

自然科學小叢

612

T6

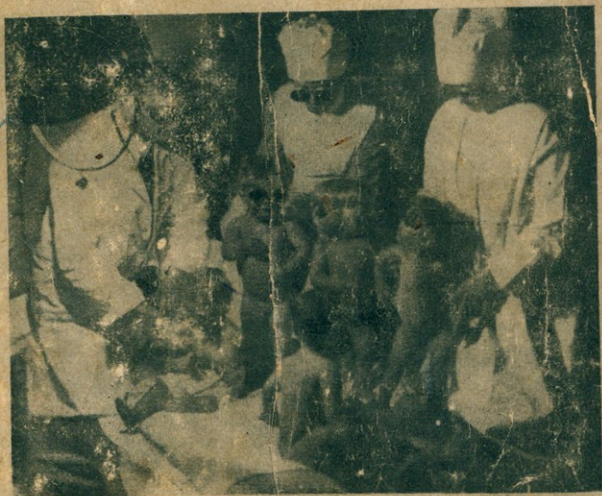
V.2

營 養 化

下 冊

三浦政太郎 松岡登著
周 建 侯 譯

王雲五周昌壽主編



商 務 印 書 館 發 行

國立中央圖書館台灣分館



3 1111 003692124

自然科學小叢書

營 養 化 學



三周 浦政太郎 松岡登著
周 建 侯 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

第五編 營養素之同化及異化

吾人攝取之營養素，乃利用以爲體成分之構成，或隨應必要而作爲熱能 (Energy) 之源者。將吸收之營養素作成爲與自己體成分同一之物，而且以便利自己之狀態貯存，此種作用稱爲同化 (Anabolism)。其欲將含存於此等化學的物質內之化學的熱能變而爲熱或機械的熱能，以行氧化分解，此作用稱爲異化 (Catabolism)。一般所謂新陳代謝作用 (Metabolism) 者即此同化異化之總稱也。

第一章 糖質之同化及異化

食物中之糖質，乃於消化管內變成單糖類而被吸收者，故舉自腸往肝臟之一切血液而通過

門脈，其在門脈內之血液，中含血糖量大為增加。普通含有葡萄糖、果糖、Galactose 糖等。但自肝臟以往他組織之血液中則不然，不惟血糖量一定（約 0.1%），而且幾乎僅有葡萄糖。蓋因他種單糖類均在肝臟內變為葡萄糖矣。此變為葡萄糖之作用，似不僅限於肝臟中有之，而麥芽糖，Mannose 糖，Galactose 糖等似於肝臟外亦有多少變為葡萄糖者。迨血糖量增至一定分量以上時，則糖又變成肝臟粉之形以貯藏。俟血糖量下降之後，又再由肝臟粉變為葡萄糖以運出於血中。此自糖變肝臟粉之作用，亦有一定限度。過此限度以上而猶有血糖之增加時，則糖不能貯藏，唯有排出於尿中而已。葡萄糖在體內之同化，先變為 γ -型之葡萄糖。凡自此以合成為肝臟粉或分解為他物者，皆為此 γ -型物。至於由 α -型或 β -型以生成 γ -型之作用，則皆原因 Insulin 覺醒素與組織之力云。

α -葡萄糖 及 β -葡萄糖

組織 + Insulin

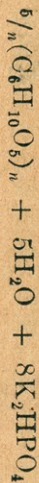
Glycogen \leftrightarrow γ -葡萄糖

分解

葡萄糖之運命 葡萄糖在種種組織中氧化分解而爲碳酸 (CO_2) 與水 (H_2O)。此時放出之熱能，則成爲熱或機械的工作。消費糖量最多之組織爲肌肉，故肌肉運動雖增加而氮素之排泄亦不增加。即熱能之使用量增加，蛋白質之分解量不增加也。此時而有碳酸與水增加者，全爲無氮素物燃燒而放出熱能所致。體內所存之糖質則最先被燃燒也。此可因後述之呼吸比測定而知之者。

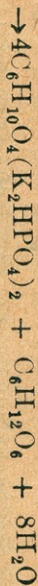
肌肉運動之際，肌肉中之 Glycogen 則變爲單糖更變爲乳酸以供給燃料於肌肉。此變化之過程，近來 Embden 氏及 Meyerhof 氏等已次第研究明白。關於此過程之討究，頗須參考酵母酒精醱酵之化學的研究。即 Harden 氏明瞭酒精醱酵之際有中間產物之六碳糖磷酸存在，而肌肉收縮之時亦常有與此同一之事實。故 Embden 氏即主張肌肉收縮時生成之乳酸，其前一階級物爲六碳糖二磷酸，即所謂乳酸原質 (Lactacidogen) 者是也。此乳酸原質曾於肌肉之壓搾汁中取出，故此說爲今日一般學者所信。關於肌肉收縮時之化學的變化，Meyerhof 氏則以爲如次：

肌肉收縮期：

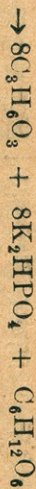


Glycogen

磷酸

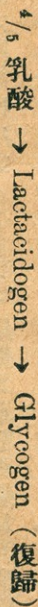


Lactacidogen



乳酸

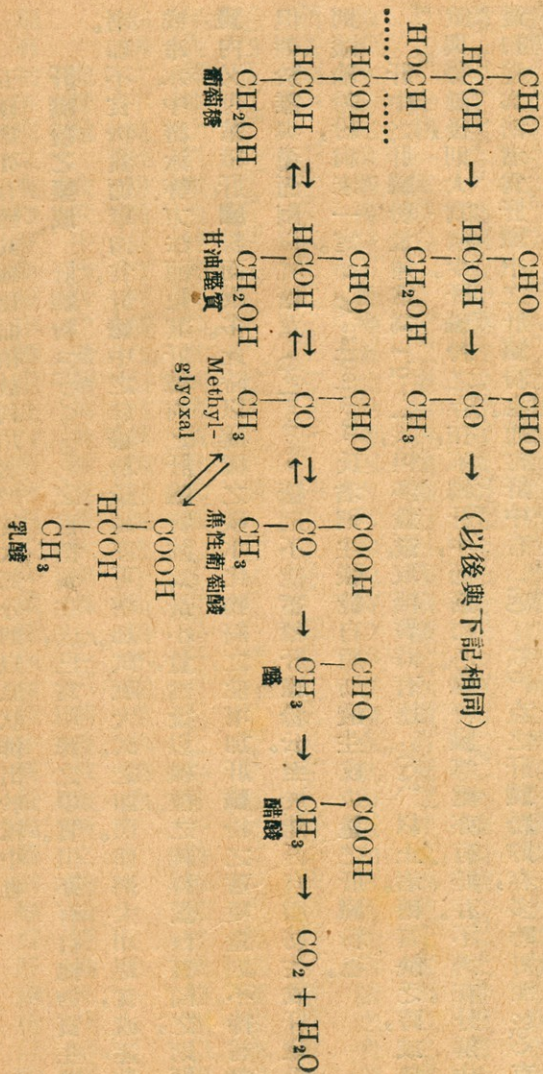
筋肉回復期：



如是而 Glycogen 以或種六碳糖之形與磷酸相結合而成爲六碳糖磷酸，此生成物再被筋肉酵素分解而爲磷酸與乳酸，此時則現筋肉收縮現象。所生成之乳酸於次之回復期時攝取氧素而分解除去，是以生熱。但就其所生之熱量而考察之，則僅有五分之一量分解爲碳酸與水，而其他五分之四量似仍經六碳糖磷酸之中間生成物而復歸爲 Glycogen 者。此 Meyerhof 氏之學說也。

但在乳酸生成之先，尙有主張生成甘油醛質 (Glyceric aldehyde, $CH_2OH \cdot CHOH \cdot CHO$)

或 Methyl-glyoxal($\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CHO}$)者。且焦性葡萄酸 (Pyruvic acid, $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{COOH}$) 亦容易自乳糖及 Methyl-glyoxal 生成。故綜合觀之，體內葡萄糖氧化之過程，可表示如次：



五碳糖亦有隨其種類而稍被利用者，但其大部分則以原狀排出於尿中也。

肝臟粉之集成

肝臟粉 (Glycogen) 之白糖質生成，已爲明瞭之事實。但亦有自他物質生成者。即不食糖質而單肉食，肝臟中之肝臟粉量易亦可增加。試就犬試之即明。即將犬用絕食，或運動，或冷水中游泳等方法而使其肝臟內之肝臟粉減爲最小量，然後以種種之純粹蛋白質飼之，則肝臟內又可蓄積肝臟粉而增多。此時以種種之碳水化合物飼之，能增加肝臟粉之蓄積量則不待言者。但對於雞與兔而飼以乳糖及 Galactose 糖則不能蓄積肝臟粉云。至於能否自脂肪生成肝臟粉，則議論紛紛，尙未一定。如 Wertheimer 氏者則主張能自脂肪酸生成少量之肝臟粉也。

肝中之肝臟粉量通常爲 1.5—4%，但多量攝取糖質時有達 20% 以上者。糖質缺乏時，或飢餓與勞動後，則大爲減少。肝臟粉之存在，不獨肝中，而筋肉心臟腎臟等處亦有貯存。不過在分解中最初變爲糖者爲肝臟中之肝臟粉也。通常肝中有 100—150 克之肝臟粉貯存，多時可至 250 克云。凡此等肝臟粉中所得貯存之熱能量雖比脂肪中少，但容易使用，仍稱便利。蓋因肝臟粉爲水溶性而脂肪爲不溶性也。水溶性物質之欲多量貯藏一處，又不可能焉。

體內糖類之生成 在患糖尿病之病體中，發見自蛋白質及甘油能生成糖。Lusk 氏又用

患 Phlorhizin 糖尿之動物試驗，而發見於蛋白質與甘油外，尚有種種物質可生成糖也。即將配

糖體 Phlorhizin ($C_{21}H_{24}O_4$) 注射於動物體內或經口的飼之，則起腎臟細胞之障礙而發生所

謂 Phlorhizin 糖尿病，肝臟內之肝液素則消失。此時尿中氮素(N)對葡萄糖(D)之排泄量比

D/N 待到一定時(3.5—3.7)更給與種種飼料而檢驗之。如猶有糖之生成，則此比當因D之增

加而生變化。給與肉時不能變更此比者因N增加，同時D亦增加也。此即蛋白質可生成糖之表示。

氨基酸中 Valine, Leucine, Lysine, Tyrosine, Phenylalanine 等不能增糖之排泄量，而

Glycocoll, Alanine, Serine, Aspartic 酸, Glutamic 酸, Proline, Arginine 等則能生成糖。

不含氮素之乳酸，焦性葡萄糖酸，甘油醛質，甘油酸，Methylglyoxal, Glycol 等亦能生成糖。但以脂

肪與之，不見此排泄量有何變化。似在此種狀況之下，脂肪不能生成糖也。

血糖量 血液中所含之糖稱爲血糖。其量大概爲0.1%前後。故血液之總量認爲五升時，則

應有約五克之血糖在血液中循環運行。單糖類入肝臟時，如血液中糖量過賸則變爲肝臟粉以貯

藏。反之而其他方面有糖之需要時，則肝臟粉又分解而爲葡萄糖以運行於血液中而保持一定之血糖量。此肝臟粉之分解速度雖隨各組織之要求而應有遲速之不同，但左右此分解速度之唯一因子則爲血糖量之多少。如將胰臟除去，則血糖量雖大，亦不變成肝臟粉。即缺乏胰臟分泌物之 *Insuline* 覺醒素也。又自副腎分泌之覺醒素 *Adrenaline*，亦有增高血糖量之作用。此等間之關係，極其複雜。但大體言之，有次之諸點：

(1) 體內葡萄糖有過賸時，則 *Insulin* 可速其氧化，同時並促進其生成肝臟粉。

(2) *Insulin* 過賸時，則葡萄糖自血中消失。但此消失之方面，既非合成爲肝臟粉，又非氧化爲碳酸與水。乃變爲普通化學的方法所不能證明之形者也。

(3) *Insulin* 有制限脂肪及糖質生成糖之作用。

(4) *Adrenalin* 則變肝臟內之肝臟粉爲葡萄糖以送入血中。

(5) 前項 *Adrenalin* 之作用，雖可因精神感動而起，但實際之起，恐爲延髓第四腦室底之巴納 (Cl. Bernard) 氏糖中樞刺戟，通達內臟神經，而一部直接至肝，一部達於副腎，使 *Adrenalin*

分泌，因致肝內 Glycogenase 酵素之活動，遂起肝臟粉之分解也。

(9) Mac Leod 氏等一派之學者，則又主張 Insulin 與 Adrenalin 兩覺醒素乃互為頤頤作用者。

要之血糖量為糖之生成量與糖之破壞量之差也。肌肉內存在之肝臟粉，其代謝作用與肝內稍異，已為各學者所注意，茲略而不述。

糖尿 (Glucosuria) 與血糖有關，茲聯帶一述。一時而攝取多量之糖，或以他原因而將血糖量增至或種程度以上時，則有糖之一部排出於尿中。即同化糖質之機能上有一定之限度也。排出於尿中之血糖量，頗因人而有差異。通常為 0.16—0.18%，此數值稱為腎性閾值。腎性糖尿病及 Phlorhizin 糖尿病之閾值皆低。健康人縱攝取多量澱粉及其他多糖類亦能忍耐而不出糖尿。但攝取單糖及二糖類而超過一定之制限量 (Tolerance 耐糖量或忍容量) 時，則亦一時的排出糖尿。此謂之食餌性糖尿 (Alimental glucosuria)，其耐糖量為葡萄糖 200 克云。至於真正糖尿病 (Diabetes mellitus) 則耐糖量甚低。患重病者則耐糖量為零也。此時縱食物中全無糖

質，亦能自蛋白質生成糖以現出於尿中。因此而知真正糖尿病與食餌性糖尿全然不同。後者非病，不過一時的性質，3—6 時間後完全消失。前者則為因胰臟障礙而起之一種新陳代謝不良症，其糖尿之排泄歷久不消。一日之排泄量有達至極高量者（數十克，間有至百克者。）Phlorhizin 糖尿為注射 Phlorhizin 所起，原因於腎細胞之變化，亦與真正糖尿病不同。神經性糖尿亦異也。墨林與閱柯斯基 (v. Mehring and Minkowski) 氏將犬之胰臟割去後所現出之糖尿病則與真正糖尿病相酷似。血壓高，糖質之氧化力無，肝臟粉之生成力亦消失，排出 β -Oxy 酪酸及其他酮體於尿中，即羅所謂酸液過多症 (Acidosis) 者而至於昏睡不省事而死。蓋因胰臟割去而自糖質及脂肪生成糖之制禦力消失也。

Adrenalin (又稱 Epinephrin, 或 Suprarenin) 為副腎髓質中之有效成分，乃日本高峰讓吉氏最初自牛副腎中結晶分離者。其化學之構造為 Dioxypheyl-methylaminethanol

($C_9H_{13}NO_3$) 也。大約為氨基酸 Tyrosine 之誘導體。今有合成製造者矣。其作用在增長交感神經系之興奮而增加血糖云。

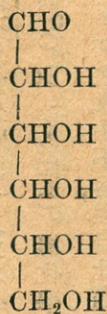
Insulin 爲胰臟蘭格爾翰斯島 (Langerhans) 細胞所生之分泌物。以其容易爲酵素 Tyrosin 所分解，故不易於分離。至一九二七年阿伯爾 (J. J. Abel) 等始結晶取出，就其結晶分析而定爲 $C_{46}H_{69}O_{14}N_{11}S \cdot 3H_2O$ 樣化學式。現 Biuret 反應，Millon 氏反應，及 Ninhydrin 反應等。在 $P^H = 5$ 之水中不溶，但自此偏於酸鹼任何一方時則即行溶解也。對於熱則較爲安定，以 $100^\circ C$ 熱 30 分間亦不至有妨礙。其他性狀則與一般覺醒素相似。自化學的方面言之，乃含 Tyrosine 與 Cystine 多量之 Polypeptide 也。

與上述同樣之物，亦有自其他種種組織臟器並酵母及其他植物中取得者。但效力皆弱，是否與胰臟中分泌者爲同一物，尙不能無疑云。

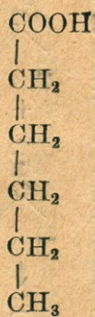
糖質之生成脂肪 糖質之生成脂肪，乃吾人日常所經驗而知者，無待細說。即以無脂肪食飼鼠，可見其體內有多量之脂肪蓄積。不過欲直接證明自糖質生成脂肪，尙非有精密之試驗不可。邁爾與施圖羅馬 (Meissl and Strohmmer) 二氏乃行此試驗之最初成功者。即每日以含 1592 克澱粉之米 2000 克飼體重 140 仟克之豚，七日間測其排泄之 N 與 C 量，見每日平均排出

470.1 克之 C 與 12.5 克之 N，自每日攝取 C 量之 765.37 克及 N 量之 18.67 克中減去，則尚殘留有 C 量 289.22 克及 N 量 6.08 克於體內。與此 6.08 克之 N 量相當之蛋白質 38 克中應含 C 20.1 克（皆從蛋白質之原質組成比率計算者），故 $289.22 - 20.1 = 269.12$ 克，此 269.12 克之 C 應為以肝臟粉或脂肪貯存於體中者。若全算為脂肪，則為 343.9 克也。其內得自蛋白質代謝來之脂肪，如計算為 33.6 克，則應有 310.3 克之脂肪為自澱粉 159 克來者。以比率算之，為 19.5% 化為脂肪云。

將糖質與脂肪酸之構造式比較，則知脂肪酸為少含氧素者，糖質含氧素則甚富。故糖質變為



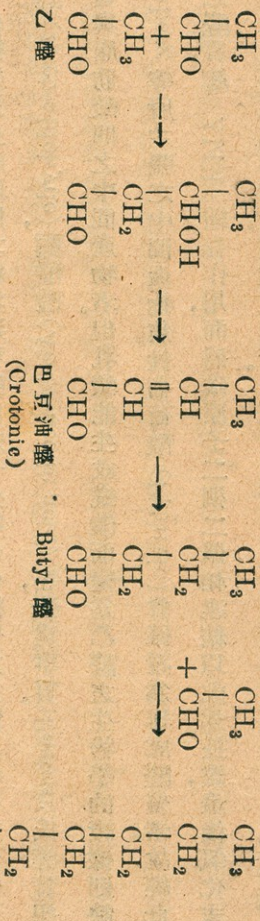
葡萄糖



Caproic 酸

脂肪時生成多量之氧素。因之此變化起於動物體內時得因呼吸比之增加而知之者也。體內而有
多量脂肪自糖質作成時，呼吸比有達 1.5 者。

自糖質以生成脂肪，其經過道程雖尙未十分明白，但糖質之分解產物中有焦性葡萄糖，醋酸，
乙醛 (Acet-aldehyde)，酮醋酸 (Aceto-acetic acid) 等，確爲事實。Pasteur 氏等曾想像乳酸爲
糖質與脂肪酸間之中間產物者。但乳酸能生成蟻酸而變爲乙醛之生物學的證據則缺乏。反之而
Neuberg 等所主張之中間產物焦性葡萄糖 (Pyruvic) 曾確證爲作成醛質者。故經此通路而生
成之醛質，起 Aldol 縮合作用，而將碳原子二個二個相連結以成爲長鎖，最後氧化末端之醛基
(CHO) 而生成脂肪酸，實爲可能云。



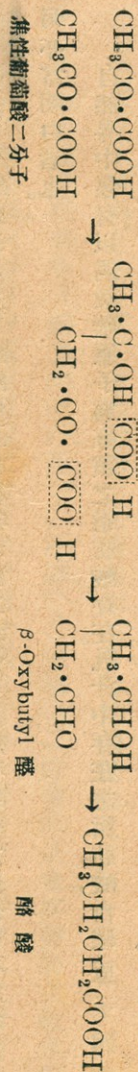
Nenki 氏則謂此縮合時先生成不飽和醛質，



更由此不飽和醛質漸次縮合而碳原子二個二個相加以行，在其位於 β 位置之 O 被還元以前，變為脂肪酸云。其理由為正常之醛質互相縮合必生成側鎖而不便也。

雖然, Raper 氏又以正常醛質二分子行縮合而生成有直鎖中含八碳原子之 Dioxyaldehyde 謂其 OH 被還元而 CHO 被氧化, 則生成正常之 Caproic 酸云。

Neuberg 氏又謂將為乙醛 (Acetaldehyde) 前段之焦性葡萄糖酸行 Aldol 縮合, 則其後見有碳酸氣之放出。



焦性葡萄糖酸之灌流肝臟時, 則變為乳酸, 且其逆反應亦起。又焦性葡萄糖酸可因肝臟灌流而變為 Aceto 醋酸。但此非直接變化者, 必變為 Acetaldehyde 後或變為醋酸後始變成之者也。



Acetaldehyde

Aldol

β -Oxy 醜酸

Aceto 醜酸



Acetaldehyde

醋酸



Aceto 醋酸

Aceto-醋酸與 β -Oxy 酪酸可互相移行者。此二者皆與脂肪有密切之關係。即不須次之說明亦當明白者也。

自然界中僅有以偶數碳原子為直鎖之脂肪酸存在。乳汁中存在之脂肪酸，自碳原子四個 (C_4) 之酪酸起，二個相差以至碳原子十八個 (C_{18}) 之硬脂酸 (Stearic) 為止者皆有。在酪酸發酵時亦能發見此同樣之事實。故結果能達到上之結論也。

脂肪他組成分之甘油，為糖質之分解生成物，雖為極明瞭之事實，但謂此與脂肪酸相結合乃原因於酵素 Lipase 之力者，實不能無疑。蓋因無酵素 Lipase 存在之處，亦能合成脂肪也。例如合成脂肪最旺盛之乳腺中，並無 Lipase 存在。

