

自然科學叢書

體溫生理學

胡步蟾編譯

正中書局印行

自然科學叢書

體溫生理學

胡步蟾譯

正中書局印行

版權所有



翻印必究

中華民國二十六年六月初版
中華民國五十八年六月臺二版

體溫生理學

全一冊 基本定價壹元壹角柒分

(外埠酌加運費匯費)

著	者	小	泉	清	明
譯	者	胡		步	蟾
發	行	李			潔
發	所	正	中	書	局
印	刷	所	中	書	局

(台灣台北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍亞皆老街一一一號)

海風書店

日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

內政部登記證 內版台業字第〇六七八號(634)興

原 序

著者以爲體溫生理學，是研究生物體內熱能的轉換（Wärmeumsatz）及其經濟（Wärmehaushalt）之現象與機制的學問。就是討論生物體內熱能之物理，與有機體特有之自主的經理。換言之，體溫生理學，爲關於有機體之溫熱之能力論（Wärmeenergetik）與其經濟學（Wärmeökonomie）。然或因著者寡聞之故，將此種見解，使科學化系統化而後按步敘述之體溫生理學，國內外均未之見。許多生理學教科書或叢書之類，雖有若干頁，關於體溫的記載；但記述簡單，大都不過表面現象之體溫與其調節作用之敘述。就此等現象所由起之熱代謝，或熱經濟之原理等一貫的敘述者實無。尤爲遺憾者，此等記載，主限於人或一部分之溫血動物；其他之溫血動物，尤其是冷血動物，一般皆省略。一切生命現象，就各種生物比較對照而考究之，實爲現象之本質研究上，非常有力之方法。殊於體溫現象，由各點推察，溫血動物所有之所謂溫血恆溫性，乃由冷血動物之冷血變溫性，變化進展者甚明；故體溫現象，亦不可不以比較生理學的觀察，爲最有意義之方法。又從前之著述，對於體溫及熱經濟有關聯之生態學的事實，皆遺漏，殊爲缺憾。嚴格說，生態非生理學之範圍，亦未可知；但於體溫現象，加以有密接關係之生態學的事實，則體溫生理，當更得完全了解。

著者抱上述的見解，想爲體溫生理學立一標準的學問體系，而

冀其具體化，今次參加養賢堂之實驗生物學集成，乃得實現之機會而執筆。然仍不能如所懷抱，儘量寫出。第一著者學力之不足，固爲其原因，但此類叢書之性質，頁數有限制，篇幅不多。能力論之概要，體溫、比熱、熱量等各種實驗方法，及關係於體溫之生態等之詳細記述，舍割愛外無他法。殊於各種之測定方法，爲着手研究者之必要事項，但僅此亦須占 100 頁以上，故祇列參考書而止，實爲抱歉。凡此種種，祇得期待他日之機會，以求完成。

最後欲舉關於體溫生理之參考書，但如前所述者實無。單一事項之詳細智識，唯有參考各腳註所誌之原著。概略者則可參考下列叢書之類之相當記述。

- (1) Handbuch der vergleichenden Physiologie. Hrg. von H. Winte stein.
- (2) Handbuch der Biochemie. Hrg. von C. Oppenheimer.
- (3) Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere. Hrg. von E. Mangold.
- (4) Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Hrg. von A. Bethe, G. v. Bergmann, G. Embden und A. Ellinger.

本書中之溫度，未特別書明者，概用攝氏；故雖無 C 字，可知爲攝氏溫度。

熱量之單位，以 Cal (C 大寫) 表大卡路里；cal (c 小寫) 表小卡路里。

昭和十年五月，著者識。

目次

第一編 熱之生產授受	1
第一章 溫熱之發生	1
一 決定體溫之條件	1
二 生命與火焰	1
三 攝取食物	2
四 生活物質之合成	4
五 生活物質之分解	5
六 物質代謝熱之測定法	11
第二章 發熱器官	13
一 各器官之發熱之比例	13
二 肌肉之熱生產	16
三 肌肉以外之各器官之產熱	21
第三章 對於發生溫熱之影響	23
一 標準物質代謝與基礎物質代謝	26
二 與體重及體表面積之關係	28
三 攝取食物之影響	35
四 肌運動之影響	38
五 溫度之影響	41
第四章 溫熱之喪失	44
一 放熱之三大形式	44
二 由於傳導之失熱	44
三 由於輻射之失熱	49
四 水分發散作用	52
五 其他之放熱方法	70
六 各種喪熱方法之比例	72

