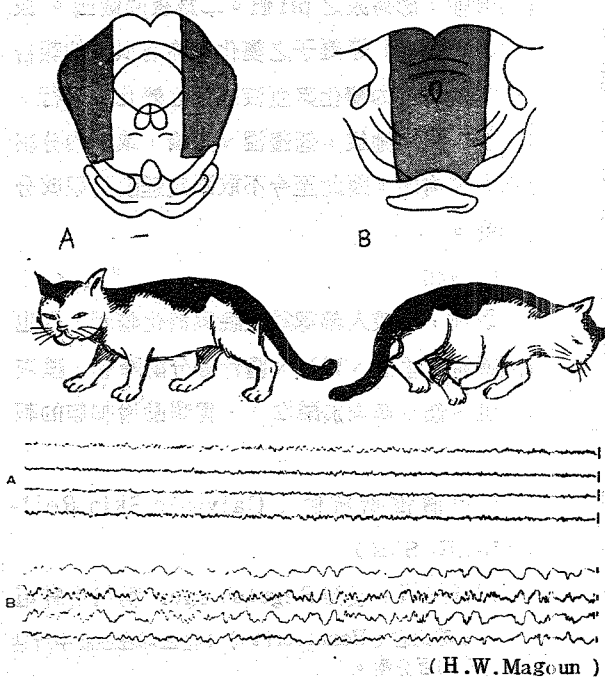
圖 (Electrodermatogram)，認為在睡眠中抵抗值會降低，引起導電度的升高；除了睡眠時外，在飯後、中午、黃昏時，其抵抗值亦會減少。

皮膚電抵抗值之變化，主要是受了發汗，汗腺活動等狀態之影響。而這些狀況，都是在交感神經支配下的狀態。因此它與意識水準亦不無關聯，且測定方法不同，其抵抗值亦不同。但就一般而言，睡眠時，手掌的皮膚抵抗會增大。即是說，覺醒期有 $5 \sim 10 K\Omega$ 的抵抗值者，在睡眠時會增加為 $50 \sim 100 K\Omega$ 左右。這抵抗值隨著運動減少或徐脈搏增加，而成為睡眠深度之指標。但據 Asahina 之實驗，抵抗值與睡眠深度並不平行，因此他反對把這抵抗值應用在測定睡眠之深度上。

肆、睡眠的發現機制

有關睡眠在醫學之研究，早在 1890 年就已

有人提出報告。Mauthner 曾觀察歐洲所流行的嗜眠性病患的腦，發現第三腦室等部的灰白質有傷害，同時病患身上有高度的浮腫，認定這些部位中斷了興奮的傳導，而引起意識障礙成為嗜眠性疾患。當時，另有 Lépine 認為睡眠之原因，係由於神經細胞突起退縮後，神經突觸的神經接觸會脫開，引起興奮傳達之遮斷 (Blocking)，因而引起睡眠。到 1900 年，Pieron 依據他的動物實驗結果，認為睡眠是有一種催眠性物質叫做睡眠素 (hypnotoxin) 產生在覺醒的動物體內，而引起睡眠。這些 Pieron 的學說，前述的興奮遮斷說，或腦部血流缺乏之說，或者欠氧說等現在皆在重新考慮，追試和討論中。1916~1917 年，歐洲嗜眠性腦炎又大流行時，Economo 氏發現病患腦部的間腦、中腦有特異的炎症性變化之痕跡，推定這部份為覺醒及睡眠的中樞性機制之所在地。而在 1923 年才開始發表出來。至 1927 年前後，Pavlov 氏發表基於條件反射理論的



圖七 Magoun 氏 (Magoun, H.W. The Waking Brain. Charles C. Thomas publisher, 1963) 的實驗及“腦幹網狀體致活系”的說明圖。

在左圖，A：選擇破壞腦幹外側部感覺神經路時的貓的意識狀態及其腦波，B：選擇破壞腦幹中心部的網狀體時的意識狀態及其腦波。

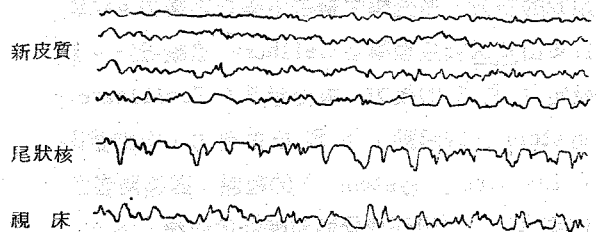
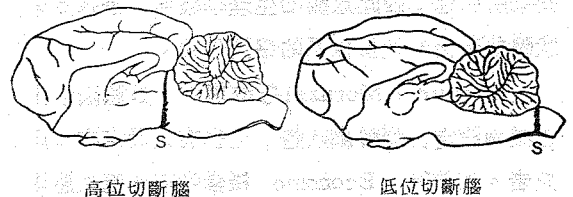
在右圖：腦幹網狀體致活系。圖中：Cerebral cortex 大腦皮質，Cerebellum 小腦，Thalamus 視丘部，Hypothalamus 下視丘，midbrain 中腦，pons 橋腦，Afferent collaterals，傳入性側枝神經。詳細說明請看本文。