第二章 脂質之同化及異化

脂肪在腸管內分解爲脂肪酸與甘油而後吸收。當其通過腸壁之時，再合成而爲中性脂肪，經淋巴管而入靜脈。此皆前已述之者。但在血中脂肪量增加之時，Phosphatide 亦幾平行的增加（主在血球中）。故 Phosphatide 應與脂肪之代謝作用上有何等關係也。

入血中後之脂肪有三種方向運行。即（1）肝臟、（2）組織、（3）貯藏所是也。其脂肪之組成則隨應此三方向而異。例如往貯藏所運行之脂肪即所謂貯藏脂肪者含脂肪酸 95%，而組織脂肪中之脂肪酸則祇有 60%。其所以有如是之差者，原因於脂肪酸所相與結合之分子大小不同。最大者爲 Lecithin 及其他磷脂質，最小者爲中性脂肪也。肝臟脂肪中所含之脂肪酸量（%）在前二種之間。但脂肪代謝作用不甚旺盛時，其含脂肪酸量又與貯藏脂肪中者相近似。碘價亦準此而變更之也。

貯藏脂肪 此種脂肪乃從食物之脂肪糖質蛋白質等來者。其證明極其容易。即將犬令其絕食飢餓，俾體脂減少為最小量之後，以融點低之橄欖油或融點高之山羊脂肪飼之，至一定時日之後，將犬屠殺檢之，則見其沈着於脂肪貯藏所中者與犬特有之體脂融點不同，而為近於橄欖油或山羊脂之物。此二者自然為兩極端之例，但通常則與犬自體固有之體脂略相似也。糖質之變為脂肪，照前述之 Meissl 氏試驗則甚明。蛋白質之生成脂肪又如後所述，雖未確實證明，亦無明例反對。凡如是自食物生成之脂肪，在體內經營種種之生理的作用。或因其為熱之不良導體而使身體能耐寒冷，或對於外力而保護其包藏之臟器，若必須用作熱能之源時則即行自其貯藏所開始運入血中。

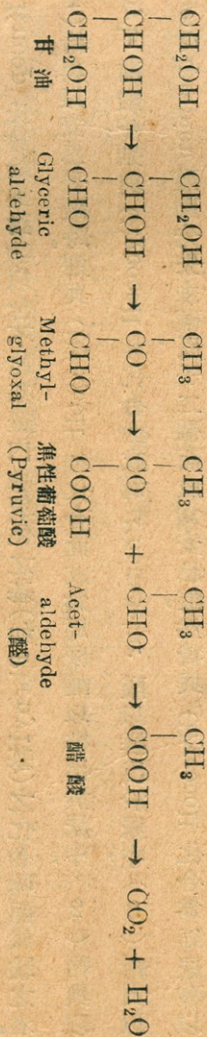
為貯蓄熱能，自以水不溶性如脂肪之形為最便。蓋因水溶性而且濃厚之物質，動輒有流去而不適於貯藏之虞，且常伴有滲透壓之變化。至於脂肪則無此弊也。但急於使用，則有所不能。是亦不便之點耳。

肝臟脂肪

此種脂肪有一部為自腸管吸收之脂肪所成，亦有一部自貯藏脂肪轉來。其碘價

亦比貯藏脂肪高。即不飽和之度增加也。以過錳酸鹽處理之，則二重結合數之增加，可立判明。此變為不飽和之事，固不能強解為乃使脂肪成爲不安定物之作用，但據 Leathes 氏之說，此可認爲脂肪代謝之第一步，或可認爲於二重結合之處破壞，以成爲如 Lecithin 樣複雜物之出發點云。但使脂肪變更飽和度者自然不限於肝臟，不過在肝臟之主作用爲變更飽和度而已。

脂肪之氧化 脂肪先分解爲脂肪酸與甘油。此後之甘油分解則如次：

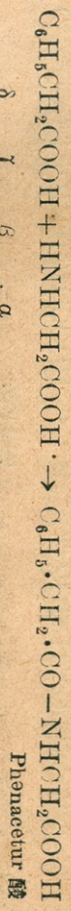
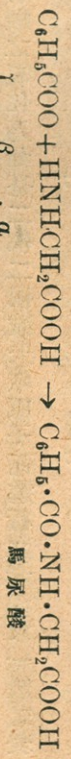
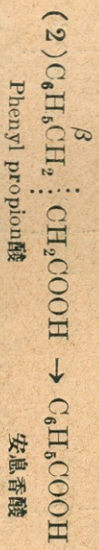
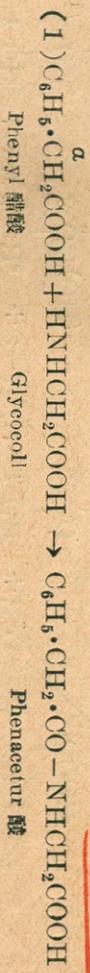


脂肪酸之分解，則因 β -氧化而起。結局仍成爲碳酸與水也。 β -氧化云者乃於 β 位置之碳原子團（自碳酸基 COOH 算起，最近之 C 原子作爲 α ，順次爲 β ，爲 γ ，爲 δ 以至其他）入以 OH ，此 OH 被氧化而成爲 β -Ketonic 酸，其次則在最末端之碳原子二個二個自直鎖分離，如

此進行氧化之謂也。此 β -氧化法爲 Knoop 氏所首倡。Dakin, Embden 等繼之以證明。凡從前認爲不明白之脂肪酸氧化法，皆於是了解之矣。此學說之要點及藉此學說而容易說明之事項，茲摘記於次：

Knoop 氏曾給與動物以含不能在體內被氧化之基（如 Phenyl 基）之化合物而試驗之者。即（1）給與以安息香酸時，則與 Glycocol 相化合而成爲馬尿酸以排出於尿中，（2）給與以 Phenyl-醋酸時，則與 Glycocol 相化合而成爲 Phenacetur 酸以排出於尿中，（3）給與以 β -Phenylpropion 酸，則先失去碳原子二個而成爲安息酸，然後與 Glycocol 化合爲馬尿酸以排出，（4）給與以 γ -Phenyl 酪酸，則先失去碳原子二個而變爲 Phenyl 醋酸，然後與 Glycocol 化合而爲 Phenacetur 酸以排泄，（5）給與以 δ -Phenylvalerian 酸時，則須先失去碳原子四個而變爲安息香酸，然後與 Glycocol 化合而爲馬尿酸以見於尿中也。凡以脂肪酸之芳香體誘導物給與動物者，其在體內之變化，必不出上述之馬尿酸或 Phenacetur 酸。且而所給與之物，如爲側鎖含有偶數碳原子者，必以 Phenacetur 酸排泄，側鎖含碳原子爲奇數者爲排泄馬尿酸也。

由此等事實觀之，則不能不認為在β碳原子之處被氧化，而於α位置之碳素間起分離，以二個二個減去其在端之碳原子。以化學反應式表之如次（∴線乃表示C_α與C_β之界線，自此部分分離而二個二個減失其端之碳原子。）



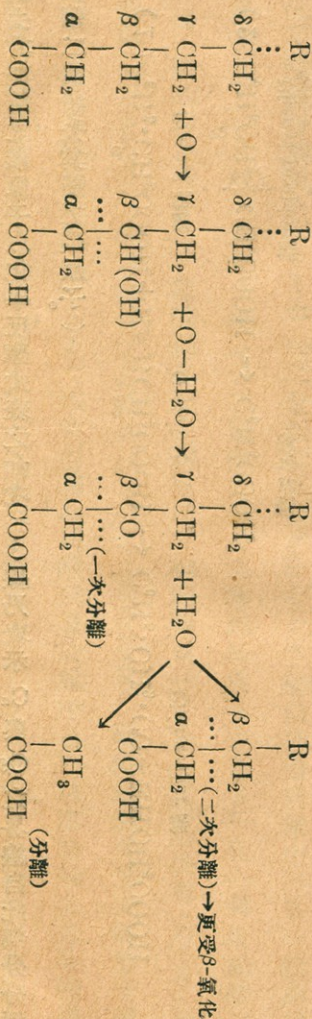


安息香酸



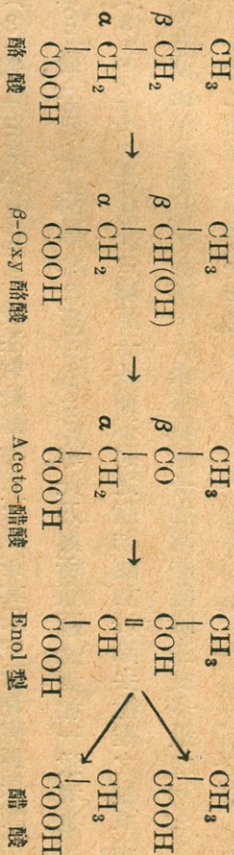
馬尿酸

脂肪酸之氧化，乃如是二個二個減失碳原子而進行之者。如以一般式表之，則應如次：



其比含碳原子四個之酪酸尤複雜之脂肪酸，亦如是起 β 氧化，而二個二個順次減失碳原子

以變為簡單之脂肪酸，然後成為酪酸。酪酸則似如次行β氧化也。



脂肪酸在體內似不起α氧化與γ氧化也。

β-氧化說對於說明動物體內種種之事實上頗為適宜。茲列舉於次：

(1) 糖尿病患者無論其體脂肪或食物脂肪，皆為其直鎖中含有偶數碳原子之脂肪分解。且糖質之氧化不充分時往往以β-Oxy 酪酸及 Aceto 醋酸為分解產物而見於尿中。不獨糖尿病患者如是，而健康人亦於飢餓時或少食糖質而多食脂肪時尿中有此等物排泄。糖尿病患者之體中又有將 Aceto-醋酸分解而成為酮質者 (Acetone, $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$)。此β-Oxy 酪酸, Aceto-

醋酸，Acetone，總稱爲酮體。糖尿病患者之排泄酮體，有到極多量者。至於自 Aceto-醋酸以生成 Acetone，則認一種副產物，普通則生成醋酸也。

(2) 對人而給與以二十克以下之 β -Oxy 酪酸，則完全在體內燃燒而無排出尿中之事。但給與量過此以上時，則有一部分以 Aceto 醋酸排泄。更比此多量給與之，則以 β -Oxy 酪酸原狀排泄之也。由此種情形觀之，則在常態時 β -Oxy 酪酸乃即行被氧化爲 Aceto-醋酸，更完全燃燒爲碳酸氣與水者也。Aceto-醋酸之分解，主在腎臟中之者。

(3) 將 Phenylpropion 酸注射於動物皮下，則在其尿中發見有馬尿酸，Phenyl- β -Oxypropion 酸，Benzoil 醋酸，Acetophenone 等。此乃與所謂酮體者相一致者也。

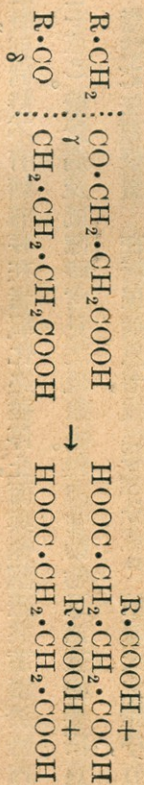
(4) Embden 氏使用含碳原子各種不同之脂肪酸加於除去纖維之血液中，而對於犬之生肝行輸血灌流。結果發見使用鎖中含偶數碳原子之脂肪酸時生成多量之 Aceto-醋酸，而使用含奇數碳原子之脂肪酸時則不生也。

(5) Intarvin 氏將含碳原子奇數之脂肪給與糖尿病患者亦不見有酮體之排泄。此蓋因

起 β 氧化而常生成碳原子奇數之脂肪酸也。

由此等情形觀之，則在正常之代謝時，因 β 氧化而所有之脂肪酸皆完全被氧化之也明矣。脂肪之合成時不過爲此反應之逆行。故體脂肪常爲含偶數碳原子 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 等於其鎖中者，而決無含奇數碳原子之物，亦容易認定之矣。

雖然，此 β 氧化究爲脂肪酸之唯一氧化方法與否，尙不甚明。又前述之飽和度減少一事，究有如何之關係，亦不明瞭。Clutesbuck 及 Raper 氏照 Dakin 氏法使用過氧化氫 (H_2O_2) 氧化正常之脂肪酸而得有殆相同量之 β - γ - δ - ϵ 等氧化產物。特於 γ -Keto 酸與 δ -Keto 酸可再氧化而生成琥珀酸 ($HOOC \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$) 云。



即 γ 位置之 C 被氧化，或 δ 位置之 C 被氧化，則於其間被切斷而四個碳原子一時被奪去也。

要之無論何種方法，其爲長碳素鎖短縮而生成含有四碳原子之酸如 Aceto 醋酸與 β -Oxy 酪酸時，則同時不有糖質存在者氧化必被停止，而與他酮體共蓄積於體內以起酸液過多中毒症 (Acidosis)。糖尿病及飢餓時常見之現象也。但肉食動物又無甚必要糖質之存在云。

脂肪之生成糖質 在糖尿病患者，或 Phlorhizin 糖尿犬之體中，有甘油成爲糖以排出於尿中之事。此變化似爲先變成甘油醛質，然後再由此合成爲糖者。至於脂肪酸之生成糖質則今猶有疑也。

第二章 蛋白質之同化與異化

氨基酸之運命 蛋白質之入體內後，雖主以氨基酸之形吸收，但不能在血中蓄積，即行應各組織之要求而被其分取以去也。一部分合成爲自體之蛋白質而用以補填代謝所失去之體成分，一部分則於失去氮素後用作發生熱能之資，此皆吾人所認定者。但在各組織中之此等變化如何，則尙多未甚明白之點。

所要氨基酸之分量，則因各組織而有差異。筋肉而100克中達60—80毫克時則停止，肝臟則要求約其二倍。血液中之殘留量常少，雖飢餓連日亦有一定量存在。已入組織後之氨基酸則徐徐消失，但在肝臟內者則甚迅速變爲尿素以運行於血中。入肝臟以外之組織中而合成爲蛋白質者，亦早晚被代謝而以氨基酸遊離，與新吸收入者相混和。有需要則用之，否則排出之也。因組織而起之氨基酸遊離，二六時中，常不停息。在飢餓時亦同。且於飢餓時在筋肉等中反分解更甚。此蓋因

在維持生命上較爲不重要之處先行分解消費，漸次及於重要之所。如心臟肌肉者至最後爲止，尙不分解而保護之也。

組織蛋白質受變化時先加水分解而將氨基酸遊離。其遊離後之氨基酸主於肝臟內脫去氨基 (NH_2)。氮素之大部分於此時成爲尿素而排出於尿中。無氮部分則被用作熱源而成爲碳酸與水，或合成爲糖質或脂肪。以上所述爲氨基酸在體內之運命也。欲檢查此運命，則應用次列諸法：

(1) 給與以氨基酸或其反解產物後，而從其尿中檢索所給與之物。

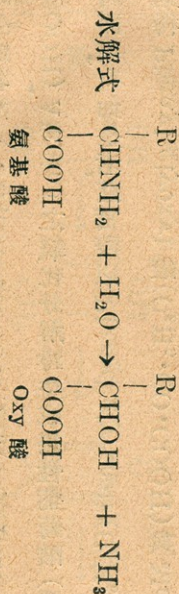
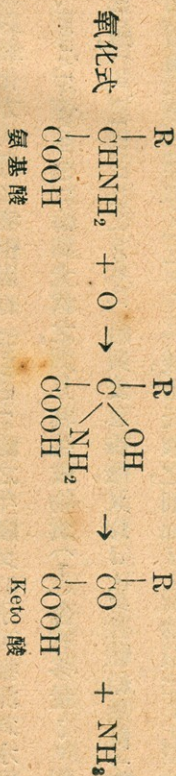
(2) 給與 Phlorhizin 糖尿犬以氨基酸，而從其尿中測定排出之糖量或酮體量。

(3) 以氨基酸行肝臟灌流 (Perfusion) 而分析其血液。

茲將 Dakin, Embden, Neubauer, Knoop, 古武諸家施行上列之檢索手段所得成績，分別述之於次：

氨基之脫離 (Deaminization) 脫離氨基有二法。一爲氧化，一爲水解。行前法時之生成物

爲 Keto 酸，行後法之生成物爲 Oxy 酸也。其一般式如次示：



日本古武氏曾就施用蘇達洋紅 (Soda-carmin) 作生體染色之全動物或此動物之生肝臟而研究之者。見其最能攝取色素之細胞，亦最能攝取氨基酸而取氧化方式以脫離氨基。於此方式有重要關係之細胞，爲網狀組織內皮細胞 (Reticulo-endothelial cell)。其因加水分解方式

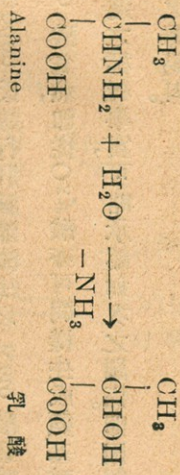
而起氨基脫離作用者爲臟器實質細胞也云云。

此二方式之中，究以何者爲主。對此而施行之研究亦不少。例如 Glycocol (CH₂NH₂COOH) 之分解，如爲水解時則生成 Glycol 酸 (CH₂OH·COOH)，Alanine (CH₃CHNH₂·COOH) 之水解時生成乳酸 (CH₃CHOHCOOH)。又 Glycocol 之氧化分解時生成 Glyoxy 酸 (CHO·COOH)，Alanine 之氧化分解時生成焦性葡萄酸 (CH₃·CO·COOH)。其生產物各因方式不同而異，有如是者。茲實際以 Phenyl glycocoll (C₆H₅·CHNH₂·COOH) 飼犬而檢查其生產物則得 Phenyl glyoxy 酸 (C₆H₅·CO·COOH) 與 Mandel 酸 (C₆H₅·CHOH·COOH)。似可認爲以氧化方式行之者。但因有 Mandel 酸之生成又似乎可推測爲水解方式。更以光學的不活性 Phenylglycocoll 給與犬試之，則見其生成物爲 (1) 含有多量 *l*-型之不變化物，(2) *l*-Mandel 酸，(3) Phenylglyoxy 酸與安息香酸。又以 *d*-異性體給與試之，其生成物得有 (1) *l*-Mandel 酸與 (2) Phenylglyoxy 酸。由此觀之，則知 *d*-型物似比 *l*-型物容易代謝者，其生成物以 Phenylglyoxy 酸爲主。至於 *l*-Mandel 酸無直接從 *d*-氨基酸生成之理，當爲先生

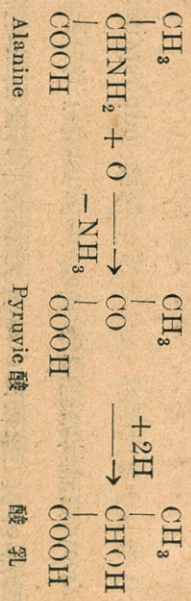
若因水解而起氨基脫離時，則至 Homogentisic 酸之中間產物，應有 *p*-Oxyphenyl 乳酸之生成。但給與以 *p*-Oxyphenyl 乳酸亦不生成 Homogentisic 酸，故知其中間產物非 *p*-Oxyphenyl 乳酸而為 *p*-Oxyphenyl 焦性葡萄酸也。將 Homogentisic 酸與 Phenylalanine 比較觀之，知 Phenylalanine 之 Alanine 基變成為醋酸基，失去 CO_2 ，但此 CO_2 之脫離或有疑為在氨基 (NH_2) 脫離之先者。及將 Phenylethylamine 之最初氧化物 Phenylethylalcohol 給與試驗（不用 Phenylethylamine 者以其有毒），見其不生成 Homogentisic 酸而生成 Phenyl 醋酸，始判明氨基脫離在先， CO_2 脫離次起，然後成爲碳原子少之酸者也。

Knoop 氏又曾將不活性之 γ -Phenyl- α -氨基酪酸給與犬而試驗之者。其結果見尿中有未變化之原酸 *d*- γ -兩性體及 *d*-Phenyl- α -oxy 酪酸，Phenyl- α -keto 酪酸，馬尿酸等。但如給與此 Keto 酸之鈉鹽，則又有 δ -Oxy 酸之出現。此亦證明氨基之脫離爲氧化方式者也。

雖然，因加水分解而起之氨基脫離亦行之者。試將 Alanine 給與於犬，則當見其尿中有乳酸之排出。此即因加水分解而生成之證也。



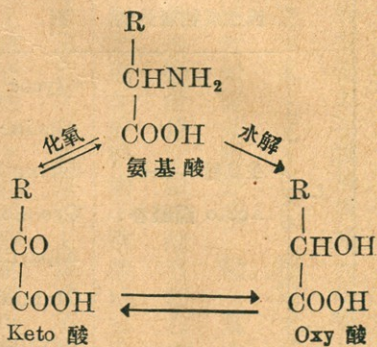
從前皆以為氨基脫離主因如此之水解方式而起者。但此亦可認為先因氧化之方式而生成 Keto 酸（如焦性葡萄糖酸），然後再變為乳酸。即



不過自 Tyrosine 生成 *l*-*p*-Oxyphenyl 乳酸不能認為先有 Keto 酸之生成而已。何以言之，將 *p*-Oxyphenyl 焦性葡萄糖酸給與於犬則見其生成 *d*-*p*-Oxyphenyl 乳酸與之為對比，

如是失去氨基而殘留之 Keto 酸或 Oxy 酸，則變為少一碳原子之脂肪酸，更由此脂肪酸而循 β -氧化之法則以分解為 Aceto 醋酸，或成為含三碳原子之化合物，亦得變為葡萄糖。實際上自或種氨基酸生成糖，又自他氨基酸生成 Aceto 醋酸，皆經證明實在者。即失去氨基之不含氮部分，或被氧化而為熱源（此氧化比糖之氧化尤容易云），或變成為糖皆屬可能。至於成脂肪則難也。