七 及於喪熱比例之影響	76
第五章 溫熱之攝取	80
一 冷血動物之攝取溫熱	80
二 溫血動物之攝取溫熱	83
第六章 體溫與比熱	87
一 體溫之意義與其測定法	87
二 比熱	90
第二編 溫血動物之體溫	93
第一章 溫血動物之體溫與及於體溫之影響	93
一 溫血動物與冷血動物之區別	93
二 標準體溫	94
三 體溫之每日變化	96
四 體溫之季節的變化	105
五 種屬之影響	106
六 年齡之影響	107
七 性之影響	107
八 攝取食物之影響	109
九 體運動之影響	111
十 精神與衝之影響	112
第二章 身體各部之溫度	114
一 血液之溫度	114
二 心臟與肺之溫度	115
三 肝與消化器之溫度	115
四 肌肉之溫度	117
五 鳥之體內器官之溫度	117
六 皮膚溫	118
七 鳥之皮膚溫	120
八 外溫對於皮膚溫之影響	122
第三章 溫血之理由(體溫調節作用其一)	126
一 體溫調節作用之意義	126

二 溫血動物與冷血動物之產熱量之比較·····	117
三 防止發熱裝置之發達·····	137

第四章 恆溫之理由(體溫調節作用其二)·····140

一 體溫與外溫之關係·····	140
二 化學的體溫調節作用·····	142
三 物理學的體溫調節作用·····	150
四 溫熱中樞·····	171
五 內分泌與體溫調節作用·····	175
六 調節機能之破壞與其溫度限界·····	180
七 死後體溫上昇·····	186

第五章 溫血動物之冷血變溫性·····188

一 下等哺乳動物之體溫·····	188
二 冬眠中之體溫·····	192
三 胚胎及新生兒之體溫·····	198

第六章 由進化論及目的論所觀之體溫調節作用·····205

一 進化論的體溫調節作用·····	205
二 目的論的體溫調節作用·····	206

第三編 冷血動物之體溫·····209

第一章 冷血動物之體溫與及於體溫之影響·····209

一 測定冷血動物體溫之注意·····	209
二 體溫與外溫之關係·····	212
三 異常高溫及異常低溫時之體溫·····	212
四 溼氣之影響·····	214
五 空氣動搖之影響·····	216
六 輻射線之影響·····	217
七 攝取食物之影響·····	220
八 運動之影響·····	220

第二章 身體各器官之溫度·····223

一 體內器官之溫度·····	223
二 皮膚溫度·····	224

第三章 冷血之理由 …… 225

- 一 冷血之理由 …… 225
- 二 體溫近似於外溫之理由 …… 225

第四章 變溫之理由 …… 229

- 一 外溫之變化與體溫 …… 229
- 二 體溫變動之機轉 …… 231
- 三 對於體溫變動之影響 …… 235

第五章 冷血動物之溫血恆溫性 …… 237

- 一 異常溫度時之體溫調節作用 …… 237
- 二 抱卵中之蛇之體溫 …… 240
- 三 社會的溫度調節作用 …… 242

第一編 熱之生產授受

第一章 溫熱之發生

一 決定體溫之條件

生物體之體溫，由二個條件而決定：一爲內的條件（Intrinsic factor），就是體內生產熱的過程；他爲圍繞生物體之環境的關係，就是外的條件（Extrinsic factor）；此又可分爲將體熱喪失於環境的作用，與反之而由環境攝取熱的作用二種。換言之，體溫是由於使溫熱增加之溫熱的生產（Wärmeproduktion）及攝取（Wärmeaufnahme），與使溫熱減少之溫熱的喪失（Wärmeabgabe），之三條件而決定。生物體所發現的所謂體溫（Körpertemperatur），不外乎此三條件的作用之相關的結果。

二 生命與火焰

生命（Leben）嘗譬諸火焰（Feuer），誠爲適切的比喻。燃燒爲物質與氧相化合而發生熱之現象。火之燃燒物質爲燃料例如石炭，在生物體則爲固有之體物質（Körpersubstanz）。前者直接利用空氣中之氧，後者其關係亦爲同樣，不過介以特別之作用（呼吸作用）。欲使燃燒繼續，必須常補給以石炭，在生體則相當於此者爲食物。又燃燒之結果，發生燃燒氣體，在生物亦同樣，必產生碳酐。而燃燒殘餘之炭灰，在生物即爲排泄物。