睡眠內抑制說。1929年Kleitman曾寫了一篇睡眠研究之總說，並主張內在及外來刺激向中樞的傳導被遮斷，對睡眠的發現，有重大的意義；同時，強調了肌肉自己的受容器（Receptor）所發出的衝動（impulse）的次數減低，或者被遮斷為引起睡眠的最大原因。1950年以後，急速發達的電生理學，幫助解決有關睡眠的問題，因此才有大規模的深入研究。最近，在腦研究領域中的生物學者、基礎醫學者、及臨床醫學者，都很注意睡眠的種種問題，其理由是睡眠中發現有（一）體機能（Somatic function）及自主機能（Autonomic function）的異常狀態。（二）腦部活動狀態的變化。（三）做夢時期的所謂反常睡眠期（paradoxical sleep）之特異性質的反覆出現等。（吾人所謂之睡眠，被稱為普通或正常的睡眠（Ortho sleep）以與反常睡眠相對），而想要獲得這普通及反常睡眠之發現機制及其生物學上的意義等，都成為腦生理學或神經生化學領域中有趣的問題。

正如前述，意識水準的高低，可隨著覺醒及睡眠節律之週期而有週期性的變化。Bremer（1935）由做“高位切斷腦（Cerveau isolé）”及“低位切斷腦（encephale isolé）”（註5）以腦波為意識水準的指標，實驗得來的結果，認為大腦皮質內的感覺衝動才是意識水準的主宰者。其後美國腦生理學者Magoun以只破壞雞腦

幹內的感覺神經路，或者只破壞腦幹中心部之網狀體（reticular formation），並以腦波與行動來檢查意識的變化，結果如（圖七A），由此圖可知腦幹網狀體的破壞，使貓的行動或腦波呈昏睡狀態。因此Magoun依據更多其他實驗的結果認為“腦幹網狀體致活系（brain stem reticular activating system）”（圖七B），為意識生理學機制的主宰”。向腦幹上行的感覺神經路有側枝到網狀體，因此通過感覺神經路的衝動的一部分，即流入網狀體內。網狀體內的神經衝動經複雜的神經回路至下視丘（hypothalamus）之中心部的非特殊核（non-specific nucleus），經過神經突觸（synapse）後投射到大腦皮質。由此感覺刺激的強弱大小，可以左右大腦皮質的活動水準；同時Magoun看到意識的水準，亦可以由吾人的意志（Will）控制之，他

註5 高位切斷腦（Cerveau isolé）：在腦部之切斷面通過中腦尾側，靠近橋腦的稱為下高位切斷腦（Low cerveau isolé）；若通過下視丘後方至中腦側部的切斷腦，稱為上高位切斷腦（high cerveau isolé）。（如圖）
低位切斷腦（encephale isolé）：切斷面在延腦下面。（如圖）



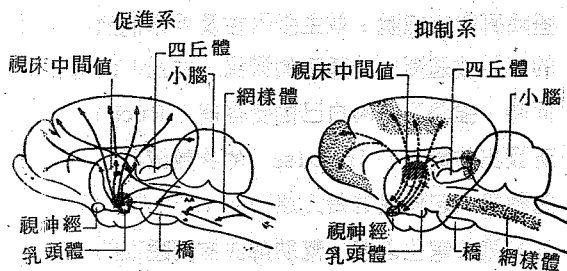
圖八 用低頻率（5cps）的電刺激狗的“非特殊核”內的電極時，所引起狗的外觀狀態及新皮質、尾核、視丘部所出現的睡眠腦波。

又以皮質網狀體路 (Cortico-reticular pass way) 來說明從大腦皮質投射到網狀體的神經纖維系統。

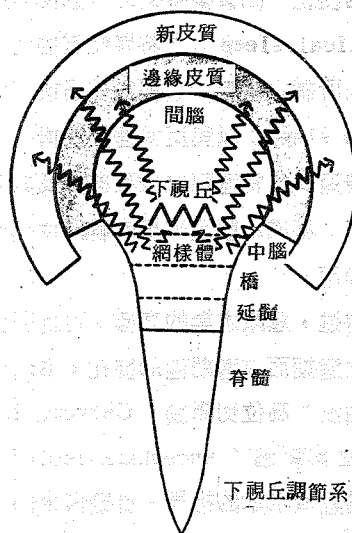
日本的精神科醫師 Akimoto 發現用低頻率 (5 c/s) 的電刺激狗下視丘之非特殊核時，行動與腦波都顯示睡眠狀態，這現象表示使大腦皮質活動降低的神經纖維，是從視丘部出來的。(圖八)。其後意大利腦生理學者 Moruzzi，法國的腦生理學者 Dell 等另外發見對貓下部腦幹 (含孤束核，延腦網狀體) 的低頻率 (10 c/s 左右) 之電刺激，亦可以使腦波徐波化，而誘發睡眠；相反地，用高頻率 (25 ~ 30 c/s) 刺激，即有覺醒現象出現。