氨基酸之生成糖 如前節所述，已知 α -氨基酸， α -Keto 酸， α -Oxy 酸等得互相移行，且氨基



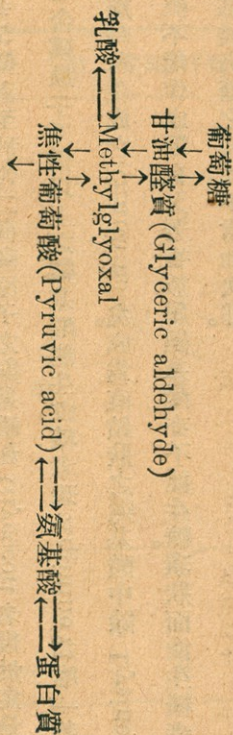
	因生成物而分類	氨基酸	含碳原子數
I.	生成糖不生成 Aceto 醋酸者	Glycoc ll	2
		Alanine	3
		Serine	3
		Cysteine	3
		Aspartic 酸	4
		Glutamic 酸	5
		Oxyglutamic 酸	5
		Proline	5
		Ornithine	5
		Arginine	6
II.	生成 Aceto 醋 酸不生成糖者	Leucine	6
		Tyrosine	9
		Phenylalanine	9
III.	Aceto 醋酸與 糖皆不生成者	Ly.ine	6
		Tryptophane	11

酸分解途中所生成之乳酸及焦性葡萄酸又得共相移行則自氨基酸能生成糖一事，自屬容易想及。就糖尿病患者或 Phlorhizin 糖尿犬，亦實際得以證明之者也。

Dakin 氏曾將氨基酸分爲三類。一爲生成糖者，一爲生成 Aceto 醋酸者，一爲糖與 Aceto 醋酸皆不生成者。各類所屬之氨基酸有如右表。

由右表觀之，則生成糖者不能生成 Aceto 醋酸。能生成 Aceto 醋酸者不能生成糖。而如 Ly-
sine 與 Tryptophane 之於營養上重要不可缺者反兩俱不能生成。於以知生成糖與 Aceto 醋酸者皆爲營養上重要性少之氨基酸也。更就所含碳原子數而觀之，凡生成糖之氨基酸概爲含碳原子 2, 3, 4, 5 個者。至於含二個碳原子之氨基酸如 Glycocoli 者，幾於定量的生成葡萄糖（但道程則未明）含碳原子五個以上之氨基酸能生成糖者恐 Arginine 爲唯一物，其生成糖之原因又恐在其分解時所生成之 Ornithine 矣。成爲直鎖狀之氨基酸中除 Lysine 外餘皆可作成糖，但有側鎖者概不能作成糖也。又芳香族屬氨基酸亦不能生糖。環狀而能生糖者僅 Proline 一種而已。

氨基酸與糖之關係，不當如次耶。



氨基酸之合成

在動物體內有或種氨基酸之合成，甚為確實。例如以安息香酸多量飼兔，則與 Glycocoil 結合而以馬尿酸出現於其尿中。以此事實而證明其體內不能不有 Glycocoil 之合成也。Glycocoil 之所以易於合成者，因其合成材料之醋酸，常存於體內。又以不含 Glycocoil 之蛋白質如乾酪素 (Casein) 者，作成合成飼料以飼幼鼠，如其他條件俱備，則此兔之生長無有妨礙。此亦足以證明幼鼠體內能合成 Glycocoil。又 Knoop 氏等證明 Keto 酸與氨 (NH_3) 或 Oxy 酸與氨能合成氨基酸。即將 γ -Phenyl- α -keto 酪酸及 Oxy 酪酸注射於犬之皮下則見有 Phenylamino 酪酸之生成也。

雖然，在動物體內決不能由此一氨基酸轉變爲他氨基酸。此所以於維持生命上所必不可缺之氨基酸如 *Tryptophane*、*Lysine* 等有缺時，必起營養上之障礙也。其不能轉變之原因，在能將氮用作合成材料，而不能將爲氨基酸之非氮素性分中某基或 OXY 酸，在體中合成。

蛋白質之生成脂肪 蛋白質能生成糖質，糖質又能生成脂肪，如能自蛋白質直接生成脂肪，豈不更妙。但事實上高等動物體內自蛋白質生成脂肪極爲困難。縱有如 *Gremer* 氏以貓證明能自蛋白質生成脂肪之例，但亦不能謂爲充分之證據。即 *Gremer* 氏將貓絕食數日，然後以脫脂肉任其食慾飼養八日（一日之平均食量 450 克）而檢查其排泄物及呼吸氣以計算之，發見有脂肪之生成。其計算法，肉中之氮素每一克，有碳素 3.18 克。今檢查每日之排泄物中有氮素 13 克，故 $13 \times 3.18 = 41.6$ 克應爲自蛋白質來之碳素。但實際檢測之排泄物中碳素爲 34.3 克，故 $41.6 - 34.3 = 7.3$ 克之碳素應爲已殘留於體中矣。以八日計之，其留存體中之總碳素量應有 $7.3 \times 8 = 58.4$ 克。如將此碳素量全計算爲 *Glycogen* 則應爲 130 克，但將貓體分析全體 *Glycogen* 之量不過 35 克。是以知未成爲 *Glycogen* 之碳素尙多也。除認爲變成脂肪而外無

他道云。

Virchow 氏曾從脂肪變性之病理解剖上所見，以倡蛋白質能生成脂肪之學說，多數學者已信之而幾無疑矣。但一經 Lebedeff 氏以實驗之精確結果，提出反對意見，則 Virchow 氏之脂肪生成說，又成爲根底誤謬，而無存在之價值者。故在今日對於蛋白質生成脂肪一問題，尙不能確實證明以解決之也。雖然，同時亦無自蛋白質不能生成脂肪之反對證明焉。要之究竟蛋白質能生成脂肪與否尙有待於後之研究也。

種之特異性

生物生體之細胞常不斷消耗，故非常有補充不可。自氨基酸以合成之蛋白質，乃與所已消耗之物完全相同者。蛋白質之種類甚多，其構造亦極複雜，每隨生物品種 (Art, species) 之異而不同。卽所謂種特異性 (Arteigenheit) 者各具有之也。蛋白質之相異程度，視生物分類學上之遠近而斷。相隔愈遠者相異程度愈大。植物性蛋白質與動物性蛋白質相差甚遠，乃吾人所知者。卽極相近之哺乳動物亦相互間各異其蛋白質。不過如此僅少之差，到底非現代化學所能區別。通常僅以免

疫學的性質分別之。免疫學大概應用蛋白質之差異而爲之者也。自歐洲大戰以來，對於人血之研究，知有O, A, B, AB等四型可區分。此種區分不獨已在輸血法上供諸實用，而且因血液型而起之人類學，亦已建立。雖血球同，血清亦同，而在甲與乙之二人間亦有型之差異。如此考慮，則見蛋白質之差異，不獨因生物之品種，恐亦隨個人而有不同也。凡生物皆有死守物質構造上所具特異性之性質。此特異性乃遺傳者。卽血型終生不變，乃遵循門德爾 (Mendel) 氏之法則而遺傳之者云。人種或家系皆各具有特異性者，故乳兒之營養，與其用牛乳，毋寧以人乳爲宜。人乳之中與其用乳母之乳，毋寧以生母之乳爲宜。蓋因其母子之間特異性最相近也。

如是之特異性，主原因於蛋白質。而脂肪與糖質殆不足言。蛋白質之所以特有此特異性關係者，在構造身體時，蛋白質有特殊的地位。且其構成材料之氨基酸種類甚多（已知者二十種以上），因之自多數氨基酸以構成之蛋白質，其分子量甚大。故隨氨基酸之選擇如何，組合如何，排列如何，而得以造成多數種類之蛋白質也。（以二十種氨基酸照數學上之排列法可得不同種類者 $243, 2902, 0081, 7664, 0000$ 個）最關係此特異性之成立者厥爲肝臟。但其他組織亦有務必作成與自

已同樣之物之性質云。

消化蛋白質而爲氨基酸，非僅爲適於吸收之形狀而分解，尙有防構造不同之蛋白質進入體內之作用。易言之，消化亦爲維持特異性之一手段也。試將他種蛋白質注入血管內而觀之，則必起強反應而使之沈澱或凝集，此亦不許共同存在以排出而維持特異性之道乎。

植物取簡單之碳酸(CO₂)與無機鹽而合成此複雜而且於其種上有獨特性之物質。動物則攝取植物性食品或動物性食品後而一度分解爲簡單之構成材料，再選擇集合此材料而合成其種上特異性之物質者。同一牛乳，牛飲之則作成牛體之蛋白質，人飲之則作成人體之蛋白質，是植物與動物之合成蛋白質，僅所用構成材料有簡單複雜之不同，至於以一定材料合成特異性之蛋白質，其理仍同一也。

照上所述，則吾人爲補吾人所消耗之體成分，務必以攝取近於吾人體蛋白質之蛋白質爲最良也明矣。所謂食物上動物性蛋白質較植物性蛋白質利用率高者亦不外此理也。

第四章 尿

蛋白質分解後，其中所含之氮素則結局變爲氨尿素尿酸等比較簡單之物質而排出於尿中。故尿及尿中之蛋白質分解產物，爲代謝終產物也。茲就此而略述之。

凡代謝之終產物必經肺臟皮膚糞尿以排出，前已說述。自肺臟排泄者爲碳酸氣與水分。自皮膚排出者爲含有多量水分之汗。但此汗水之量則因外氣之溫度及運動如何而大有差異。肝之成分，除水分而外，尚有少量之含氮物與多少之無機鹽。但此中之含氮物量，因測定頗不容易，致報告頗不一定。大約以 0.5—1 克視之可也。脫毛及剝脫上皮等汗中亦有混存。至於糞中之氮素排泄量亦如前述甚少。一日僅 2.5 克前後而已。

尿中則不然，除肺與糞汗所排出之含氮物及無氮物外，一切含氮物及無氮物皆排出之。易言之，所排泄者不獨一切之代謝產物，即漏卻代謝之物亦於尿中排出。其種類之多，可想而知。據云達

數十種。其中在腎臟中作成者不過氨與馬尿酸等數種。其餘皆為他場所所造成，因血液而運入於腎臟者。腎臟實為代謝產物之最主要排泄口也。

尿之組成 尿量雖隨食物之種類及分量，多圍之氣溫，飲用水量，體質等而有大大差，但普通人一日不過排尿 700 — 1500 c.c. 至於神經質人亦有日達 2000 — 3000 c.c. 者。尿之比重通常為 1.008 — 1.030，尿之反應通常為酸性，肉食愈多則酸性度更增，菜食者則近於中性或略偏於鹼性也。草食動物之尿，一般為鹼性云。

茲舉含蛋白質 120 克之混食為例，而列示其一日排泄之尿之平均組成成分於次：

總量
固形分

一五〇〇立方釐米
六 一 克

有機物	三八·二克	無機物	一一·七克
尿素	三三·〇	NaCl	一四·〇
尿酸	〇·七	H ₃ PO ₄	一一·〇
Creatinine	一·八	H ₂ SO ₄	一一·六
氨(NH ₃)	〇·七	K ₂ O	三·〇
馬尿酸	〇·八	MgO + CaO	〇·九
其他	一一·二	其他	〇·二

由此例觀之，則知蛋白質代謝所生之含氮終產物中以尿素量為最多，無機物方面以食鹽量為最多也。

尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 尿中氮素之 80—90% 為尿素氮素。但患酸液過多症及其他病患時，因體內之酸中和而氮素不變成尿素，故此百分率有減少。又體內蛋白質分解愈多，則生成尿素量亦愈增，分解蛋白質量少，則尿素量亦減少也。尿素之生成有二種方法。一為因酵素 Arginase 之作用而自氨基酸 Arginine 分解為尿素與 Ornithine，但此法之生成者不過全尿素量之 10%。一為因氨基脫離而生成之氮所合成，尿素之大部分為此法所生成者也。就此合成法而言之，乃氮 (NH_3) 與碳酸 (CO_2) 結合而為碳酸銹，或 Carbarmin 酸銹後，再變為尿素者。

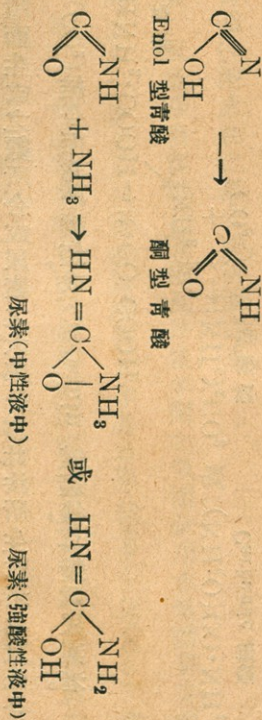


氨基酸



但此說近來已有異論，Werner 氏之新說有漸次為人所信認之趨勢，即謂氨基酸氧化途中

所生成之青酸，因分子內轉變而成爲酮型，氨與此酮型青酸結合而成爲尿素者。



卽在中性液內時尿素以環狀核存在，在強酸性液中時則成爲一酸性鹽基而與酸相結合以存在也。

尿素之生成處所，非腎臟而爲肝臟。此爲尿素肝臟內生成說。乃波爾曼(Bollmann)氏等所實驗確證者。卽波氏等初將犬肝臟割去尙能使其一時生存之事成功。於是就犬而作成無肝而有腎者。或肝腎均除去者，或初去腎繼去肝者。如此分別作成之後，而定量其血液，組織，及尿中之尿素等。遂證明尿素之生成爲肝臟也。

尿素與 Xanthydrol 二分子相結合而生成極難溶性之白色針狀結晶物 *Dixanthyl* 尿
素。此生成反應極爲銳敏而且特異。據云在尿素之一萬倍液中，十五秒間即呈此反應。在八十萬倍
之尿素液中亦不過十分間。尿素之被尿素分解酵素 *Urease* 分解也，放出氨。此酵素大豆中存在
最多，亦一趣事也。

氨 (NH_3) 體液之中性維持，雖主賴碳酸鹽及磷酸鹽之固定鹼質，但氨亦有關係。如糖尿
病時，體內而有 β -Oxy 酪酸，Aceto 醋酸多量生成時，或如發熱等而體內蛋白質分解旺盛因
以發生種種之酸（硫酸、磷酸、草酸以及其他酸）時，則尿中氨量皆有增加。氨亦爲蛋白質分解產
物中之重要者，約佔尿中總氮素量之 3—5%，一日之排泄量 0.5—0.7 公分也。尿中之氨非從血液
中之氨來者，似完全爲腎臟中自尿素作成。將腎臟除去而使排泄口全無，亦不能使血液中氨之蓄
積量增加。足以知腎臟以外無有能作成氨之處所。又腎靜脈中含氨之分量多於下空靜脈中者約
二倍，亦足以證腎中之生成。患鉍酸腎炎者氨之排泄減少，尤較他含氮素物之排泄障礙早起，其原
因亦在氨之生成上發生障礙也。

尿酸及 Purine 體 Fischer 氏將尿酸, Hypoxanthine, Xanthine, Adenine, Guanine 等總稱為 Purine 體 (Purinkörper)。但出現於尿中者主為尿酸,其餘各物不過微量而已。又自嗜好品如茶咖啡蔻蔻等生成之蔻蔻精 (Theobromine), 咖啡精 (Caffeine) 等轉變之 Methyl-purine, 亦有少量見於尿中。除人以外,其他動物之尿中,尿酸少,而與尿酸有密切關係之 Allantoin (尿酸之氧化產物) 則多。但鳥類則與哺乳動物不同,排泄物中含尿酸量甚多,其大部分似因合成而來者也。

Purine 之由來,似有内生與外生二方面。外生云者,自食物中之 Purine 體及核蛋白質等外界而來之謂。内生云者,由身體內各組織細胞之分解而生成之謂也。故攝取富於 Purine 體之食物時,尿酸之排泄量固然增加,但攝取缺乏 Purine 體之食物時,亦不能使尿中全無尿酸。此內生量雖因個人而異,但就同一人而言則幾乎不變。唯食物中多 Purine 體存在而無須内生時,則內生量有多少變化而已。據 Mendel 氏之研究,謂注射入體內之 Purine 體,能以尿酸現於尿中者 Hypoxanthine 為 60%, Xanthine 為 50%, Adenine 僅有 30—37%,其他部分之運命如何,

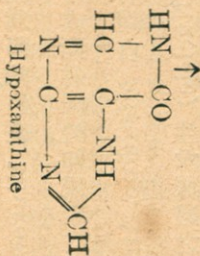
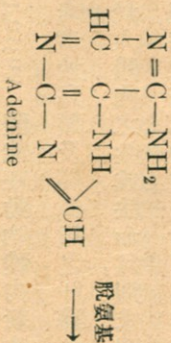
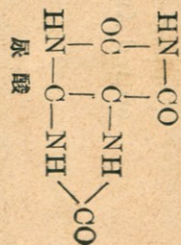
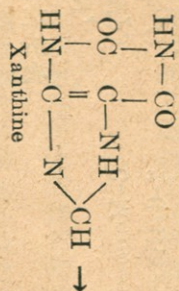
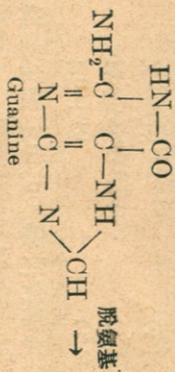
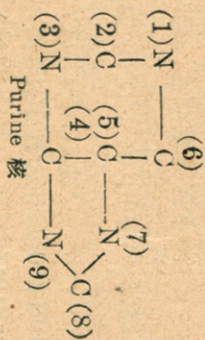
則未之知也。

Purine 體能在動物體內新生，甚為明瞭。但據 Minkowski 氏之學說，謂在人體內所應成爲尿素者，於鳥類及爬蟲類之肝臟中，合成而爲尿酸。即尿素二分子結合爲碳原子三個之鎖狀物也。至於人體內之生成法如何，則未明。有謂自 Histidine, Arginine 等生成者，其說亦未確定。不過人體內及哺乳動物體內有自核酸 (Nucleic) 生成尿酸之事，則屬確實也。

茲將少數 Purine 體之化學式，記之於次：

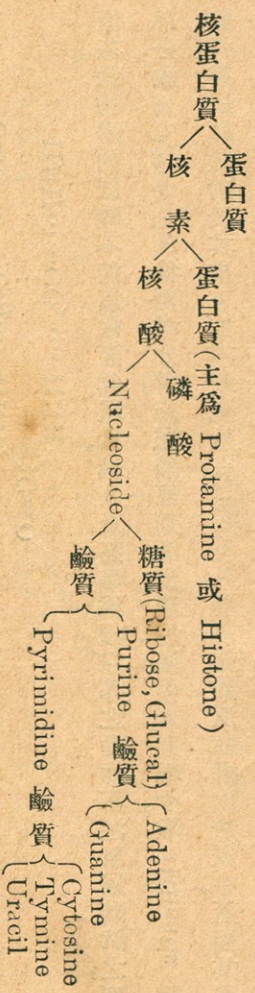
Purine	$C_5H_4N_4$	
Hypoxanthine	$C_5H_4N_4O$	6-Mono-oxy purine
Xanthine	$C_5H_4N_4O_2$	2,6-Dioxy purine
尿酸	$C_5H_4N_4O_3$	2,6,8-Tri oxy purine
Adenine	$C_5H_5N_4NH_2$	6-Amino purine
Guanine	$C_5H_3N_4 \cdot ONH_2$	2-Amino-6-oxy purine

凡此等皆具有共通之 Purine 核 (C_5N_4) 者。Purine 體皆爲 Purine 之誘導體，而尿酸則爲 Purine 之最強氧化物也。至此等間之相互關係則如次：



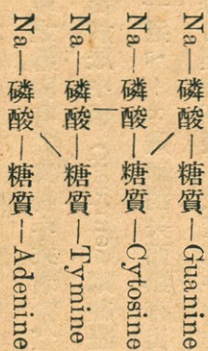
至於 Purine 體與尿素之緣甚深，可於下圖見之。

於 Purine 體有密切關係者為核蛋白質 (Nucleoprotein)，茲併記其要點於次。核蛋白質為蛋白質與核酸相結合而成之一種複合蛋白質，存於細胞核中，作染色體 (Chromatin) 之主成分，於細胞之生長及增殖上有深關係者。將核蛋白質分解之，則可得一種蛋白質與核素 (Nuclein) 更分解之則核素又生成一種蛋白質 (Protamine 或 Histone) 與核酸。核酸更分解而為磷酸糖質，Purine 體 (主為 Adenine 及 Guanine) 及 Pyrimidin 鹼質 (Thymine, Cytosine, Uracil) 等。但後二種有俱生成者，亦有僅生成其中之一者也。



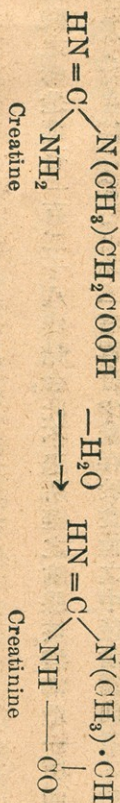
Nucleoside 二者 Purine 鹼質或 Pyrimidine 鹼質與糖相結合而成之一種配糖體

(Glucoside) 自 Purine 與糖而生成者為 Purine nucleoside，自 Pyrimidine 與糖而生成者為 Pyrimidine nucleoside 也。Nucleoside 與磷酸相結合之物稱為 Mononucleotide，此物幾個相集合者謂之 Polynucleotide。通常動植物體內存在者為 Tetranucleotide 而所謂真正核酸者亦為四個 Nucleotide 所成之 Polynucleotide。據 Feulgen 氏之說，胸腺核酸鈉鹽之構造，似為次示云：