燃料燃燒時，其中所含之化學的位置能，變化為運動能。猶如發生熱之蒸汽機關，一部分成為機械能而行工作。同樣於生物體亦由於體物質之燃燒，發生熱與機械能，而為體溫之根源及肌肉等運動之能。即生物體要亦為不斷的能的轉換之一物體系。

三 攝取食物

欲使火焰繼續燃燒，不可不時時供給燃料；同樣，生物體之體物質，亦由於燃燒而消耗，故有時時由體外補充原料的必要。

據能學之第一法則所說，熱機關之能量變化的總量，毫無增減，此法則亦適用於生物體。為食物而攝取之能的總量，與遊離於體外之能的總量，常相等。關於此自古已有許多實驗，犬(Rubner^①)與

第 1 表

食 物	實 驗 日 數	攝 熱 量 Cal.	失 熱 量 Cal.	差 %
肉及脂肪	8	2492.4	2488.0	- 0.17
肉及脂肪	12	3958.4	3985.4	- 0.68
肉	6	2249.8	2276.9	+ 1.20
肉	7	4780.8	4769.3	- 0.24

第 2 表

人 名	實 驗 日 數	每日之攝熱量 Cal.	每日之失熱量 Cal.	差 %
E. O.	25	2268	2259	- 0.4
A. W. S.	3	2304	2279	- 1.1
J. F. S.	9	2118	2136	+ 0.8
J. C. W.	4	2357	2397	+ 1.7
平 均		2246	2246	—

① Rubner, M.: Zs. Biol. 30, 73 (1893).

人 (Atwater 及 Benedict ①) 之例，示如第1表(犬)及第2表(人)。出入熱量之差，大體在1%以下，顯示在實驗誤差之範圍以內。由此事實推之，生物之體溫或各種活動之根源，乃全部仰給於食物所有之能力者，甚明。而熱機關之動力源為燃料之化學的位置能；則在生體內構成熱源或活動源者，亦必同樣，不可不為食物中之化學的位置能。此結論，根本上可謂正當，固不待言，唯於生體之場合，稍異其趣。

生物由外界所攝取之食物，大別為水，鹽類，醣類，脂肪，及蛋白質五類。但其中水與鹽類，對於能的變化無關，故對於溫熱發生，可置勿論。

生物體內生成有機物的始源，是植物的碳素同化作用。植物亦與動物同樣，給與種種活動的原動力者，為化學的能，但因植物無如動物之直接攝取有機物之能力，故欲造成此種化學的能，不可不借助於他種的能，即植物得由環境直接利用者為碳酸酐與水；此等分子之原子親和力非常強大，成為分子者沒有能的價值；欲分解而利用之，必需他種能的幫助。植物此際所利用者，為太陽光線的運動能。即植物由此方法，可造成糖類澱粉等醣類，由此可變成脂肪，或與由根所吸收之氮，合成蛋白質。如斯植物能由不含熱價值的無機物質，造成富有能的有機物質。故此等關係，與熱機關之燃料的直接利用者有異。反之，在動物則作為食物而攝取者，乃如斯合成之植物的有機物質(直接或間接)，故與熱機關之原理全為同一。

① Atwater, W. O. & Benedict, F. G.: *Erg. Physiol.* 3, 497 (1904).

四 生活物質之合成

將構成生物體之所謂生活物質或體物質，分析而觀之，乃知其由許多之元素所成。其種類與見於無機物界者無異。然元素之結合，非常複雜，與在無機界者，全異其趣。此複雜物質，由於化學的構造，得分爲醣類，脂肪，蛋白三種，作爲食物而攝取時，其構造非必同一。故生物有將由外界攝入的食物，變化爲自體的物質之合成作用之必要。

合成作用 (Aufbau od. Synthese)，爲生物之物質代謝之一種過程，特稱同化作用 (Assimilation od. Anabolismus)。由能論之見地說，同化作用，是能之攝取；同時使成爲化學的位置能而貯藏 (Aufspeicherung) 之。昔時同化作用之語，狹義的解釋，僅指植物之澱粉的合成 (有機物之第一次的合成)。在今日則廣指生體內有機物的合成。但於茲宜注意者，同化作用雖通稱合成作用，但其經過中，非必僅行純粹的合成；常伴有分解反應，結局乃爲一種綜合的概念，指由簡單物質，新生複雜的生活物質之全過程而言。