除了孤束核等外，其他部位如下視丘前方，尾狀核等受到低頻率的刺激後，也可以引起同樣的結果。這些神經核都作用於大腦皮質，使大腦皮質之活動水準降低。所以他們稱它為抑制系 (inhibitory system)，與 Magoun 的致活系對應。現在以 Magoun 的致活系及這些抑制系合稱為腦幹網狀調節系 (brain stem reticular controlling system)。抑制系的作用亦由感覺衝動所引起；因此意識的生理學機制，是基於網狀體的致活系及抑制系的協調作用。

Magoun, Moruzzi 等的構想，是意識發生之機制設定在腦幹網狀體；但也有人設定在下視丘者。如前述，Economo 探索嗜眠性腦炎患者的腦，其後再經動物實驗，報告睡眠中樞是在下視丘的前方，而覺醒中樞在下視丘之後方。這報告更由美國腦生理學者 Gellhorn 追蹤證實。他設定下視丘之後方，有促進系 (Facilitatory system) 的起點，下視丘的前方，有抑制系 (inhibitory system) 的起點，因這兩者的協調作用，才能形成覺醒與睡眠的節律 (圖九)，惟當時因大多數腦生理學者只注意到 Magoun 的腦幹網狀體致活系，因此 Gellhorn 的構想，未受到注意。後來，有些學者注意並做追試的結



圖九 在下視丘後部的促進系及前部的抑制系。(Gellhorn E. et al. Emotions and Emotional disorders Harper and Row. 1963)



圖十 意識水準有關的下視丘調節系。

果，無論用高頻率或低頻率的電刺激，只要刺激下視丘的前方，就可以引起睡眠。因此，Gellhorn 的構想可以說是很正確。

另一方面，墨西哥的腦生理學者 P'eon 採取 Magoun 及 Gellhorn 兩種構想而折衷，認為覺醒是在腦幹網狀體，睡眠是 P'eon 所設定的睡眠系所引起。

日本腦生理研究的權威者 Tokizane 氏研究新皮質的致活及抑制作用時，還考慮到邊緣皮質 (註 6) 的作用，而設立下視丘調節系 (hypo-

thalamus controlling system)，認為覺醒、睡眠的基本節律，是在下視丘內形成。而這節律直接影響了邊緣皮質。另外這種節律經過中腦至新皮質，新皮質除間接地受下視丘的節律影響外，

Magoun 所設定的網狀體亦可影響。故新皮質的活動水準是受雙重的支配。(圖十) 這個設定較為新穎，觀念亦較正確，同時又綜合了許多動物實驗的結果。因此，慢慢地為各國腦生理學者所接受。

至於做夢發生的機制、腦波、及其他生理現象，例如：血壓、呼吸、脈搏、身體運動等，與普通的睡眠有很大的差異，需專題介紹，將來若有機會，再另撰文討論。

註 6 邊緣皮質：吾人大腦皮質，由其發生之歷史，大約可分為三種皮質，最原始者，稱舊皮質 (paleo-cortex)，次為古皮質 (Archicortex)，最後生成者，稱為新皮質 (Neocortex)，以舊古兩皮質的功用，至今尚未完全了解，合稱為邊緣皮質 (limbic cortex)。

本文參考書籍

- (1) Asahina.K.:Physiology of Sleep (In Japanese)
- (2) Tokizane.T:Brain (In Japanese)
- (3) Starling et al:Principles of Human Physiology.
- (4) Guyton:Text book of Medical Physiology

科 教 新 聞

本 社

國民小學自然科學實驗課程近況

國民小學自然科學實驗課程，本學年度仍在全國四十八所實驗小學繼續進行第三年的實驗教學及評鑑。為了評鑑上學期實驗教學的成果、教材的適當不適當及解決教學上的疑難問題，臺灣省國民學校教師研習會，從九月二十三日到三十日，分別在臺北西門國小及臺北、新竹、臺中、嘉義、臺南、屏東、花蓮等師專附小召開國民小學自然科學實驗課程修訂會議，研究委員、各師專教授、各縣市督學及各擔任實驗課程的教師聚集在一起，研討一整天，並以研討的結果，做為第一、二年級下期實驗教材第二次修訂，及第三、四年級下期實驗教材第一次修訂的依據。

教育部為實際的需要，自從九月廿日調用編

輯小組的莊毓文、林文雄、游美津及吳琇珍等四位小學教師，集中於臺灣省國民學校教師研習會十星期，負責教材的修訂，統整及教具製作等工作。

新的國民小學課程標準已出版並已由國立編譯館寄到各小學，國立編譯館現已積極展開編著新教科書及教師手冊，預定從民國六十六學年度開始，另找五十所小學試教。自然科學新教材的編輯，以師大理學院楊冠政院長為主任委員，在他領導下負責編輯的委員，已根據實驗教材第二次修訂的成果，着手編著一年級的新教材及教師手冊，預定明年春天，即可出書。

為了使新的教學方法普遍推廣，臺灣省國民學校教師研習會請各研究委員編著介紹科學過程的小冊，第一批七冊，預定十月上旬出書，由研習會分別寄到各國小應用。