關於此核酸之構造應有一百二十八樣結合，此不過所擬之胸腺核酸構造一種而已。

Creatine 及 Creatinine 此二者皆有少量存於食物之中。後者為前者之無水物。即



尿中出現之物，固有從食物中來者（外生），但大部分仍為內生。食物中之 Creatinine 固大部分原狀排出於尿中，但 Creatine 則在體內不知何處消失。小兒之尿中存在之 Creatine 量甚多，但男兒則一過 7—8 歲即消失而無有出現於尿中者矣。女子尚能繼續排出，至天癸期猶有排泄者。其後亦每月經時，妊娠時，或產褥中均排泄之也。分娩後一日有排泄 Creatine 達 100—200 公絲者。患某種病時雖大人亦於尿中發見 Creatine 云。

Creatinine 之排泄量，大人一日平均有 0.8—2.0 公分。但亦於食物之蛋白質無有關係。觀次表自為明瞭。絕食時，患糖尿病時，或攝取缺乏糖質之食物時，皆 Creatinine 消失而 Creatine 增加。至於此二者之和量，則與攝取含有糖質之食物時無大差異也（內生代謝）。因之而有主張變為 Creatine 須有糖質之存在者。

蛋白質攝取量與尿中氮素分布之關係表

食物	分量 (g)	尿中氮素之分布 (g)						
		熱量 Calorie	全氮	尿素氮	氨氮	尿酸氮	Creatinine 氮	其他氮
蛋白質二八〇—二九〇g 氮								
脂肪一四八		二七八六	一六·八	一四·七〇 (八七·〇%)	〇·四九 (三·〇%)	〇·一八 (一·一%)	〇·五八 (三·六%)	〇·八六 (四·九%)
糖質二二五								
蛋白質六〇—一〇〇g 氮								
脂肪五二		二一五三	三·六	二·二〇 (六一·七%)	〇·四二 (一一·三%)	〇·〇九 (二·五%)	〇·六〇 (一七·二%)	〇·二七 (七·三%)
糖質四〇〇								

排出於尿中之 Creatine 似來自各組織中存在之 Creatine 者。肌肉中存在之 Creatine 特別排出於尿中甚多。即肌肉崩潰旺盛時 Creatine 之排泄量增加也。雖然，如何因肌肉物質代謝而生，又經從何物質而生，其機序則皆未明。哺乳動物之肌肉中含 Creatine 0.25—0.7% (K₁)。一般言之，新鮮肌肉中則含量甚少，又同一動物體而亦因場所各異其含量。通常白肌肉中含量多於赤肌肉中。又骨骼肌肉中較心臟肌肉及平滑肌肉中尤多也。Creatine 之含量與 Lactacidogen

量相平行云。

Schafer 氏將二十四時間內尿中排泄之 Creatine 氮素公絲 (mg) 數，對於體重一公斤而求得之商數，命名為 Creatine Coefficient (動物肌肉質係數)，以爲肌肉發達之標示。但正否未敢定。Folin 氏又謂 Creatine 及 Creatinine 之排泄量既如前述與攝入之蛋白質無關係而爲來自細胞蛋白質代謝者，則其量之一定不變始爲生活上必須之真正異化作用。至於爲增加遊離熱能而行分解者應爲別種物之標示 (Index) 云云。若然，則 Creatine 與肌肉運動毫無關係，而與筋緊張似有關係者，可以言矣。

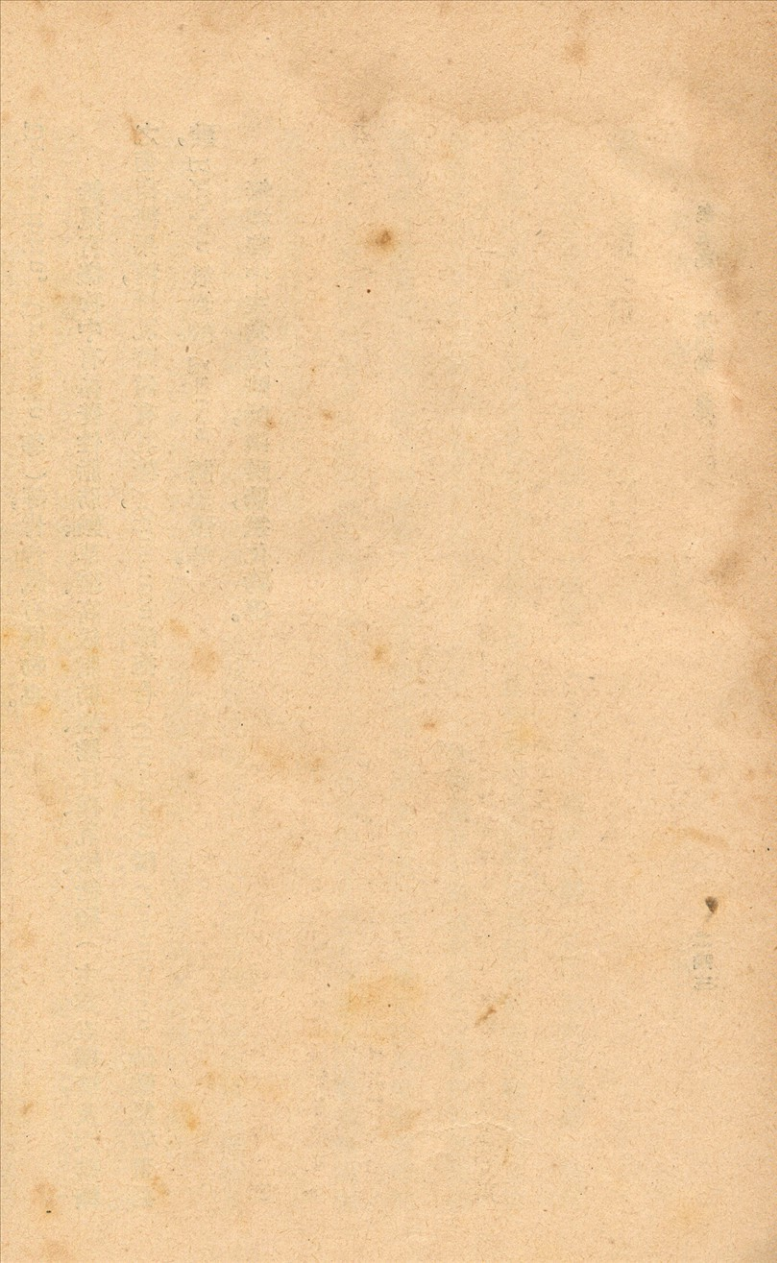
尿中排泄之其他物質 尿中排泄之含氮分解產物甚多，不止上述各種。如將無氮有機物及無機鹽全部而合計之，則更爲多數。此不能一一說述，僅將其中主要者列舉其名稱於次而已。

馬尿酸, Allantoin, 氨基酸 (主爲 Alanine, Leucine, Tyrosine, Cystine 等), Ethyl 硫酸, Indoxyl 硫酸鉀, Scatoxyl 硫酸鉀, 芳香性氫氧酸 (主爲 Oxyphenyl 醋酸, Oxyphenyl propion 酸等), Homogentisic 酸, 尿色素 (主爲 Urochrome, Urobilin, Urobilinogen,

Uroerythrin, Urooselin 等) 等, 皆含氮有機物也。

無氮有機物中有揮發性脂肪酸、草酸、高級脂肪酸、膽汁精、乳酸、糖類 (主爲五碳糖, 及六碳糖之葡萄糖、果糖, 授乳時尙有乳糖) (Glucuron 酸, 抱合 Glucuron 酸, Chondroitin 硫酸, 氫氧蛋白酸, Rhodan 氫素酸, Taurin 誘導體等。

無機鹽中主爲硫酸鹽, 磷酸鹽, 氯化物等。



第六編 物質代謝及熱能代謝

吾人爲經營生活現象而體內不斷有物質之消耗及熱能之放散。一方又攝取食物以補之。此物質與熱能之一進一出，卽所謂出納之狀況者爲代謝及營養上之重要問題。必明瞭此狀況，而對於物質與熱能之耗散上能講究補救之道，則營養始能稱爲合理。夫爲代謝之基礎者，既爲物質不滅與熱能不滅之二法則，而代謝量又主因生活狀態而定，非爲攝取之物質質量與質所直接支配，故先明瞭耗散之狀況然後樹立對應之策，自爲最實際的順序也。

代謝及營養，不僅爲研究室內或一個人衛生上之問題，在國家之經濟產業等上亦有重要關係。凡文明國家皆有食物研究所及營養研究所之設立者，其原因在此乎。

第一章 代謝之研究法

物質之出納 人生一日不食則饑，久不食則死，是攝取食物乃所以保生命也。食物之主要者爲蛋白質脂肪糖質等三大有機營養素（無機鹽類及維生素亦必要），而在體內分解者亦主爲此三種。卽此三種在體內受一定之變化而成爲代謝終產物以排出之也。水及水中可溶之物質則排出自尿及汗。碳酸氣與水蒸氣則排出自呼氣。脂肪及糖質之完全燃燒者則盡變爲碳酸氣與水，而蛋白質之無氮部分亦變爲碳酸氣與水，惟氮素則除有微量從汗中排泄外，皆出現於尿中也。故將攝入之食物量與其成分求得，並將其中不能利用而成爲糞以排出之部分減去，則吸收入身體之物質可以全知。更將尿與呼氣分析（汗以其微量而蔑視之）則自身體向外出之物亦可了解。如此出入兩方一比較，則物質代謝之狀況明矣。凡排出之物皆較攝入之物，化學的構造簡單，故二者得以重量單位（公分，Gramme）比較之也。

食物及糞尿之分析，應用普通之化學分析卽可，故其方法無記載之必要。大多數之國家，對於其國人常用之食品，俱有分析成績，作成食品分析表販賣，故不必一一就所用之食品而行分析，卽取其分析表上之平均價亦可。至於呼氣之分析，則用後記之呼吸器械行之最便也。

熱能之出納 熱能之出納亦與物質之出納相同。熱能之攝入則爲含有化學的持滿性（現在非活動性）熱能之食物。即吾人攝取蛋白質、脂肪、糖質等物質時，同時亦攝取此等物質中所含之熱能也（無機鹽類及維生素則不供給熱能）。食物而在體內分解時，其中潛在之熱能即行遊離，吾人則取此遊離熱能而利用之。熱能之在使用放散時也，其形爲熱或機械的熱能。在哺乳動物體內，其電氣熱能之放散，尙未達能測定之分量。因其攝入時之形與使用放散時之形各異也。故欲直行比較其兩者而知其出入之狀況，則有所不能。惟有先對於兩者而定以共通之單位，用此單位將兩者評價而比較之耳。其共通單位，普通採用熱單位之熱級（Calorie）。一方將食物所具有之化學的熱能以熱級表之。他方又將吾人之日常起居，步行及其他一切動作，皆以熱級評價。其不斷放散之體溫（熱之熱能）亦計算爲熱級。如是以熱級比較出入兩方之熱能，則熱能代謝之狀況可知矣。

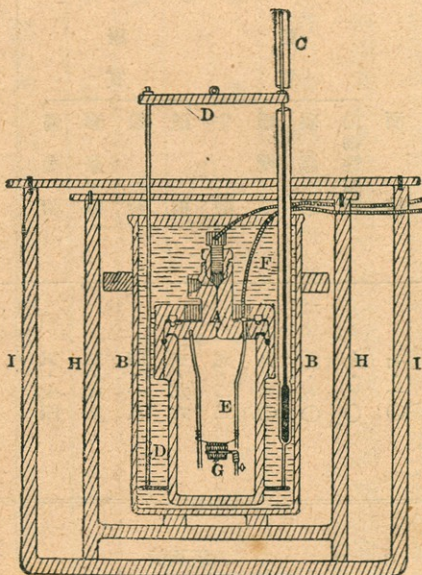
測定食物所含之化學的熱能，使用爆發熱量計（Bomb calorimeter），測定自身體放散之熱能則使用呼吸熱量計（Respiration calorimeter），其記載均詳後。

熱級 熱級爲熱之單位，亦有稱爲熱量或熱價者。一大熱級（略字爲 Cal.）爲一升之水自攝氏十五度升高至十六度所要之熱量，故又稱爲一公斤熱級（Kilogram calorie）。一小熱級（略字爲 cal）云者爲前者千分之一，又稱爲一克熱級（Gram calorie）。營養上所用者除有特別記載外，皆爲大熱級。一大熱級之熱量，與逆地球之引力而將 427 公斤之物體舉高一米所要之機械的熱能相當，故工作量得與熱量互相換算也。

第一節 攝入熱能量之測定法

食物之熱量 吾人所攝取之熱能，幾全部爲食物所具之持滿性化學的熱能。欲將食物所具有之熱能以熱單位測定，則使用爆發熱量計爲最便。其構造如後圖。

其使用時先將試料（一定量）放入白金皿中而以氧氣充分填入，加壓約達二十氣壓以充填之可也。然後將爆發器蓋緊密閉塞，通以電流，急速使之燃燒，殆達爆發程度。此時發生之熱量則傳入爆發器周圍之水（一定量）中而見其溫度上昇。此溫度則記取之以計算物質一克之熱量。



爆發熱量計之構造圖

A: 爆發燃燒器。乃用炮煩用鋼製造者，外鍍有白金。其蓋以深螺釘緊密釘閉。放入試料之後，壓填氧氣於其中（約達二十氣壓），全部秤量而沈諸水槽。

B: 水槽。水則秤量盛入。

C: 百分之一度之寒暖計。

D: 攪拌器。與小電氣馬達相連結，以便攪動。

E: 支持白金皿而又為電導線之用者。

F: 外部之電線。

G: 白金皿。其中盛試料。

H及I: 二重箱。

普通食品上所用各物一克 (1g) 之熱量如次：

物質 (1g)	熱量 (Cal)	物質 (1g)	熱量 (Cal)
<p>糖質</p> <p>葡萄糖 三·七四</p> <p>麥芽糖 三·九五</p> <p>澱粉 四·一八</p> <p>蔗糖 三·九六</p>		<p>蛋白質及其關係者</p> <p>脫脂肉 五·七八</p> <p>犢牛肉 五·六六</p> <p>卵 Albumin 五·七四</p> <p>Cystine 四·一四</p> <p>Tyrosine 五·九一</p>	
<p>脂質</p> <p>牛油 九·二三</p> <p>橄欖油 九·五〇</p> <p>硬脂酸 九·五〇</p> <p>動物性脂肪 九·五〇</p>		<p>尿 二·五四</p> <p>尿酸 二·七四</p> <p>水 〇·〇〇</p> <p>碳酸 (CO₂) 〇·〇〇</p>	
<p>酒精 七·一〇</p>			

食物在動物體內所起之氧化甚徐緩，且生成種種之中間產物。如完全燃燒時則與爆發熱量計所測定之熱量完全相同也。例如糖質與脂肪在體內完全氧化而為碳酸 (CO₂) 與水 (H₂O)，其

發生之熱量全與熱量計中所測定者相等。唯蛋白質稍異趣而已。在體內不能完全氧化，以尿素尿酸及其他有機物為分解產物而排泄之。取此等排泄之分解產物而放入熱量計中檢之，尙可得若干之熱量，故計算時非將此等尙未燃燒發出之熱量減去不可也。況攝取食物之全量中尙有未能吸收利用者耶。凡此等損失量，計糖質真 20%，脂肪有 5%，蛋白質有 8%，故營養素一克在身體內之實際發生熱量（平均）則如次表：

營養素	爆發熱量計內	人體	體內
糖質	四·一	四·一	四·二
脂肪	九·三	九·三	九·四
蛋白質	五·八	四·一	四·一五

觀此表則知在人體內與爆發熱量計內有差異矣。而在人體內發生之熱量亦因實驗者而有多少差異。三種測驗數之中前種（上）為 Rubner 氏所測，後種（下）為 Atwater 及 Tiegerstedt 氏所測者也。

營養素之熱量既如是知之矣，則吾人所攝取之食品，縱不一一使用爆發熱量計測驗，亦可照食品分析表計算。即以上表中之係數乘食品分析表之營養素量而求其和可也。例如牛乳之分析表，爲含蛋白質 3.4%，脂肪 3.8%，糖質 4.9%，而 100 克牛乳應發生之熱量爲 $3.4 \times 4.1 + 3.8 \times 9.1 + 4.9 \times 4.1 = 68.6$ Cal. 1 磅牛乳（作爲 453 克）之發熱量爲 311.3 Cal. 可知矣。普通食品分析表中，並將食品百克之熱級一一記入者，故使用更爲便利。

各營養素又可準其熱量而互相代償者。在體內爲發生同一量之熱能而要之營養素量謂之等力價 (Isodynamic value)。即在體內蛋白質及糖質之各約 2.3 克與脂肪 1 克等力而可以代償脂肪 1 克也。

熱能之轉變與不滅 如上所記水與碳酸不發生熱，而食物則發生熱。此熱究自何處來者耶？凡植物界之合成有機物，皆爲必須自外界供給熱能之吸熱反應 (Endothermal reaction) 乃吾人所知者。此吸熱反應實可云爲吸熱能反應 (Endoenergetic reaction) 其熱能之來源爲日光也。據 Abbot 氏之實測，自太陽來之熱能，對於與日光爲直角之平面 1 cm^2 每 1 分間爲 1.93

—1.95 小熱級 (Abbot 氏之太陽常數) 云。故如是造成之食物，已將日光之熱能變為化學的熱能而貯藏於其中者。及其被氧化時則又放散出與初時吸收之熱能量同等之熱能量。即化學的熱能變形為熱之熱能而營放熱反應也。自熱能言之，又可謂之放熱能反應。此熱能又有時變為機械的熱能而工作。吾人種種之動作，即此機械的熱能使之然者。又吾人之體溫，亦來自營養素氧化所發出之熱。遠求之則其源在太陽矣。

熱能既如是能變化為光，熱，機械的熱能，化學的熱能，以及其他種種之形，則在吾人體內自亦能變形者。體內熱能之轉變主在細胞原形質內行之。雖形有種種轉變，而其熱能自身則永久不生不滅。即所謂物質不滅與熱能不變之大法則者，無論生物界與無生物界，皆嚴格行之，而毫無相違悖之處也。

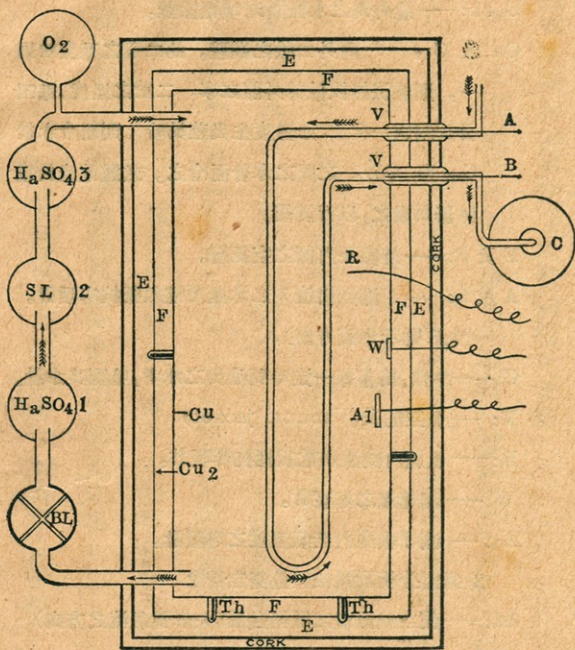
第二節 呼氣及放散熱能量之測定法

呼吸熱量計 測定吸入之氧氣與呼出之水蒸氣及碳酸氣者，使用呼吸計。現今最完備之呼

吸計，莫過於 Atwater-Rosa-Benedict 氏之呼吸熱量計 (Respiration calorimeter)。此器械之構造，如次圖所示，爲防熱之逃散而有二枚銅板及木栓板所作成之箱（呼吸室），將欲測驗之人或動物放入箱中，而以蠟封閉其出入口。其人用者箱中尚有安臥或倚靠之器具，其箱之廣大可知矣。（又呼吸室中所備之呼吸計，亦有適於犬豚兔鼠等實驗動物之裝置。最小者可作實驗昆蟲之用。亦有未附直接熱量測定裝置者。）

呼吸熱量計得作二種目的使用。一爲以熱量計直接測定被驗者自呼吸氣及皮膚放散之熱量。二爲以呼吸計測定被驗者吸入之氧氣及呼出之水分及碳酸氣量，由此以計算其被驗者所放散之熱量。呼吸熱量計可作爲呼吸計與熱量計使用，故直接間接二種之測定可同時行之也。

(1) 直接熱量測定法 使用呼吸熱量計，則居於其中之被驗者所放散之熱，毫不至逃散，故內部之空氣應次第增暖而至與被驗者之體溫同溫度。但此熱量計內設有水管，流入管與流出管之間連結有多數 U 字形管（圖中僅表示一個），常通以冷水而自熱量計內奪取空氣之溫熱，不使氣溫增高至一定度（約 23°C 。）以上。凡被驗者所放散之熱，結局皆爲水所運出於外，故得



Atwater-Rosa-Benedict 之呼吸熱量計構造圖

(1) 一般構造及直接熱量測定裝置

- Cork: —— 最外側之木栓質充填絕緣壁。
- Cu 及 Cu₂: —— 內外二枚之銅壁。此二壁之溫度如同一，則熱決無放散於外部之事。二壁之溫度，每四分間測定一次。如溫度生出差異時，則通冷水於 Cu₂ 與 Cork 之間之水管而冷之。或通電流於電熱器而溫之，以行調節。