同化作用之準備工程，必須將所攝取的食物，先取入於體細胞內。某種之物質，例如水，鹽類，葡萄糖等，雖得通過細胞壁；但食物之大多數爲固體，或有大分子者，不可不分解爲便於合成反應之形態之水溶性或小分子之物質。此過程，即消化作用 (Verdauung)，終了後，乃起吸收 (Resorption)；於是同化作用的過程方開始。

就合成作用之最初出發點觀察時，在植物其經過比動物遙長。何則，植物不可不由 CO_2 , H_2O , N , O , 等之無機物出發；反之動物

則其食物爲既已完成之有機物也。在動物，醣類，由於酵素之作用，分解爲單醣類而吸收；再合成複多醣類。動物體內之醣類最顯著者，爲肝糖；在高等動物的肝臟肌肉等，下等動物的腸壁等處，多量存在。醣類亦有由蛋白或脂肪合成者。脂肪之合成，是食物脂肪先分解爲脂肪酸，與甘油而吸入；再由之而合成者。由於下等動物的腸壁，高等動物的乳糜管等處，得檢出脂肪的粒片而知之。又可知由醣類亦能生成脂肪。豚不特別攝取多量的脂肪，而仍富有脂肪者，即爲此故。由蛋白之轉化，尙不明瞭。倘若可能，恐先分解爲醣類，而後轉化成者。脂肪於體細胞中成所謂體物質而存在之外，特成貯藏脂肪 (Reservefett, cd. Depotfett) 而存在者多。蛋白質之合成，亦多不明之點，食物蛋白以氨基酸之形吸收，而再合成云。

作爲食物而被攝入的化學物質，在生體內變化爲固有之物質之化學的機構，今日尙未完全明瞭。若以能的變化觀察之，則合成作用大體爲吸熱反應。唯在生體內特別適宜，消化合成作用，其大部分皆由於特別酵素的作用，既巧妙且迅速；而酵素反應並不伴生能的變化。因而在合成作用，熱之消費非常少。若比之異化作用之熱之發生，爲不成問題的微量。倘合成過程的消費熱量，較之異化過程的生成熱量爲大時，則生物固然不能工作，即體溫亦不能保持矣。

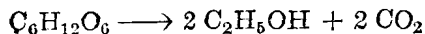
五 生活物質之分解

生物體之一切現象，皆由於運動能而表現。此能即由來於循環反覆之生活物質所有之化學能，當體物質分解爲簡單物質時所

遊離者。此過程在物質代謝中，稱為異化作用 (Dissimilation od. Katabolismus)。同化作用要不外為異化作用之準備工程。而異化作用對同化作用之能的吸收或貯藏之意相反，乃為熱的發生或對於外部喪失之意。

生活物質之分解，有需氧的氧化分解與不需氧的非氧化分解。但非氧化分解，為僅行於特殊之生物或特殊之場合之例外者。與遊離氧化合所行之所謂氧化分解，除蛋白質外，全部分解以迄於最終之分解物，即若不得特別能之援助，不能再使分解為更低級物之物質。在無氧供給所行之非氧化分解，常分解至中途之階級而止。因而同量的體物質，分解時所發生之熱能，後者極少；換言之，體物質或營養物之利用率，較前者頗不完全。

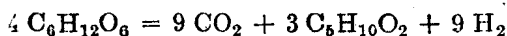
A. 非氧化分解 不利用空氣中之遊離氧的生活法，稱無氧或無氣的生活 (Anoxybiose od. Anaerobiose)。但在無氣生活，亦非與氧全然無關係者。乃生活之能力，為利用體物質自身之分子中所含之氧者；特稱此分解，為分子間呼吸，或分子間燃燒 (Intramolekuläre Atmung od. Intram. Verbrennung)。於植物如酵母，嫌氣性細菌，或果實等，得見此現象。酵母之生活的熱源，為醣類。將醣類在無氣狀態之下分解之，而生碳酐與酒精。例如葡萄糖之分解為：



由 180 g 的葡萄糖，分解為 92 g 的酒精與 88 g 的碳酐。今將此變化作為熱量的變化而觀之，若完全燃燒，應有 666 Cal 之葡萄糖，僅分解為尚有 653.2 Cal 燃燒熱的酒精 (CO₂ 無燃燒熱)。故於