E 及 F: —— 外側及內側之空氣層。

A 及 B: —— 測流出流入之水溫用電氣抵抗寒暖計。

(矢形則示水流方向)。

C: —— 水槽，貯蓄每一時間流出之水者，並測其水量。

V: —— 真空包衣(Vacuum jacket)

R: —— 直腸內檢溫用電氣抵抗寒暖計。

W: —— 測壁溫之寒暖計。

A₁: —— 測呼吸室內空氣溫度之寒暖計。

(2) 氣體分析及間接熱量測定裝置

B₁: —— 使空氣循環之風箱裝置(矢形爲氣流之方向)

H₂SO₄1 —— 吸收空氣中之水分用硫酸。

Sl 2 —— 吸收 CO₂ 用之蘇達石灰(Soda-lime)。

H₂SO₄3 —— 吸收自 Sl 生出之水分用硫酸。

O₂: —— 氧氣槽。

以測定之也。被驗者於一定時間內發生放散之總熱量，可由次之計算而知之者。

總熱量 = 流入及流出水之溫度差 × 水量

+ 呼出水分及蒸發水分所帶之熱量 ($H_2SO_4(1)$ 之重量增加)

$\times 0.586 \text{ Cal}(20^\circ\text{C. 時水一克之蒸發潛熱})$

土壁之溫度變化 × 箱之比熱

土被驗者之體溫變化 × 人體比熱 (0.83)

(2) 瓦斯分析法 (即間接熱量測定法) 自 B1 之風箱裝置，將空氣向矢之方向煽動。使被驗者呼氣中之水分吸收於 $H_2SO_4(1)$ 中， CO_2 吸收於蘇達石灰 (2) 中，自 (2) 出之水分吸收於 $H_2SO_4(3)$ 中。如是 CO_2 被吸收，則箱內空氣之容積即行減少，故與此同容積之氧氣則自動的由氧氣槽而來。此呼吸瓦斯量即可因次之測定而知之也。

$H_2SO_4(1)$ 之重要增加 = 呼出水分及蒸發水分量，

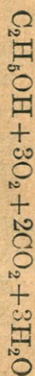
$SI(2)$ 及 $H_2SO_4(3)$ 之重量增加和 = 呼出碳酸氣量，

O_2 槽之重量減少 = 吸入氧氣量。

從此測定之氧氣消費量及碳酸氣發生量以計算被驗者放散之熱量，其法如次之順序說述。

呼吸商或呼吸比 (Respiratory quotient) 爲作對照比較，而於此呼吸熱量計內燃燒一

定量之酒精，將其發生之熱量，消費之氧氣量，發生之碳酸氣量，並此二者之比及水量測定，則與理論上之值極相一致。即酒精 (Ethyl alcohol) 燃燒時起次之化學變化：



$$\therefore R.Q. = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{2}{3} = 0.666$$

此 R. Q. 即呼吸比之略字也。即一定時間內所吸入之氧氣與同時時間內所呼出之碳酸氣之容積比。隨體內所氧化之物質如何，而此呼吸比各異。糖質所含之 O 與 H，恰爲以 H_2O 之比含存之者，故氧化時所攝入之 O_2 僅能用以氧化 C 即足。發生之 CO_2 與用作氧化之 O_2 爲同一容積，是以呼吸比常等於一。脂肪則不然，分子內含氧甚少，故氧化時自外攝取之氧氣，於氧化 C 爲 CO_2 外，尚須用以氧化一部分之 H 爲 H_2O ，因之用作氧化之 O_2 常比發生之 CO_2 容

積大，呼吸比所以常小於一也。食用脂肪通常爲 *Palmitin*, *Stearin*, *Olein* 等之混合物，故含 $C 76.5\%$, $H 12.0\%$, $O 11.5\%$ ，呼吸比等於 0.707 。蛋白質之呼吸比，則在脂肪與糖質之間，如肉蛋白質者則呼吸比爲 0.801 也。呼吸比如明，則體內燃燒之物質爲何種類，可以知矣。

體內而燃燒蛋白質，則其所含氮素全行排出於尿中（間亦有微量氮素自汗中排出）。蛋白質爲約含 16% 之氮素者，故乘此 6.25 於尿中氮素量則可得體中分解之蛋白質量。據 *Rubner* 與 *Loewy* 氏之研究，爲氧化蛋白質而排泄一克氮素於尿中，非有氧氣 8.49 克即 5.94 升不可。同時可生產 $CO_2 9.35$ 克即 4.76 升。其時發生之熱爲 26.51 Cal. 1% 。由此數字及尿中測定之氮素量則可求得蛋白質燃燒時所消費之氧氣量及發生之 CO_2 量矣。自全代謝之氧氣及碳酸氣量中將此減去，則所餘之 O_2 及 CO_2 之容積比，即爲糖質與脂肪燃燒時之呼吸比。此稱爲非蛋白質呼吸比（*Non-Protein R. Q.*）。知此非蛋白質呼吸比，則照次列 *Zunz-Schumburg-Lusk* 氏之表，可以查得糖質及脂肪之燃燒比率。而對於其時已消費之氧氣一升所發生之熱量亦可知也。

Zunz-Schumburg-Lusk 氏非蛋白質呼吸比對於 O_2 一升之熱發生量，糖質及脂肪之燃燒比率表。

非蛋白質呼吸比	發熱之分解物比率		消費氧氣一升時之發熱量(Cal.)	非蛋白質呼吸比	發熱之分解物比率		消費氧氣一升時之發熱量(Cal.)
	糖質%	脂肪%			糖質%	脂肪%	
〇・七〇七	〇	一〇〇・〇	四・六八六	〇・八六	五四・一	四五・九	四・八七五
〇・七一	一・一	九八・九	四・六九〇	〇・八七	五七・五	四二・五	四・八八七
〇・七二	四・七六	九五・二	四・七〇二	〇・八八	六〇・八	三九・二	四・八九九
〇・七三	八・四	九一・六	四・七一四	〇・八九	六四・二	三五・八	四・九一一
〇・七四	一二・〇	八八・〇	四・七二七	〇・九〇	六七・五	三二・五	四・九二四
〇・七五	一五・六	八四・四	四・七三九	〇・九一	七〇・八	二九・二	四・九三六
〇・七六	一九・二	八〇・八	四・七五一	〇・九二	七四・一	二五・九	四・九四八
〇・七七	二二・八	七七・二	四・七六八	〇・九三	七七・四	二二・六	四・九六一
〇・七八	二六・三	七三・七	四・七七六	〇・九四	八〇・七	一九・三	四・九七三
〇・七九	二九・九	七〇・一	四・七八八	〇・九五	八四・〇	一六・〇	四・九八五
〇・八〇	三三・四	六六・六	四・八〇一	〇・九六	八七・二	一二・八	四・九九八
〇・八一	三六・九	六三・一	四・八一三	〇・九七	九〇・四	九・五八	五・〇〇〇
〇・八二	四〇・三	五九・七	四・八二五	〇・九八	九三・六	六・三七	五・〇二二
〇・八三	四三・八	五六・二	四・八三八	〇・九九	九六・八	三・一八	五・〇三五
〇・八四	四七・二	五二・八	四・八五〇	一・〇〇	一〇〇・〇	〇	五・〇四七
〇・八五	五〇・七	四九・三	四・八六二				



由此表之數字與實測之氧氣消費量，則知因非蛋白質物分解而發生之熱量。又他方因蛋白質之分解而每排出一克氮素於尿中時有 26.51 Cal. 之熱發生，是能知尿中之氮素量後，則因蛋白質分解而生之熱量亦可求得。如此蛋白質分解之熱量與非蛋白質分解之熱量相加，即可得熱之總發生量。

照上所述，則知尿中氮素量，吸入氧氣量，呼出碳酸氣量後，即不用熱量計亦可因計算而間接求得發生放散之熱能總量，不其顯然乎。茲更舉一例以明之。有體重 12.75 公斤之犬，曾就此犬而直接及間接測定其一時間發生之總熱量者。可結果如次表。實測所得之數字為呼出 CO_2 6.75 克，吸入 O_2 6.17 克，R.Q. = 0.79，尿中氮素 0.136 克。其放散之熱量，以熱量計直接測定者與以呼吸計而間接計算得之者，最能一致。Lusk 氏等曾就犬如是施行二十二次比較試驗，謂兩法之差不過 0.6% 耳。



呼吸代謝(實測)	CO ₂ (g)	O ₂ (g)	R.Q.	尿中N(g)
	6.75	6.17	0.79	0.136

一) 蛋白質分	0.136 × 9.35 = 1.27	0.136 × 8.49 = 1.15		
非蛋白質分	5.48	5.02	0.79	3)

(I)間接法

(II)直接法

蛋白質量

$$0.136 \times 26.51 = 3.60 \text{ Cal.}$$

(5)

十) 非蛋白質熱量	3.51 升 O ₂ × 4.788 = 16.83 Cal.		
總熱量	20.43 Cal.	20.92 Cal. (實測)	

二法之差

2.5%

〔註〕

- (1) 尿中氮素一克相當之 CO₂ 發生量(g)
- (2) 尿中氮素一克相當之 O₂ 消費量(g)
- (3) 非蛋白質分之呼吸比(偶然與全代謝之 R.Q. 相一致者)
- (4) 尿中氮素一克相當之發熱量(Cal.)
- (5) 非蛋白質分之 R.Q. 等於 0.79 時, 一升 O₂ 相當之熱發生量 (Cal.)
(5.02g O₂ = 3.51 升)

呼吸熱量計雖極正確，但要大規模之裝置，因之需價甚昂，且非三人操作不可，故多不便。單用呼吸計而行之間接測定，既如前述，相差甚微，頗能得相當正確之結果，則各種簡易之呼吸計是以有製作之必要。所謂簡易呼吸計者，不設被驗者之呼吸室，單以彈機塞鼻孔而使口啣嘴管，抑或面覆以掩口鼻之氣密面具。嘴管或面具內俱設有適當之瓣，以防呼氣與吸氣之混和。吸氣呼氣俱由二橡皮管分別與氧氣槽及呼氣槽相連結。

如此構造之簡易呼吸計，有閉塞式與開通式二種。閉塞式呼吸計乃於特殊狀況（如測基礎代謝之休息狀態時，呼吸比在 $0.82-0.83$ 間者）之下，用以單測氧氣之消費量，而計算熱發生量者。開通式則無氧氣槽，甚為輕便，使用最多，而種類亦不少。吸少大氣，僅呼氣以容器貯之。將大氣與呼氣分析比較，則氧氣之減少量與碳酸氣之增加量可知。自此以求得呼吸比，而與前記同樣行計算可也。在此等計算時，有以全代謝之呼吸比代非蛋白質呼吸比者。因二呼吸比縱不區別，其誤差亦少。據 Magnus-Levy 氏之研究，其誤差不過 3% 云。又體內燃燒之蛋白質量比脂肪與糖質兩者之燃燒量則甚少，且有一定之比，對於氧氣一升而生之熱量三者亦幾相同（澱粉約 5 Cal 。

脂肪約 4.7 Cal, 蛋白質約 4.6 Cal.) 故混同之亦誤差甚小。因之此開通式呼吸計之結果計算亦甚爲簡單也。

開通式呼吸計中最有趣者爲 Douglas 氏之囊，短時間之呼氣分析，多使用之。卽貯蓄呼氣之容器爲一氣密之防水性大布囊。囊口有活栓與橡皮管。橡皮管之他端與有瓣之嘴管或面具相連結。被驗者雖將此囊折疊負之出研究室外亦可。當實驗開始時使被驗者塞鼻孔而口啣嘴管（或面蒙面具），開囊之活栓而背負之，行起立，步行，疾走，或種種勞動等欲行之動作，而貯蓄必要時之呼氣。或每換一動作而別易一囊。如是實驗完畢之後，則將囊栓關閉。並將其測驗地之空氣別以容器盛之，共同持回而分析比較。其計算法則如上。

呼吸計既如是之簡易，而瓦斯分析器亦有種種改良。常用之 Haldane 氏容量分析器，乃使 10% KOH 與被驗空氣相接觸，從此容積之減少以求碳酸氣量，並用溶解焦性五倍子酸 (Pyrogallol) 於飽和 KOH 中而爲 10% 之液，以吸收氧氣，因其容積減少而求氧氣量者。碳酸氣量與氧氣量求得後，則後之計算可行也。

吾人每一動作所必要之熱能，或一日生活需要幾何熱能，在今日已有如上之方法測驗計算之矣。此測驗計算之結果，即表示吾人體內物質之消耗量者，非用食物以補此消耗不可。故吾人所應攝取之營養素量，亦以此為計算之基礎也。

第三節 物質及熱能之出納一覽表

照上述之方法，能以同一單位測定物質與熱能出入吾人身體內之量，因之出納一覽表亦可作成。即將實驗期中攝取食物之種類及重量先行記之，並將各種食物所因分析而知之水分、蛋白質、脂肪、糖質等分量，以及氮、氫、氧、碳等重要元素之量，所含鹽類之量，食物之熱量，一一列記，則攝入方面者已完全明瞭。他方所有同期中之尿尿及呼氣（有時汗亦加入）並分析之而就其全體排出物質以列記上述諸項，並計算 CO_2 量，且測定其放散熱量而記入之，則排泄方面者又明。入吾人身體時之物質與熱能及出吾人身體時之物質與熱能，既以同一單位全部列記明白，則出納之過不足，一覽即知矣。一覽表之作例，茲因節省篇幅而省略之，僅揭一指示出入徑路之表於次：

物質及熱能之循環

<p>自然界 ↓</p>	<p>日光 (葉綠素) 無機物</p> <p>↓</p>	<p>自然界 ↓</p> <p>日光之熱能 ↓</p>
<p>人體內</p> <p>物質攝取 ↓</p>	<p>食物 氧氣</p>	<p>熱能攝取 ↓</p> <p>(1) 主攝取者，食物具有之持滿性(化學的)熱能</p> <p>(2) 比生體溫度尤高溫之食物所有之活動性熱能(即熱)亦攝入</p>
<p>物質及熱能之代謝</p> <p>體內之變化 ↓</p>	<p>同化及異化 (物質不滅)</p>	<p>體內之變化 ↓</p> <p>熱能形之變更 (熱能不滅)</p>
<p>物質排泄 ↓</p>	<p>(1) 尿中排出者： 水，有機性終產物，無機鹽</p> <p>(2) 呼氣中排出者： 碳酸氣，水蒸氣</p> <p>(3) 皮膚排出者： 水，微量之有機物</p> <p>(4) 尿中排泄者： 不消化分及不吸收分</p>	<p>熱能放散 ↓</p> <p>(1) 人體放散之全熱量</p> <p>a. 輻射，傳導，水分蒸發等方法所放散者(主要放散)</p> <p>b. 隨排泄物而失之活動性熱量</p> <p>c. 排泄物中所含有之持滿性熱量</p> <p>(2) 人體動作而失去者</p>
<p>自然界</p>	<p>全行分解為無機物，一部分再為植物所利用</p>	<p>自然界</p>

△
代謝之平衡 若出納兩方之量殆相等時，則爲代謝得其平衡而生活現狀可以維持。攝取量多而排泄量少者，爲營養素（或熱能）之一部沈着於體內之表示。此現象之能長久繼續者，唯病後恢復期，生長期，或因過賸物質而起之肥胖等時見之。反之而攝取量少，排泄分解量多者，所以表示身體成分之消耗，當即陷於飢餓之狀態。久如是，則必至瘠瘦，到極端時則死。欲最簡單了解代謝平衡與否者，則測體重之增減即可。但此體重增減，亦因種種之原因（如身體之水分含有量等）而不一樣。必在同一條件之下，長時日間，數回繼續測驗，始可得其結果之概要耳。

體溫 體溫於熱之熱能上頗有關係，茲附記其概要於此。吾人須維持一定度之體溫，其溫源爲營養素氧化時所放出之熱也。營養素之氧化，徧起於身體各部，故熱亦各部皆有放出。但主要處所則爲骨骼筋，肝臟，呼吸筋，心臟，及腎臟等。而骨骼筋肉所發生之熱尤多，約佔全發生熱量之過半云。

體溫之放散 體溫又因種種原因而散失。Rubner氏曾於溫濕度中等處所就休息男子而測驗之者。其結果如次。體溫之放散，即熱能之放散，凡以熱量計測之者皆是也。

放散原因	Cal.	%
1. 溫暖食物	四二	一·五六
2. 溫暖吸氣	三五	一·三〇
將空氣一一·六公斤由攝氏一七·五度溫暖為三〇度		四·七五
3. 工作之熱當量	五一	一·八九
4. 水分蒸發(自肺與皮膚蒸發九三一克水)	五五八	二〇·六六
5. 輻射放散	一一八一	四三·七四
6. 傳導放散	八三三	三〇·八五
計	二七〇〇	一〇〇·〇〇

如為筋肉勞動者，則熱之放散量更顯著增加。其原因在體內須多氧化物質。因之而補充此放失，又非有多量食物不可者也。靜止時與勞動時之溫度放散比較試驗，有 Atwater 氏之發表成績，茲揭示於下表。

體溫調節 外氣溫度若降，則體內之物質必盛為氧化，以使筋肉之緊張增高，而發生多量之

熱。因之失去多量之熱能。反之如空氣溫度高則筋必弛緩而倦怠，遂減少物質分解以調節熱之發生。此謂之化學的調節。又有所謂理學的調節者，主為熱放散之調節也。即外氣溫度高則皮膚血管

放 散 原 因	靜 止 時	勞 動 時
1. 傳導	1683 Cal.	31340 Cal.
2. 排泄物(糞尿)	31	26
3. 水分蒸發(肺及皮膚)	548	859
4. 工作之熱當量	—	459
合 計	2262	4676

擴張而起充血，致分泌多量之汗。汗之被蒸發時，對於水分一克，須以蒸發潛熱而從體內奪去約 0.6 Cal. 之體溫。夏日或勞動後必發多量之汗者，正為奪熱而理學的調節體溫耳。反之，而外氣溫度低，則皮膚血管收縮以減少汗之分泌，致水分蒸發少而熱之放散減，亦理學的調節法也。

外氣溫度至 35°C. 以上時，則傳導作用已不能行，專因水分蒸發而調節體溫也。例如航行熱帶之船內機器室，縱行送氣與排氣，其室內溫度亦必在 46—49°C. 此時傳導既不能行，唯有賴水分蒸發之一法。故機器室職員每一當值四時間內須飲約二升之水。將此二升水全部蒸發可從體內奪去 1200 Cal. 之熱云。

第二章 基礎代謝

基礎代謝之意義 如前 Atwater 氏之溫度放散比較表所示，行肉體之勞動工作者，熱之熱能放散必顯著增加。而體內必增加物貨之氧化，即增加代謝量也。無論一舉手，一投足，或飲食食物，凡有動作，皆所以使代謝量增加者。故研究代謝者，必須先將如是增加代謝量之原因悉行除去，而求得其爲生存而必不可少之最小代謝量。因所欲研究之種種原因而增加之代謝量則分別測定以加算於此中，稱最便利也。

選擇前夜之晚餐後，經 12-16 時間尙未用朝餐之時，於最快活之室溫處，行三十分以上之身體快樂，而靜穩仰臥於牀上。如是行之，則因無運動，自無熱能之消費。且因攝取食物而起之消化器運動，以及消化腺之分泌，皆已完了。正在所謂吸收後之狀態 (Post absorptive) 時。室溫又適當，自皮膚放散熱亦少。簡言之，在如是狀態時，熱能之消費最少，體內物質之消耗亦最少也。雖然，縱

到如此狀態，猶須有若干熱能之消費。蓋因血液循環，呼吸器動作，筋肉保持某程度之緊張，體溫維持，以及肝臟腎臟並他臟器爲行分泌或排泄而反抗滲透壓以運水分鹽類及他物質等等，皆非消費熱能不可也。凡此皆爲生存上所不得已之消費，即將熱能消費極度節約後之最小使用量。此種適當氣溫下，完全靜止時之代謝，稱爲基礎代謝 (Basal metabolism)，又曰維持代謝 (Erhaltungsumsatz)。欲求基礎代謝者，將被驗者放置於如此狀態之下，而以呼吸計測定其氧氣消費量及碳酸氣發生量即可。但此氧氣量與碳酸氣量，皆示其最小量者。然後以計算求其熱發生量，而用對於一定單位之熱量表之可也。

基礎代謝量，在同一個人而無論何時測定，均常同一。人異則不免稍有差異，但求其對於體重一公斤之基礎代謝量而比較觀之，則知其大體相似。即每體重一公斤，一分間平均攝取 3.64 c.c. 氧氣，發生 2.88 c.c. 碳酸氣。如將氧氣 1 c.c. 之熱發生量作爲 4.83 小熱級計算，則一時間之熱發生量應爲 $4.83 \times 3.64 \times 60 = 1054$ 小熱級，即 1.054 大熱級也。又用 Atwater 氏之熱量計測之，則每體重一公斤一時間之熱發生量爲 0.98 大熱級。是二者最能一致也。以每體重一公斤一

間發生一大熱級視之，大體無誤矣。

B

24
25

1200

又 Nuntz 與 Tangl 氏曾就此種狀態時之消費熱能而計算之者。據云為血液循環而消費者，為全體之 10—15%，呼吸運動消費 15%，腎臟消費 5—8%，肝臟消費 12%，肌肉緊張消費全體之 $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ 。

基礎代謝量之影響因子 基礎代謝量因人而異，前已述之。但此亦有種種原因。茲述其主要者於次：

(1) 身體大小與體表面積 據種種調查之結果，身體大者之需要熱能，自絕對量言，固較身體小者為多，但自每體重一公斤之計算言，卻相反對而消費僅少之熱能即可。照前揭之 Rubner 氏體溫放散表，可知吾人所失之熱能，大部分為自皮膚放散者。身體小者對於體重之比率而體表面積則廣，體大者則相反，對於體重而體表面積較狹也。Rubner 氏又曾就體重各異之犬，而實驗得有顯明之成績者。但體表面積，每一平方米之放散熱則相同。

犬之號數	體重(公斤)	一日之熱發量 (Cal)		
		總熱量	體重一公斤之熱量	體表一平方米之熱量
一	三·一〇	二七三·六	八八·二五	一一一四
二	六·四四	四一七·三	六四·七九	一一二〇
三	九·五一	六一九·七	六五·一六	一一八三
四	一七·七〇	八七·七	四六·二〇	一〇九七
五	一九·二〇	八八〇·七	四五·八七	一二〇七
六	二三·七一	九七〇·〇	四〇·九一	一一一二
七	三〇·六六	一一二四·〇	三六·六六	一〇四六

又 Voit 氏以同樣之意義而就種種大小不同之動物實驗，所得成績，揭如次表。觀此亦知代謝量以體重小者為較多，而與體表面積為比例。此代謝量與體表面積為比例一事，稱為 Rubner 氏之皮膚面積法則云。

動物	體重(公斤)	平均體重一公斤之熱量(Cal.)	與單位體表面積相比例之熱量(Cal.)
馬	四四一	一一·三	九四八
豚	一二八	一九·一	一〇七八
人	六四·三	三二·一	一〇四二
犬	一五·二	五一·五	一〇三九
兔(去耳者)	二·三	七五·一	九一七
鵝	三·五	六六·七	九六九
鷄	二·〇	七一·〇	九四三
鼯鼠(二十日鼠)	〇·〇〇一八	二二二·〇	一一八八
兔	二·三	七五·一	七七六

體表面積之求法 體表面積之求法，有實測或以實測為基礎而行計算等法。茲以例說述於

次。

實測法之例——高比良氏使濡濕之雁皮紙將被驗者之裸體體表，全行黏貼二重，而不使稍

有殘留（眼口皆閉，頭髮剃短，指耳亦封貼）。俟其紙乾後剝脫，將不平者各部割斷而作成平面，以測面器（Planimeter）測其總面積，乘以紙之收縮係數。小泉親彥氏則使被驗者著特別薄之貼肉絨衣，以線而使與肌膚相密著，然後塗熔融之地蠟（Paraffin）於其上，俟其凝固後以剪刀剪脫，更將切縫加入全部而合成爲平面，張貼於面積已知之板上，自一定之距離攝影爲像，剪去其陰影部，秤其感光紙（Film）之重量，由計算而求得其面積。

計算法：——實測時務必將被驗者之身長，體重，及其他重要基點間距離或大小等俱測定。然後自此等數字計算爲務近於實測值之數式。如經行多數之實測而將算式正確作成，則其後一得必要之數字，即可知其體表面積。茲記其一二法式於次：

$$\text{Meeh 氏式} \quad S = W^{\frac{2}{3}} \times C$$

$$S = \text{體表面積 } \text{dm}^2$$

$$W = \text{體重 } \text{kg}$$

$$C = \text{恆數 (人} = 12.3, \text{犬} = 11, \text{馬} = 9)$$

$$\text{Du Bois 氏式} \quad A = W^{\frac{1}{2}} \times H^{\frac{7}{2}} \times 16.72 \quad \text{或} \quad A = W^{0.425} \times H^{0.725} \times 71.84$$

$$\text{即} \quad \log A = (\log W \times 0.425) + (\log H \times 0.725) + \log 71.84$$

$$A = \text{體表面積 } \text{cm}^2$$

$$W = \text{體重 } \text{kg}$$

$$H = \text{身長 } \text{cm}$$

以上二式之中 Meeh 氏式所得結果有比實測過大之嫌。Du Bois 氏式近來日本人方面亦多用之，據云對數式使用尤多也。又 Du Bois 氏將身體認作多數之圓筒或球面所集合。於頭、腕、手、大腿、下腿、足等各處，計測十九個所。就每個所而乘以各自之係數以算出面積。合此等面積而為體表面積。此法亦便。Bois 又曾作出簡易檢索表，俾從身長與體重以查出體表面積。其不用計算式而以作圖求表面積之方法，彼亦已案出之也。

日本陸軍衛生部採用 Du Bois 氏式以計算各兵士之體表面積，謂平均為 1.62m^2 。小泉親彥氏曾以自己之實測法就陸軍士官學校學生及下士一百人而試驗者，其每一人測驗二次，

而前後成績一致者有四十六人，平均體表面積為 1.547m^2 ，更就同被驗者而用 Du Bois 氏式計算之則為平均 1.57m^2 ，可見實測與計算能相符合也。

(2) 年齡、性別、體質等 影響基礎代謝量之第二因子為年齡性別體質等。小兒之基礎代謝量比大人為高。此固為對於體重而皮膚面積較廣，如第一因子中所述。但因生長而細胞富於活力，多需要熱能，亦其原因也。故對於同一單位體表面積所需要之熱能而幼年期與壯年老年者仍各不相同。在幼年期者需要最多，壯年期時始維持一定之價，老年則低下而為壯年期之 80—90%，觀後揭之日本人與歐洲人基礎代謝量表可知矣。

Dreyer 氏謂年齡與代謝量之關係如次式：

$C = \text{代謝量(24 時間之熱發生量 Cal)}$

$A = \text{年齡}$

$W = \text{體重 kg}$

$K = \text{恆數(男子 0.1015, 女子爲 0.1127)}$

$$\frac{\sqrt{W}}{C \cdot A^{0.1333}} = K$$

女子一般比男子代謝量低也。據日本高比良氏之研究，24時間之總熱量，日本之女子比日本之男子低22%，就體表面積言，每一平方米低9%，就體重言，每一公斤低6%云。年齡性別與代謝量之關係，有如下表。其數字爲體表面積一平方米一時間之熱量(Cal.)也。

年 齡	男	女	年 齡	男	女
一四—一六	四六·〇	四三·〇	四〇—五〇	三八·五	三六·〇
一六—一八	四三·〇	四〇·〇	五〇—六〇	三七·五	三五·〇
一八—二〇	四一·〇	三八·〇	六〇—七〇	三六·五	三四·〇
二〇—三〇	三九·五	三七·〇	七〇—八〇	三五·五	三三·〇
三〇—四〇	三九·五	三六·五			

體表面積同則發生熱量殆相同，於肥瘦如何無關云。

日常從事劇烈筋肉勞動之人，雖食後經過15時間之久，而筋肉勞動之影響猶存，代謝量猶未降下至最小值也。高比良氏謂自由勞動者之基礎代謝量，平均每體表面積一平方米，無論男女皆比未勞動之一般人高7%云。Benedict氏亦云體育家比坐事勞作者，高7%。

日本人之基礎代謝量有謂比歐美人低者。其說甚誤。觀下表可知。且有謂 Du Bois 之測驗值過高者，減去 1.8 Cal. 以爲標準，頗合宜云。

被驗者	年 齡	測定人數	二四時之熱發生量 (Cal.)	體表面積一平方米一時間之熱發生量 (Cal.)	報告者
歐洲人男	二〇—五〇	九	—	三九·七	Du Bois
歐洲人男	二〇—五〇	八〇	—	三八·九	Benedict
日本人 男	二〇—五二	七五	二五·八四	三七·三三	高比良英雄
日本人 女	一六—五〇	四三	二四·一二	三三·八四	同上
日本人 男	二〇—五〇	三〇	二八·三	四〇·二三	同上
自由勞工 男	二〇—五〇	二〇	二六·二	三六·四三	同上
日本人 男	二二—二八	四二	一四·二六	三八·七	岡田清三郎
日本人 女	二〇—二二	一一	一二·五八	三六·七五	同上
日本人 男	二三—四〇	一二	一四〇·五	三七·二二	小林不二夫
日本人 女	一八—二六	二九	一二·二三	三五·九四	同上
			總熱量		
			每體重 一公斤		

〔註〕岡田氏所測驗之男人皆東京帝國大學醫學部學生

Benedict 氏之基礎代謝算出表

Benedict 氏曾與 Harris 氏就身長體重年齡而作成

有推算基礎代謝量之表。此為二表所組成者。一為對於體重之基數，一為對於年齡及身長之數也。以此二表數之和數表示基礎代謝量。但就各個之數言，則殊無如何之意義。據云以此表算得之數與實測數相比較，有約 5% 之差。即在此差範圍內相符合也。欲揭其全表，頗費篇幅。茲僅變易示之於次，以期了解其大體而已。

(1) 對於體重之基數

體重(公斤)	男子	女子	體重(公斤)	男子	女子	體重(公斤)	男子	女子
五	一三〇	七〇〇	三五	五五〇	九九〇	六五	九六〇	一二八〇
一〇	二〇〇	七五〇	四〇	六二〇	一〇四〇	七〇	一〇四〇	一三三〇
一五	二七〇	八〇〇	四五	六九〇	一〇九〇	七五	一一〇〇	一三七〇
二〇	三四〇	八五〇	五〇	七五〇	一一三〇	八〇	一一六〇	一四二〇
二五	四〇〇	九〇〇	五五	八二〇	一一八〇	八五	一二三五	一四七〇
三〇	四八〇	九四〇	六〇	八九〇	一二三〇	九〇	一二八〇	一五二〇

(2) 對於年齡及身長之第二數

身長 cm	男				女			
	年	齡			年	齡		
七〇	五	一〇	一五	二〇	三〇	五〇	七〇	一七〇
一〇〇	四	三〇	三〇〇		四〇	三〇		
一二〇		五〇〇	三八〇		一二〇	八〇		
一四〇		七〇〇	五八〇		二二〇	一六〇	一四〇	一二〇
一五〇		八〇〇	六八〇	六二〇	二六〇	二〇〇	一八〇	一四〇
一六〇		七八〇	六六〇	六〇〇	二四〇	二一〇	一六〇	一六〇
一七〇		九〇〇	七一〇	六四〇	二八〇	二四〇	一八〇	一七〇
一八〇		九八〇	七六〇	七〇〇	三二〇	二七〇	一九〇	一七〇

〔用例〕有二十歲之男子，身長 160 cm，體重 50 kg，問 24 時間之基礎代謝如何？

查第一表, 體重 50 kg 之基數 = 750

查第二表, 年齡與身長之第二數 = 660

基礎代謝量 = 1410 Cal.

即此人之基礎代謝量為 1410 Cal. 也。

第二章 行作時之代謝增加

第一節 一般行作與代謝量

所謂行作者，指精神的及肉體的勞動，動作，肉體運動，劇動等全體動作而言也。以適當氣溫處所靜臥時所要之熱能為基礎代謝量，已如前章所述。如比此狀態而稍有變動，則所需要之熱能自然增加。假定基礎代謝為 100，茲變更狀態而起坐，則已增為 108，更變而在室內靜穩步行，又增高為 130—150。吾人既日常有種種之起居動作，則代謝量當然各各不同。就 Kestner 氏之測驗者為例，而轉載其主要者於次。乘行作時間於此等數值，則加入基礎代謝量中之熱能消費量，可知也。因之應需如何量之補充食物，亦即明瞭。凡使代謝量增加之行作，主為肉體的行作，至於精神的行作，則使代謝量增加甚微，不列入計算亦無妨云。

行作時之代謝量增加表(體表一平方米一時間)

行作之種類	代謝增量(Cal.)	行作之種類	代謝增量(Cal.)
看書及精神勞動	七—八	騎自行車	一八〇
誦讀	一二—一三七	速度九・〇 km時	三二〇
寫字	二〇	速度一三・〇 km時	五五〇
打字	一六一四〇	速度二一・〇 km時	六〇〇
縫紉(家庭)	二五—三〇	速度二三・〇 km而逆風行時	二〇〇—九〇〇
縫紉(職業)	三一—八八	划船	三〇〇—七〇〇
掃地、拂塵、磨物等	八七—一七四	游泳	四〇〇—九〇〇
洗濯	一三〇—二三〇	登山	五〇〇—九六〇
步行	一三〇—二〇〇	滑冰、滑雪	五〇〇—九三〇
行軍(不攜行裝)		跑步	

速度四・二 kmh 者	一五〇	唱歌	一一一五六
速度六・〇 kmh 者	二四〇	彈鋼琴	四〇—五六一
速度七・〇 kmh 者	三六〇		

日本陸軍方面爲決定兵士食物之基礎量亦有種種調查。即先測定各兵士之基礎代謝量，然後就各兵士之體操教練及私自行作之主要者一一調查其需要熱能量並所費時間，而加入基礎代謝量中，以決定應給食物之分量也。茲抄其二例揭之於次表：

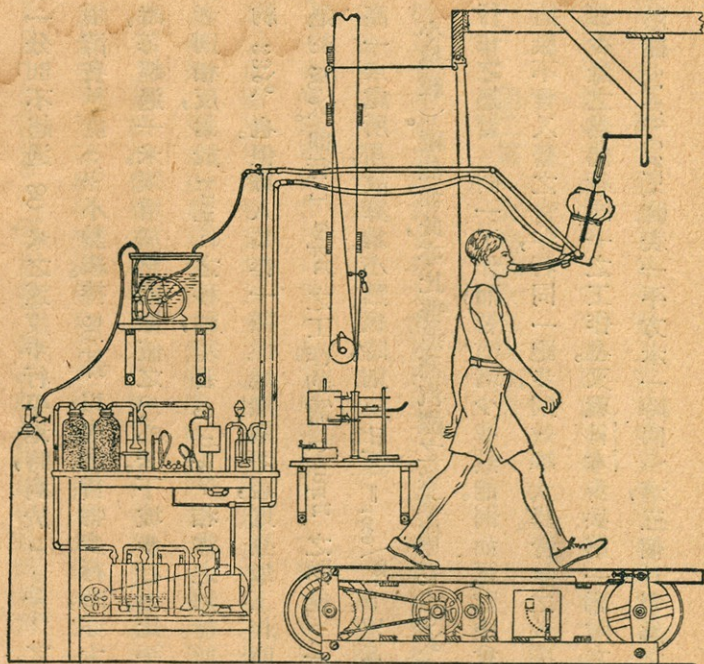
兵士行作之代謝增量表（體表一平方米一時間）

行 作 之 種 類	代謝增量 (Cal.)	行 作 之 種 類	代謝增量 (Cal.)
體操之頭運動	五〇・六	分隊教練	一一九・五
體操之腳運動	一〇五・七	射擊、槍操	三一七・〇
學科學習	五五・〇	擦槍及刷革具	一二〇・六

休息時(安閑姿勢)	五一·四	擦襪	二二五·〇
休息時(武裝姿勢)	九九·一	餐食	二五一·〇
不動姿勢	一〇九·〇	整頓	一五一·八

爲測種種行作時所消費之熱能，在研究室內使用種種之力量計 (Ergometer) 例如欲檢查手之動作時，則使其轉動回轉疲勞計，檢查足之動作，則使其固定自行車之踏板，欲檢查步行之狀況者，使其步行於回轉步道板上，同時均以呼吸計測其呼吸物或用 Douglas 氏之囊。次圖所示，卽其使用呼吸計之一裝置。

步行 據日本陸軍方面以電力回轉步道板試驗之結果，一分間以速度 80 米，步數 116 步，爲消費熱能最少者。且能長久繼續步行。稱爲最經濟的步行速度云。(日本步兵操典，規定一步長 75 cm，一分間行 114 步，一分間之速度 85.5 米)。又據日本若林米吉氏在勞動科學研究第五卷 (1927) 所發表，就東京市內及近郊七郵局選拔能力中等之郵差三十九人而調查其步行，在郵送中平均爲一分間 77 米之速度，不郵送時一分間行 84 米云。Brezina 及 Reichel 氏之調查，



使用電力回轉無限步道板測驗步行狀況圖

〔說明〕步道板之回轉速度，可因計器而讀取之。吸氣與呼氣則分別以管與各槽相連結。被驗者之身體如上下動作多則不免稍增加熱能之消費，故以紐與滑車使其腰帶與上下動自記裝置相連。隨所欲測驗之目的，而步道板有安放成一定角度之傾斜者，又有使被驗者著種種之服裝，或負各種重物者。

謂以一分間不超過 80 米之速度步行平地時，對於 1 mlkg 之移動（即持重一公斤之物行一米），須消費熱能 0.5 小熱級。持 20 kg 以內之貨物步行時，亦大體同樣。但在超過 80 米以上之速度時，每超過一米，須增加熱能原值之 1% 云。下坡步行者，比平地步行所需要者可少費 10%，登高者則相反，對於 1 mlkg 之移動，須費 3 mlkg 相當之熱能。即熱能之三分之二，為以熱散失，其效率約 33% 也。但將人類作一種燃燒機關看視，則登攀工作時效率最良。其他勞動與遊戲之效率，不過約 20%。即行 1 mlkg 之工作，約需 5 mlkg 之熱能（一大熱級之熱量，為舉 427 公斤物體至高一米處所用，故算為小熱級時，則 $1 \text{ mlkg} = 1000 / 427 = 2.342$ 小熱級， $5 \text{ mlkg} = 5 \times 2.342 = 11.7$ 小熱級）。縱然如此，亦比普通蒸汽機之效率僅 12-15% 者優良多矣。

行作之熟習

同一工作而習慣者少費熱能。例如軍隊中曾施以一年教練之兵士，與徵兵合

格而抽籤不曾入營之青年，行同一跑步，則效率大異。青年之效率作為 100，而兵士則為 179，即兵士得以少量之熱能行同一之工作也。又就日本步兵第一聯隊之調查成績，在入營當時平均步行之費熱能 174.6 Cal（體表 1 平方米 1 時間）者，三個月習熟之後有 155.4 Cal 即足。是少費約

10% 矣。在運動競賽及其他勞動工作時，慣習者優，亦此理也。工作量與所要熱能之多少，並影響上之諸因子，皆產業合理化上之重要問題。有普及此項知識之必要乎。

第二節 食物攝取與代謝量

攝取食物時則代謝量增加。其原因有二：一為消化器因消化食物增加工作。二恐為細胞因得豐富營養素而增加活動。此後之原因，即 Rubner 氏之所謂特殊動的作用 (Specific-dynamic action) 也。特殊動的作用以蛋白質為最強，脂肪次之，糖質最弱。即攝取蛋白質後須增加 36.7% 之代謝量。而脂肪攝取後只增加 12.7%，糖質攝取後更增加少，僅 5.8% 而已。此乃 Rubner 對於絕食飢餓時之要求而與以種種之營養素試驗所得者。Lusk 氏又以相當 100 Cal. 之種種營養素試之，見其因攝取營養素而增加之代謝量，蛋白質為 30 Cal. 脂肪為 4.1 Cal. 葡萄糖為 4.9 Cal. 亦與 Rubner 氏之成績相似。蛋白質之中，起此作用最弱者為 Keratin，而氨基酸如 Leucine, Tyrosine, Alanine Glycocoll 等亦起此作用，但最強者為 Phenylalanine 也。因之而有謂

此特異動的作用爲原因於氨基(NH₂)羣者。又有謂除去甲狀腺之動物不起此作用，其原因在氨基酸促進甲狀腺覺醒素之分泌者。其他尙有對此作用之原因作種種之學說者，確否皆尙未判明。蛋白質雖如有此作用甚強，但於肉食者與菜食者之基礎代謝量，則無何等差異也。

攝取食物而休息之人，所需要之營養素量亦常比基礎代謝量有 10—12% 之增加者，其原因在此矣。

第三節 外界狀況與代謝量

如前所述，氣溫降則體內須多分解物質以應之，是以代謝量不能不增加。但就人言，冬期不見食量之增加，夏期反見減少食量。Ozorio de Almeida, Plant, Knipping 諸氏謂在熱帶地方測基礎代謝則見低 10—20% 者，原因爲此。Yagloglou 氏又謂關係代謝量之增加者，溫度之外尙有濕度與風速，曾就三者考慮而成就一指數以表示溫感。此指數謂之感覺溫度 (Effective temperature)。此感覺溫度之 68 稱爲快感線，63—71 之間，稱爲快感帶。感覺溫度可從

Yaglojou 氏所作之精神測定表 (Psychometric chart) 檢索之。在感覺溫度 73—83° 之間時，代謝量最少。日本田邊秀穗氏又謂在 73—81° 之間最少。前揭之 Benedict 氏基礎代謝量算出表，過於蔑視外界狀況，是其缺點云。

疲勞與苦痛之感，雖概與熱能消費量為比例，但有時外界之狀況亦甚有影響。例如武裝步兵行軍四時間之工作量為 41,7000 mlkg，而輪船機器艙燒炭之工作量四時間為 2,4600 mlkg，與前者相較，不過其約七分之一。但就同一人而有兩種工作之經驗者而問之，多答云輪船機器艙燒火工作比行軍尤為費力。此其外界狀況不良所致乎。

第四章 飢餓時之代謝

能知飢餓(絕食)時之代謝狀況，則於理解正常時之代謝狀況上便利甚多。前述呼吸比時所引用 Rubner 及 Loewy 氏之數字，即自飢餓時之代謝研究上計算出者也。飢餓時消費自己之體成分以維持生命。體內之糖質(Glycogen)在飢餓第一日或第二日即消費罄盡。過此以後，則僅因蛋白質與脂肪而生活。能耐飢餓之日數，雖隨其人之健康程度年齡脂肪量等而不一樣，但就人言，大概為三十日。就動物言，以失去原體重之約 40% 時為限。過此則死矣。飢餓時體內各臟器皆減少重量，其中減少最顯著者為脂肪組織(失去 97%)與脾臟(67%)。至於心臟與腦等重要臟器，則重量之減少概微，不過約 3% 而已。