此反應所遊離的熱量，僅不過 12.8 Cal ①。故此際由於酵母所利用的熱量，僅不過 2%。然如普通時所見，葡萄糖若完全氧化分解為 CO_2 與 H_2O ，則應有 666 Cal 之熱量發生。故由於分子間燃燒之能的利用，不可不謂為頗不完全者。

動物亦有不需自由氧而得生活者，與植物同樣，有為正常獲得能的手段者，與暫時的營此生活者。棲於泥土或腐植土等之動物，一般行此生活法。營寄生生活者，為其好例。蛔蟲為生活於動物之腸中即氧不存在之場所者，氧卻為毒物作用。據 Bunge ② 將寄生於犬貓等腸內之 *Ascaris mystax* 及人腸之 *A. lumbricoides* 置於 1% 之食鹽水，或 0.1% 之碳酸鈉溶液中，雖無氧，前者得生活 4—5 日，後者生活 5—7 日。Weinland ③ 實驗將人腸內的蛔蟲，在煮沸後之水中，得生活 4—6 日。給以空氣，則生活 3—5 日。入氫則生活 4—6 日。供給 CO_2 ，生活 7—9 日。故在腸內發生之碳酐中，為最適於其生活者。據 Weinland 氏之分析，*Ascaris* 之身體，約由 5.4% 之肝糖，1.6% 之糖，1.5% 之脂肪，1.8% 之氮所成。使絕食，脂肪不甚減少而肝糖之消耗則甚著，此時之分解物為 CO_2 與戊酸 (Valerianic acid)。Weinland 氏將此際之分解，想像為如次 (以肝糖看做葡萄糖)：



但此時之氫，實際並非遊離，殆與他物化合者。此反應亦與酒精發酵同樣，為不經濟之能的利用法。即 720 g 之葡萄糖有 2664

① 葡萄糖 1 g 之燃燒熱計為 3.7 Cal，酒精 1 g 為 7.1 Cal。

② Bunge, B. v.: Zs. Physiol. Chem. 8, 48 (1883) & 14, 318 (1890)。

③ Weinland, E.: Zs. Biol. 42, 55 (1901)。

Cal, 戊酸有 2020 Cal (以 1 g 爲 6.6 Cal 計算) 之燃燒價, 而發生熱僅爲 644 Cal 利用率不過 24 %。如斯非氧化分解, 將尚可利用之物質盡量放棄, 此外尚有種種之實例。寄生於牛, 馬, 羊等肝臟內之肝蛭 (*Fasciola hepatica*) 亦遊離脂肪酸 (Weinland 及 Brand^①)。此事即得證明其暫時的營無氣生活。將蚯蚓 (*Lumbricus*) 置於無氧之空氣中則肝糖的分解旺行, 而生 CO_2 與脂肪酸 (多爲戊酸) 云 (Lesser^②)。然給以氧, 則物質代謝恢復如常, 而產生 CO_2 與 H_2O 等分解產物。有興味者即一定時間之無氣生活之後, 若與以氧, 則蓄積之脂肪酸一時分解, 而氧之消費量急激增加。此種無氣生活在蚯蚓亦有自然的行於冬期蟄伏地下的時候者。

由分子間之呼吸所利用之體物質, 浪費甚多, 實際以熱量計測其發熱量, 亦可證明。Lesser^③ 將通常之空氣與氮送於冰熱量計, 實驗蛙之產熱量與 CO_2 之發生量。據其結果, 若換算爲體重 100 g, 1 小時, 則在空氣中產熱量爲 1—5 cal, CO_2 爲 0.27—0.47 mg, 反之在氮中則產熱量爲 0.42—1.85 cal, CO_2 爲 0.26—1.06 mg。故得分解爲 CO_2 的物質之溫熱發生的比率 (利用率), 在前者爲 3.6—5.0 cal, 在後者爲 1.25—1.94 cal, 尙不及前者之 $\frac{1}{2}$ 乃至 $\frac{1}{3}$ 。

如上述, 無氣生活的物質利用法爲頗不經濟者。故營此種生活之動物, 一般皆住於營養豐富之場所, 由於分解多量的物質, 而營與氧化生活者同樣的生活。

B. 氧化分解 產熱分量少, 即所謂浪費的生活法之非氧化

① Weinland, E. & Brand, Fr. v: Zs. vergl. Physiol. 2 (1924).

② Lesser, E. J.: Zs. Biol. 53, 523 (1910).

③ Lesser, E. J.: Zs. Biol. 51, 287 (1908).