蛋白質之分解 飢餓開始之第一日或第二日間，氮素之排泄固有甚少者。但此原因於體內有糖質(Glycogen)分解以節省蛋白質。及至糖質消費盡後，則氮素代謝初期猶消滅甚徐緩，在全

代謝之中蛋白質代謝不過 7.6—16.5%，其他概爲分解脂肪以維持者。因之呼吸比常在 0.809 與 0.707 之間。生成酮體 (Acetone 體) 時呼吸比更低也。脂肪如一旦消盡，則突呈氮素排泄之死前增加。不久即死。又糖質縱消盡後血糖量亦至死不減少。此爲自蛋白質生成糖以補充之者。

尿中氮素之分配狀態 飢餓時尿中氮素之分配狀態亦最有趣。通常尿中氮素以尿素態爲最多，佔尿中全氮素之約 85%，飢餓時則減至約 60%，氮則增加。此蓋因糖質缺乏，脂肪燃燒不完全，生成酮體以成酸液過多症所致也。尿中之 $N : P_2O_5$ 通常爲 6.6，但飢餓時則變爲 4.5—5，磷酸之所以如是增加者似爲起骨之分解。又尿中 $N : S$ 之比，則次第與筋肉之 $N : S$ 比相接近，乃表示筋肉正分解者也。

第五章 運動時之代謝

筋肉運動於熱能之消費及轉換上大有關係。茲就其二三重要點而記之。昔時以爲生物體之運動，爲與無生物之物理的現象完全相異之神祕的作用。今始知其非是。西曆 1814—1878 年間 Robert Meyer 氏始想到對於人之勞動工作，亦可應用熱能不滅之原則。自此時代起，對於生命生氣說之反駁者始有確實之學術的基礎。但與反駁者以近代科學的證據之援助，實爲 1907 年時之 Fletcher 與 Hopkins 氏。因其時研究筋肉中乳酸生成，已有成績也。1920 年以來 Hill 與 Meyerhof 氏之研究，又得有許多進步之業績。歷史上之經過，大致如是。

要之一切筋肉運動皆爲筋肉之收縮。就此點而述之可也。人體之筋肉，佔體重之約 40%，運動時所使用之筋肉，爲全筋肉之四分之三。即相當於體重之 30% 者也。

筋肉收縮之熱能源 筋肉收縮時，不須蛋白質之消費。其消費者爲筋肉中之糖質，其中尤以

Glycogen 爲最要。至於筋肉中之脂肪究竟直接消費與否，尙爲未定之問題。縱然消費，亦似爲變成糖質之形後，始消費者。脂肪之作爲熱能給源，其效率約有 10% 不良者，當原因於此耶。運動時比靜止時多消費氧氣，多排出碳酸氣。自此時之吸入 (O_2) 呼出 (CO_2) 各氣體中減去靜止時之吸入氧氣與呼出碳酸氣，是爲賸餘之碳酸氣量與氧氣量。此賸餘分之比，稱爲過賸代謝呼吸比，乃表示運動時之代謝者。中等程度之運動時，此過賸代謝呼吸比爲 1.0，可證明此時之筋肉收縮所用熱能，全來自糖質。強度運動時之過賸代謝呼吸比，則較 1.0 尤大（因乳酸生成多，有一部分分解爲 CO_2 以呼出）。運動終結後經少許時間又變爲比 1.0 小者，蓋因中和乳酸必用 $NaCO_3$ 而碳酸之呼出量少也。

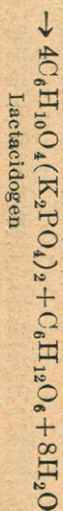
乳酸之生成 當筋肉收縮時自糖質之 Glycogen 生成同量之乳酸。不但筋肉收縮時，即筋肉之退行變性或破壞時亦作成乳酸也。試將筋切斷而放置於無氧氣處所，頗能長久保持其收縮能力。在其生存期間，常不斷作成一定之乳酸。乳酸量而增加至約 0.3% 時，則筋肉縱被刺戟亦無收縮能力矣。此時之乳酸量稱爲最大乳酸量。如更由此最大乳酸量而增加至 0.5—0.65%，則筋

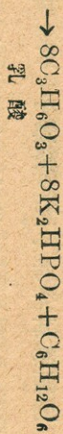
肉之蛋白質，即被凝固，此即所謂死後僵直現象也。通常時因肌肉收縮而生成之乳酸量，不過約最大乳酸量之半而已。

筋肉中之乳酸遇氧氣則消失。乳酸之大部分（約四分之三）再復歸為糖質之 Glycogen，一部分（約五分之一）分解而為碳酸與水。但乳酸之生成則不由 Glycogen 之直接為之，必經中間產物而後始成為乳酸者。據云其中間產物為乳酸原質之 Lactacidogen。此乳酸原質之構造，Emden 氏以為六碳糖二磷酸鹽（Hexose-diphosphate）其分子式為 $C_6H_{10}O_4(K_2PO_2)_2$ 。云。乳酸之復歸為 Glycogen，當亦為分解反應之逆，亦須一旦經過 Lactacidogen 者。

筋收縮時之化學的全過程，Meyerhof 氏謂當如次：

I. 筋在收縮中所起之無氧素分解（乳酸生成）





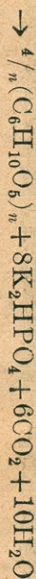
II. 筋自疲勞至恢復中所起之因氧恢復作用（復歸爲 Glycogen）



乳 酸



Lactacidogen



Glycogen

自 Glycogen 以生成乳酸爲非氧化作用，故無氧氣亦能行。即無氧氣肌肉亦收縮之也。乳酸之生成及初期熱之生成，於此時能行之。但筋之恢復爲氧化過程，必須有氧氣之存在。否則雖恢復期之熱發生，亦不能行也。

由 Meyerhof 氏之化學反應式觀之，則吸收氧氣以生成碳酸氣，亦可知矣。更以見氧氣之必要在恢復期，而非在運動時肌肉之收縮期。簡言之，非爲運動而要氧氣。運動則感疲勞者，其主要原

因在生成有乳酸，而熱能源之營養素消耗尚非其主因也。運動時及運動後呼吸均急者，完全為謀恢復常態而必須多吸收氧氣所致云。

乳酸生成之後，則肌肉蛋白質固容易給與鹼質而中和之以為緩衝，但此緩衝能力甚弱。如肌肉之氫離子濃度增大，則筋之膠質性構造上必起變化，而收縮力消失及疼痛硬化等症因之以起也。

筋肉收縮時熱之發生 筋收縮則生熱。測定此熱量，通常使用極精密之電流計與熱電錐 (Thermopile) 就剔出之筋而行之。此種測量裝置，雖溫度變化有十萬分之一度時亦可知之。又熱發生之時間的經過，亦得知之者。極精密之器械也。作此種研究最多者為英倫 Cambridge 之 A. V. Hill 氏。彼區分此熱為二種，曰初期熱，曰恢復熱。

初期熱者自筋收縮之初起，以至收縮持續之期間內，所發生之熱也。此與筋之張力（即筋中所生之機械的潛勢力）有密切關係。在無氧氣之處，就剔出之筋而使之作等長的收縮，則對於每一克之乳酸生成必發生 344 小熱級之熱。一考究其熱源，則 Glycogen 1 克之熱價為 3836

小熱級，乳酸一克之熱價爲 3601 小熱級，故自一克 Glycogen 生成一克乳酸，則應遊離 2335 小熱級之熱 (3836 - 3601 = 2335)。此外一克之乳酸大部分被肌肉蛋白質中和時尙生成熱 122 - 138 小熱級，被鹼質鹽中和時則生成熱 19 小熱級，故知初期熱之來源爲乳酸之生成及中和也。更詳細觀察之，則初期熱又可分爲三，即收縮開始期熱，收縮繼續中熱，收縮弛緩期熱是也。要之初期熱雖無氧氣亦可發生者。

恢復熱者於筋之收縮無關，在筋肉弛緩後更發生之熱也。其發生原因，在因氧氣供給而筋肉變位復舊時之化學的變化。即隨伴此化學的變化而發生者。此種熱之大部分，於 20-30 秒間內已生成，但在全作用停止後五分間，猶有少量少量發生也。此時乳酸有約五分之一被氧化而分解爲碳酸與水。約五分之四再復歸爲 Glycogen。乳酸之分解爲放熱反應。Glycogen 之合成爲吸熱反應。乳酸一公分之熱價爲 3601 小熱級，其五分之一被氧化，應放出 720 小熱級之熱。但乳酸之大部分合成爲 Glycogen 時尙須吸熱，故將應放出之乳酸分解熱消費一部分而爲此合成，實際現於外部者比 720 小熱級少也。如氧氣有充分供給則恢復熱之發生量爲初期熱之一倍半云。

故運動時生成一克乳酸，應發生次示之熱量（小熱級）

	熱量	熱量比率
(1) 初期熱	344	1.0 (40%)
(2) 恢復熱	516	1.5 (60%)
合計	860	2.5 (100%)

即自 Glycogen 生成一克乳酸而被中和後，一部分被氧化為 CO_2 與 H_2O ，一部分又復歸為 Glycogen，則發生之熱量尙有 860 小熱級也。若將 Glycogen 1 克全行氧化應發熱

3836 小熱級，此時之所以僅有 860 小熱級者，當為有 $\frac{860}{3836} = 0.224$ 克之 Glycogen 被消費矣。

熱與工作之關係 筋肉收縮而行工作時，則有熱之發生，但此非由熱之熱能而生成筋肉工

作之機械的熱能者。在筋肉中，化學的熱能已直接變為機械的熱能（如何變成，其詳細機轉則未明），其中間無須先成爲熱之熱能。熱不過爲隨伴起筋肉張力之過程而發生者，或此筋肉張力最後變換而爲熱者也。筋肉非熱機關 (Heat engine)，若視作熱機關，即有次之矛盾。何以言之，消費

熱之熱能而爲工作時，最理想之熱機關，應有次之關係成立。

E ……工作之效率

$$E = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

T_1 ……工作開始前之絕對溫度

T_2 ……工作終了後之絕對溫度

在人體中， E 作爲 30%， T_2 作爲 37°C。（即絕對溫度爲 37 + 273 = 310°）而計算之，則工作完了後之絕對溫度 T_1 應爲 443°。即攝氏一百七十度也。人體內決無如此高熱，乃不待言者。其爲非熱機關甚明。在筋肉收縮中，筋肉自身之溫度上昇，不過千分之幾度而已。其視筋爲一種機關者，其特色在不用熱之熱能，而用某種特殊燃料。即使用作爲熱能源而使用之物質自身，直接作用於筋之構造而使其起收縮。此燃料與機關之關係，比在內燃機關內者尤爲密切，非工學者所能夢想到者。謂爲完全新形式之化學的力機關（Chemodynamic engine）可也。

運動與氧氣之關係 平時吾人每一分間攝取 0.2—0.25 升氧氣。運動時吾人因呼吸數增加不能攝取較多之氧氣，但此皆爲處理所生成之乳酸而用之者（一部用以氧化乳酸，爲碳酸

與水，一部用以使乳酸復歸爲 Glycogen，非運動本身需要多量氧氣也。且因體格及其他關係上，不能攝取超過一定量以上之氧氣。普通以一分間四升爲極限，此稱爲最大氧氣攝取量。一升氧氣能處理六克乳酸，故一分間所攝取之最大量氧氣，能氧化二十四克乳酸。故乳酸之生成在此程度以下時，其生成之乳酸量足爲攝取之氧氣所處理，而運動得以長久繼續。若運動過劇，乳酸之生成量在此能處理之程度以上，則所不能處理之乳酸必蓄積於筋肉及血液內。此時爲對於乳酸上氧氣不足而負債。但縱然負債而於某一定時間以內尙能繼續運動也。因無氧氣而筋亦能收縮之故。運動停止之後呼吸猶急者，卽吸入前不足而負債之氧氣以處理蓄積乳酸。此能堪耐之氧氣不足量，雖稱爲氧氣不足量，或稱爲氧氣負債，但易言之，實爲能耐乳酸之蓄積能力。此極限稱爲最大氧氣不足量。過此以上，而猶有乳酸蓄積，氧氣不足，則筋已失其收縮能力，無論如何想動，亦不能動矣。

如其人具此最大氧氣攝取量與耐最大氧氣不足量俱大者，則必能爲劇烈運動而長久不疲，運動界之良選手也。雖此二種能力，得以練習而增加，但僅練習亦所難能。非有先天的素質不可。素

質良好之人，而加以練習，始能獲得最大能力之運動。其在短時間內處理乳酸之能力亦有素質與練習之影響云。

在實驗室內，使被驗者行兩足交互踏地之踏腳運動等，並以呼吸計測其最大氧氣攝取量及最大氧氣不足量而置之，其次更實際使其行一定時間之一定運動，例如以種種速度跑 100 米，而每度必要之氧氣量亦以呼吸計測之，則其人之運動能力如何，大體可推知也。因之適於何種競技之運動亦可判斷。又於競賽時能作成如何程度之記錄亦可豫想，且此豫想最能與實際相符合。此種研究，在今日之運動界已漸次供諸實用矣。

第七編 營養素之攝取

第一章 攝取之標準

配合普通大人所僅爲維持健康上而必要之營養素量者，謂之保健食或稱爲標準食。決定此標準食有二種方法：一爲就多數健康人而調查其日常攝取之食物，以歸納的決定，此謂之習慣的保健食。二爲自營養試驗之結果導出者。但此第二法尙須以前法爲基礎而訂正之也。

最初就標準食而研究發表者爲 Voit 氏，時爲西曆一八七五年。其後雖又有多數之研究，但尙未能成爲確定的標準食。定標準食本甚困難。凡人皆隨健康程度、風俗、習慣、嗜好、氣候、風土，以及其土地之產物、經濟事情，並其他種種原因而有極廣範圍之適應性者。縱一時的而有營養素之過不足，亦能堪耐而不卽起障礙。因之不惟嚴格標準無可定，卽大體之標準亦不易舉出也。

Voit 氏之標準食，乃就體重 70 公斤之成年男子，日為 9-10 時間之普通勞動而定者。以之應用於東方人之身體稍小者，應有多少訂正。著者換算為日本人（似以體重約 60 公斤為準）者如次：

	蛋白質 (g)	脂肪 (g)	糖質 (g)	利用熱量 (Cal.)
Voit 氏標準	一一八	五六	五〇〇	二八〇〇
換算為日本人	九四	二〇	四五七	二二五〇

Voit 氏對此蛋白質之附言，謂至少須要動物性蛋白質 35% 以上云。

各階級之日本人自由攝取之食物量及熱量，有如次表所揭：

標準食之決定上，次記數點認為必要條件。

1. 熱能源務無不足之事。
2. 蛋白質務無不足之事。
3. 鹽類及維生素 (Vitamins) 務無不足之事。

平均	職業	主 食	試驗日數	被驗人數	平均體重 (公斤)	攝 取		脂肪(g)	糖質(g)	利用熱量 (Cal.)	試驗者
						蛋 白	質(g)				
	陸軍兵士	米飯	六人	八日	五二·八	八四·八	一·六	一四·八	五三三·七	二八八〇	森
	海軍兵士	和洋混食	三	七	六二·七	一二八·六	二·一	一七·四	五四六·〇	二七七五	里田
	學者	米飯	三	七	四六·八	八四·三	一·八	一七·〇	四〇五·八	二二二八	天谷 隈川
	學生	米飯	二	三	四六·二	五五·七	一·二	二〇·七	四六六·七	二二四七	坪井 村田
	農夫(繁忙時)	米麥飯	七	七	四九·八	一二五·九	二·五	三一·六	六六三·四	三二五七	稻葉
	農夫(閑散時)	米麥飯	七	七	五三·四	七七·八	一·五	一六·九	五三〇·五	二四九八	稻葉
	鐵工	米飯	二	七	五二·九	六九·八	一·三	六·二	五一七·四	二六三八	小泉
	僧人	米飯茹素	三	七	五二·八	六九·七	一·三	一四·九	五二九·〇	二四五六	湯川
八七·〇											

等是也。除第三項各於其條下述之而外，茲就一二兩項述之於次：

(1) 熱能源之攝取

欲定熱能源攝取之標準，須先知其人一日消費幾何之熱能，而攝取足以補此消費額者即可。但熱能之消費量如前篇所述因種種之因子而異者，其中筋肉運動關係最大。即劇烈勞動時較安靜時消費熱能量甚多，故隨職業及生活狀態而異其消費量，因之所應攝取之分量亦異也。茲舉一例以明之。有體重 70 公斤之男子，在種種狀況時之熱能消費量各不相同，列如次表：

狀 况	一日之必要熱量 (Cal.)	
	體重 1 公斤	一日所必要之熱量 (Cal.)
基礎代謝量	1624	233.2
單攝取飲食時	1800	25.7
攝取飲食在牀上休息	11000	28.6
攝取飲食在室內休息	12330	31.9
攝取飲食並坐而工作	14000	34.3
攝取飲食並作輕勞動	16000	37.1
攝取飲食並中等勞動	30000	42.8
攝取飲食並作重勞動	35000	50.0

欲知各個人一日之熱能消費量（即應攝取之必要量）者，須先求其人之基礎代謝量，然後加因飲食物攝取及其他行作所增加之代謝量於基礎代謝量中即得。若僅欲明其概略者，則只測其人之體重而以各狀況時每體重一公斤所必要之熱量乘之可也。日本人成年男子之行輕勞動者，一日約消費 2000—2500 Cal. 行筋肉勞動者約需 2500—3000 Cal. 女子成年者一日之熱能需要量為成年男子之 80%，小孩則隨年齡及其他原因而異，但活潑好動之小孩則與成年女子略相同，或有時反需要熱能量較多也。日本陸軍兵士之需要熱能量平時定為 3162 Cal. 戰時定為 3643—3797 Cal. 歐洲大戰將終時，德國人每一人之糧食，不過僅當熱能 1100—1700 Cal. 云。

熱能攝取之方法

上述分量之熱能，自以攝取食物而補給。此食物之組成，大部分多為糖質（主為澱粉），一部分為脂肪與蛋白質。通常時，食物之全熱量中，以蛋白質供給者為 12—18%，以脂肪供給者 10% 或 10% 以下，其他大部分之熱量為澱粉之熱量也。作劇烈筋肉勞動而熱能之需要量增加時，僅增加糖質即可補充，無增加蛋白質之必要。即蛋白質之攝取量，不論全熱量

之多少，而概有一定者。將此一定量攝取即可矣。唯糖質之攝取量如過多時，不免有使食物容積過大及消化不便之害，以脂肪增加調節之則最善。如增用蛋白質則令人早起飽腹之感（即容易感覺飽也）。

蛋白質性質特殊，特別有一定之必要量。至於糖質與脂肪，則可互為代償，故兩者之混合比，可任意為之也。世界上有如北美北部住居之 Eskimo 人多食脂油者，亦有如日本人之不好油食者。如全然不食脂油而以糖質代之亦不相宜。蓋因脂油中尚含有脂溶性維生素，全不食脂油時有缺乏此種維生素之危險。然則別以方法補給維生素後，即可全不食脂肪耶。曰此亦未盡善。凡與脂肪共存之複合脂質及 Sterine 類亦極重要。試以完全除去脂肪之飼料久飼白鼠，結局亦呈現變狀。故知脂肪似不能單認作濃縮之糖質也。但糖質之攝取量若充分時，在體內亦能生成脂肪。

又單食脂肪而不用糖質，亦屬不可。蓋因不食糖質時蛋白質之分解量增加，且脂肪之氧化不能完全，至生出 Acetone 尿。據 Schaffer 氏之研究，為謀脂肪能完全燃燒，須對於脂肪酸二分

子而有單糖類一分子。又血糖量須常保持一定，雖瀕於餓死時其價猶不變者，糖質有必要之作用。

又可想見矣。如不給與糖質則必分解蛋白質以作成得與糖營同樣作用之物質。是以脂肪與糖質之互相代償，尚非完全者也。但白鼠試驗時全除去糖質而代以酒精，能使其良好發育。就人之食物言，如能將蛋白質量注意，勿使其不足，則糖質與脂肪之配合，即隨其各人之嗜好而任意爲之，似亦無不可者。

多人集合之團體，亦可應用上述之原則爲營養也。

米及米飯 食米之國民，供給其需要熱能量半分以上者爲米飯。輕勞動者一日食 4—6 合米之飯，即可因此而供給 30—40 克之蛋白質與千幾百大熱級之熱能。重勞動者更可多量攝取米飯以補給熱能，但同時亦須增加蛋白質之攝取量也。自蛋白質攝取總量中減去米飯所能供給之量後，其不足者以他種食物供給之可矣。白米及米飯之成分如次。其利用率甚爲良好，蛋白質 81.0—88.6%，脂肪 90.4—91.6%，糖質 99.5—99.7%¹¹。

白米五合（約半升）炊而爲飯，約重 1000 克，通常飯碗一碗可盛約 140 克，故含熱量約 200 Cal.，蛋白質約 4 克左右（脂肪在飯中甚少）云。

	重量 (g)	水分 (g)	蛋白質 (g)	脂肪 (g)	糖質 (g)	熱量 (Cal.)
白米	一〇〇	一三·九	七·七二	〇·七七	七六·七九	三五三·七
白米五合	四二〇	—	三三·四	三·二	三二二·五	一四八五·五
米飯	一〇〇	六四·〇三	三·一六	〇·〇五	三二·二八	一四六·〇

〔註〕米之重量不定，良質者重，且硬，富於蛋白質。炊而為飯，約增加容積二·二倍。

吾人之主要食物為米與小麥，皆以供給熱能為主要目的者。但此二者各有得失。如從農業之經濟栽培方面言，自同面積之耕地收穫之農產物中獲得最大熱量者惟有白薯 (Sweet potato)，米尚居第二位，不過從風味及蛋白質含量言，白薯究不適於主食。小麥固適於主食而收穫熱量又較米甚少。故有謂宜易種稻為種麥者，自食糧經濟上言恐未必合也。又有謂可易農作為牧畜者，此亦不然。試以同一耕地栽培牧草以行牧畜，其所得熱量更少。因以穀物養人者得用熱量 100% 時，易以養牛而取乳，不過收回熱量 17%，採肉則只能得約 10% 熱量，其不經濟可知。故單就穀物之利用言，人食最為有利。就土地之利用率言，農作亦高也。以西方式之牧畜行之於東方農作之地，

決不能發達者，其原因在此。

〔註〕瑞士全國土中耕地面積一二%，日本全國土中耕地面積不滿一六%，每約百公畝耕地在美國養八〇人，坎拿大養三四人，日本養九五〇人以上。日本水田一公畝平均產米三石三斗，本國產米總額爲九八六〇萬石，總消費米額爲一一〇五〇萬石，平均一人年消費米約一石九斗。一般言之，日本食糧尙不足也。

日本耕地一段步（九·九公畝）生產主要食物之熱量（點位爲一萬大熱級）如次：

白薯	一三六·一〇〇〇	田小麥	五四·三
水田粳米	九五·三	粟	五三·七
洋芋	七五·三	土小麥	五一·〇
水田糯米	六七·七	大豆	四二·一
土大麥	六四·五	小豆	三一·四
田大麥	五四·八	牧畜	一〇·〇

日本人口多，應以耕地約一公畝養一人，故以種白薯爲理論上最經濟者。米次之，牧畜最不宜云。

米之大缺點在其生產地及消費地僅限於亞細亞洲之一部，不能作世界的商品。因之而對於豐年凶年頗少融通性。市價之漲落，常甚顯著。以米爲主食之國家，在歷史上每見其於米價之調節（糶糶），頗費苦心。所謂穀賤傷農（與生產者以經濟的危險），貴又乏食者是也。米之優點在其蛋

白質含有 Arginine, Lysine Histidine 等重要氨基酸，較他食物爲良。

飯之缺點在含水量多（約 64%），占全量三分之二，麪包含水分約 33%），保存及攜帶均不便。因之而賸飯廢棄者不少，頗不合消費之經濟。又如麪包之大量製造以供一市一村人之購買者則有所不能，惟有各戶自行炊爨。不但炊地須有設備，而且時間勞力亦多浪費。合以廢棄分之多及其他點而算之，其損失之大殆可知矣。

(2) 蛋白質之攝取量

蛋白質之攝取量，在營養素中常爲重要問題。因蛋白質爲身體成分上所不可缺之物，雖絕食飢餓時猶有一定量之分解，在食品中又爲生產少而價最高者也。故從來學者對此蛋白質節約問題頗有議論。有謂蛋白質須比較的多量攝取方宜者，Voit 及 Rubner 派之學說是也。有謂極少量亦足者，如 Hindhede 及 Chittenden 等之學說即是。前派謂體重 70 公斤之人一日須攝取蛋白質 118 克，即每體重一公斤應需約 1.7 克蛋白質。而 Chittenden 氏則以爲過高而有約 0.6 克即足，Hindhede 氏則更謂宜少，對於體重一公斤而與以 0.4 克即可。是兩派學說之間，對

此蛋白質最小量之主張有如此之差異也。折衷主張者，謂在普通狀況時，對於體重一公斤而攝取蛋白質一克尚稱適當。若為安全計尚應施以若干量之增加，以為標準最小量也。若以體重一公斤日需蛋白質一克計算，則如我東方人之體重 50 公斤者，每日非有蛋白質 50 克不可。更多增至須攝取 1.5 克為最小量者，則日需 7.5 克，似不能謂為多也。

決定蛋白質之必要量法 就健康人而測其氮素之攝取量與排泄量，此攝入與排出約得一致之狀態，謂之已得氮素平衡。此乃以保氮素平衡為決定必要最小量之一目標者。但實際上此中亦有多少困難隨之。即給與多量蛋白質則多分解而達平衡，少與之則又有少量能達平衡之傾向。故給與以能得平衡之最小量尚不滿足，甚為明瞭。（蛋白質毫不給與而僅給與糖質及脂肪時，則體內蛋白質之分解量，為體重一公斤一日 25 毫克氮素，約當 1—2 克蛋白質云。）

其他決定方法，為就種種職業之人而調查其自由選擇食物能維持其健康時，攝取有幾何之蛋白質。照前保健食項下所列之日本人攝取營養素表中，平均求其蛋白質之攝取量，為 87 克（總熱量要 2601 Cal.）又藤原氏就日本人作二十四之研究而總平均者為蛋白質 80.7 克

(總熱量 2680 Cal.)。日本內務部衛生局(永井、佐伯)所發表者爲蛋白質一日 90 克(總熱量 2400 Cal.)。日本陸軍部定兵士平時一日要蛋白質 108 克，戰時要 108—124 克。綜合以上各調查例而言之，則知健康之日本成年男子體重 50 公斤者一日攝取約 80 克蛋白質(70—90 g)即足矣。若從米飯一日能獲得 30—40 克蛋白質(5—6 合米)，則更以副食物攝取 40—50 克蛋白質，即已滿足。但此蛋白質總量之三分之一，須自動物性蛋白質取之，又不可忽者。

蛋白質多量攝取之害 蛋白質而於必要量以上過多攝取時，不惟無何等效果，且有害隨之。多量攝取則多量分解，決不多量沈着於體內，以致體蛋白質之增加。關於此點，頗有多數誤解者。一時的增減，自當別論。而認爲能稍繼續的蓄積蛋白質於體內者，唯有次之幾項：

1. 生長進行時。

2. 因運動而發達筋肉時。

3. 從來之食物中蛋白質不足時。

4. 病後恢復期中補填體蛋白質之缺損時。

脂肪過賸則貯藏於體內，糖質過賸則一部變爲 Glycogen 以貯藏，一部變爲脂肪以貯蓄，皆有益者。唯蛋白質過賸時則除上列四項而外，皆悉行分解而排出，決不蓄積於體內。是過食蛋白質者徒增加其體內肝臟腎臟之負擔，而減少此等重要器官之能率也。若長久如是，則爲疾病之原因。特於老人危險甚大。蛋白質之在腸內腐敗而成疾病者亦往往見之。富人而知此者甚少，其奈之何哉。

蛋白質量不足或不良之害 食物中而含蛋白質量不足時則生長遲緩或停止。又量足而質不良時，亦因缺乏生長必要之 Lysine 等氨基酸而起生長緩慢或停止之現象。但在此種時候亦不至直接害及健康，且不使身體呈畸形，體格仍可調和。易言之，此種狀況並非疾病，僅以發育不良之狀態而維持其健康以前進，在許多時候，單以健康者看過之矣。如此之發育不良，或發育停止，在生長期中而有優良蛋白質充分給與又可挽回其再生長能力。但過生長期者無論如何給與良好食物，亦不生效也。此所以貧人有終生之歎乎。爲保持國民身體之良好發達計，國家對於貧人兒童

應有公共之救濟設備也。

就動物試驗亦知之，其在生長期間與以不良飼料而致發育不良者，其後縱與以如何之優良飼料，亦無挽回之效。生長乃非要覺醒素 (Hormones) 不可者，氨基酸中即有多數與覺醒素有密切關係。例如 Tyrosine 與 Adrenaline 及 Tyroxine 之關係是也。其他各氨基酸中亦應不乏如此關係。故選擇得有優良蛋白質，即於生長無妨礙矣。

蛋白質之攝取量，如一時的不足，則肝臟內之蓄積尙可代償。但不足稍久而尙無所補充者，則體蛋白質之分解，猶勉力謀節約。即糖質與脂肪之供給量充分，蛋白質最能節約也。節約之後而猶久不足時，則體蛋白質之分解勢不能免。先消耗生活上不甚緊要之臟器，如肌肉蛋白質特別先行分解消費。耗量而不多時於健康上仍不至呈顯見之變化，筋肉之勞動能力亦不至減少。唯對於工作運動遊戲等之興味及性慾等有減退而已。不足而過多，致體蛋白質之分解達高度時，結局必至於死也。

現今印度之佛教徒猶不攝取鳥獸魚肉以及其他動物性蛋白質。因之印度人一般體格弱而

乏對於傳染病之抵抗力。歐洲學者謂印度人之死亡率高者，原因在蛋白質之不足，非無據也。一般言之，多攝取蛋白質之民族，富於進取的氣象焉。

第二章 食品之選擇與營養價

食品之種類甚多。此等不獨理化學的性質及化學的構造相異，即同一物亦因其種類、產地、栽培、收穫、保存、加工、配合、調烹等不同而異其營養價值。故就天然食品或加工食品而不獨研究其一般分析，且須研究此等項目而合理的選擇。此種學問，謂之食品學。營養學中之大部門爲此食品學也。但此處決不就食品學而有所敘述，因普通不過參照食品分析表而已。

營養素亦然。其營養價值決非同一。糖質之以構造而成爲異性體者，營養價亦未必相同。脂肪又因所含脂肪酸之種類而有營養上之差。不過實際上決不如蛋白質因氨基酸種類所起差異之甚。故此處僅就蛋白質而述之耳。

營養價之試驗，以動物飼養法爲最便利。即僅加一種蛋白質於飼料中，其他點則同完全飼料，以之飼養幼動物而觀察其生長及體重。脂肪及糖質之試驗亦同樣行之，唯易蛋白質爲脂肪或糖

質而已。

蛋白質及氨基酸之營養價 以含膠 (Gelatin) 40% 之飼料飼養幼白鼠則見其死亡。此蓋因膠蛋白質中無有 Tyrosine, Cystine, Tryptophane 等氨基酸。若將此等缺乏之氨基酸補入，又能充分發育。又以僅含玉蜀黍蛋白質 Zein 15% 之飼料飼之，其動物亦死亡。其原因在 Zein 中不含 Tryptophane 與 Lysine，補加此氨基酸中之 Tryptophane 後又復能維持體重，更將 Lysine 一併加入則即迅速增加體重也。

Osborne 與 Mendel 兩氏照此動物試驗法，使用白鼠行各種精製蛋白質之試驗，將蛋白質區分為二種：一為動物食之能完全發育者。一為無論如何多量亦不適於動物之發育者。更將適於動物發育之蛋白質順次減少其加入%而試驗之，又發見其間有多少差異。

蛋	白	質	之	適	於	發	育	者	蛋	白	質	之	不	適	於	發	育	者
蛋	白	質	含	存	之	天	然	物	蛋	白	質	含	存	之	天	然	物	

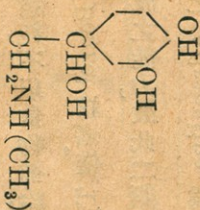
乾酪素 (Casein)	牛	乳	Legumelin	大	豆
Lactalbumin	牛	乳	Vignin	蠶	豆
Ovalbumin	雞	蛋	Gliadin	小	麥及黑麥
Ovovitellin	雞	蛋	Legumin	小	豆
Edestin	麻	子	Legumin	蠶	豆
Globulin	西	瓜	Hordein	大	豆
Excelsin	巴	西	Congluain	車	軸豆 (Lupin)
Glutelin	玉	蜀	Gelatin	骨	角等
Glutenin	小	麥	Zein	玉	蜀黍
Glicinin	大	豆	Phaseolin	蠶	豆
Canavalin	麻	子			
Globulin α 及 β	棉	子			

蛋白質之營養價有差異者，完全原因於組成蛋白質之氨基酸。已知之二十餘種氨基酸非全部皆絕對必要者。僅其中某某種類特為重要而已。含此最重要氨基酸之蛋白質，較之不含此等之蛋白質，營養價甚優也。

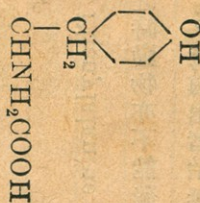
重要氨基酸為 Cystine, Tryptophane, Tyrosine, Arginine, Histidine, Lysine 等六種。Cystine 為含硫之唯一氨基酸，其為不可缺者不難想見。在體內作成 Taurin 及 Glutathione，非此不可者也。

氨基酸中唯一有 Indol 核者，為 Tryptophane，不能以他物代用者。在動物體無能合成 Indol 核之證明。而動物之尿中又常有 Tryptophane 之分解物 Indigotin 排泄以證明 Tryptophane 之消耗，不以食物補給，其可得乎。

氨基酸中有 Benzol 核者，僅 Tyrosine 與 Phenylalanine 二種。動物體有破壞 Benzol 核之能力而無合成之能力，故此二氨基酸有缺乏時動物亦不能發育也。但此二者有其一時即可互相代用。覺醒素之 Adrenaline 為自 Tyrosine 誘導出者殆無可疑云。



Adrenaline



Tyrosine

Arginine, Histidine, Lysine 三者稱爲二氨基酸 (Diamino acid) 又曰六碳鹼質 (Hexone base)。多含於生殖細胞中。爲生殖細胞主要蛋白質之 Protamine 及 Histone 大部分爲此等氨基酸所構成。玉蜀黍蛋白質之 Zein 含有 Arginine 與 Histidine 而無 Lysine 以之飼養動物則不發育。添加飼之，又見良好。足以證 Lysine 於營養上爲必要。Norleucine 之構造，與 Lysine 相似，亦能作 Lysine 之代用云。腦之蛋白質中含有 Norleucine 故 Lysine 亦當變爲 Norleucine 以作腦蛋白質合成之材料也。植物性蛋白質中缺乏 Lysine 是以營養價低。Arginine 之存在，亦以生殖細胞中爲多。

六碳鹼質 (Hexone base) 與細胞核之間有密切關係。動物在生長期間非作成數多之細胞核不可。核之主成分爲核酸，而構成核酸之主要材料似爲 Arginine 與 Histidine。至於 Purine 與 Pyrimidine 鹼質則在體內似可合成而無須他求者也。

此外有無必不可缺之氨基酸，抑或得以互相代用，則尙未判明。Glycocol, Alanine, Proline 等在體內能合成，已屬明白，故不攝取亦可。體內所不能合成之物，非從食物中攝取不可者也。重要之氨基酸既多見於動物性蛋白質中，則所謂動物性蛋白質之營養價，優於植物性蛋白質者不其瞭然乎。

優良蛋白質自以乾酪素 (Casein)、牛肉、馬肉等爲最。但據日本鈴木梅太郎博士之研究，魚肉之營養價亦不劣。以魚肉蛋白質 10% 配合飼幼白鼠則能良好發育，至亘三代而無異狀。減用至 7% 亦能遂其標準生長云。營養價高之食品，往往不與市價一致。是以知高市價之物，未必營養價亦高也。鮭魚乾貝等之所以稱優良食品者，全在其多含 Lysine 氨基酸。肉類之乾者與新鮮者營養價無差異，罐頭肉之未腐敗者亦無妨礙。唯以魚作食物，廢棄部分過多，是其缺點耳。

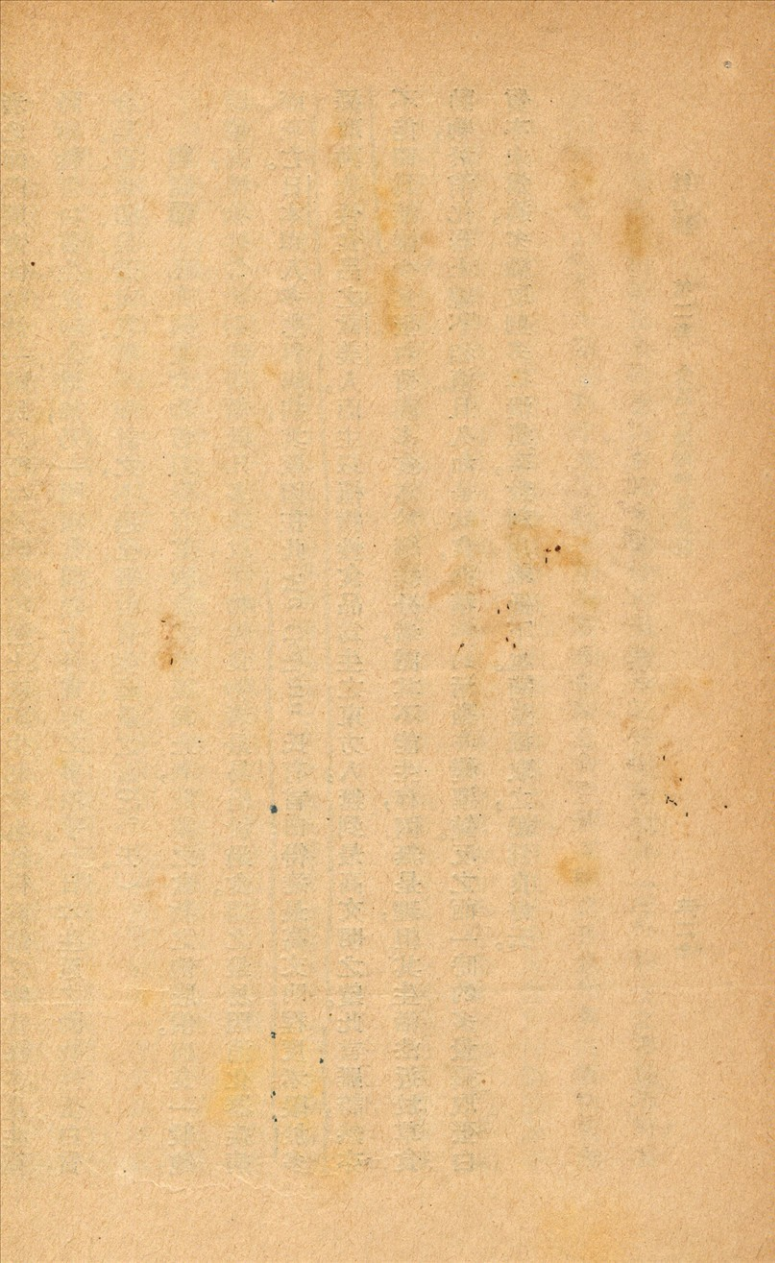
白米之蛋白質比魚肉蛋白質甚劣。能使白鼠完全發育之分量，非 18% 以上之多量不可。其劣因在少含 Lysine 氨基酸乎。米之胚子蛋白質則甚優，所含二氨基酸之分量殆與肉蛋白質相匹敵。Lysine 之含量亦二倍於米蛋白質中者云。不獨蛋白質之優，且胚子中又含良好脂肪及甲乙二種維生素，認爲與動物卵相類似之物，無不首肯。可惜精米時將此胚子任意除去而不顧耳。（日本有胚芽米販賣，即將胚子保存者。半碾米或七分碾米，不唯保存有糠之一部，而胚芽亦多少保存之，似可獎勵使用。）

McCollum 氏定牛乳蛋白質之生物學的價值爲 100 分，而燕麥蛋白質只有 75 分，黍蛋白質亦然，小黍玉蜀黍等蛋白質更下之，僅 50 分，豌豆蛋白質則 20 分而已。但營養價低之植物性蛋白質，亦可因添加適當之動物性蛋白質，或他良好之植物性蛋白質而增高之也。其原因在所缺乏之某種氨基酸已爲他種蛋白質所補入。此所以飲食重複雜混食而不貴單攝取一種食品者耶。

食品之錢價 食物之代價，佔生活費之 $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ ，故能以廉價獲得最富於營養價之食物，乃吾人最希望之事。其中最價昂者爲蛋白質。含重要氨基酸之蛋白質，凡人皆須有攝一定量之必要。

者。此而能廉價供給，於一國民之衛生及健康增進上當不少利益也。欲得廉價之物，當謀多量生產。動物性蛋白質生產額之增加，乃一國糧食問題上最重要之事項乎。（日本生產之動物性蛋白質，合鳥、畜、魚、蝦、貝、殼、肉、乳、卵等而計之，不過全蛋白質生產量之10%云。）

飽腹價 凡人攝取食物皆以覺有某程度之飽感爲止者，此謂之食物之飽腹價。肉食一般飽腹價高，植物性食物則飽腹價低。凡多攝取植物性食物者最易陷於過食。因之最易因消化器疾病而死亡。日本國人多患胃腸病，其原因在此。Mc Collum 氏有言曰：得達最高文明程度者限於多攝取動物性食品之歐美人，而主以植物性食品爲生之東方人，無到最高文明之望。此言雖誇，然亦不能謂爲無據。少食蛋白質而多食富於纖維分者，謂其不能生存，固無是理，但其生活法近於草食動物，於消化器上總不相適。且久如是飲食，而精神的活動亦變遲鈍。反之而一時的多量攝取蛋白質亦未爲適。多攝取則多排泄氮素，致利用率低下也。適量攝取之，最爲良好云。



第八編 無機營養素

第一章 水

無水則無生物，因無論何種生物皆賴水以生存也。人體之構成分中水爲必要之一物，其含有量則隨人之發育時期而有大差。其在體內大部分以膠木狀結合存在。此稱爲細胞水或膨化水。胞水之在細胞內存量，常有一定者。若有變化，則細胞之機能上必受影響。又有以遊離狀態而存於組織之間隙中者，此謂之遊離水。體內全水量之約 70% 爲此遊離水。但爲調節細胞水爲一定量，而遊離水亦常有移動也。身體中含水分最多者爲腦脊髓液，約 80% 云。

水之所以重要者，第一爲富於溶解力。能將種種物質溶解運搬。或在水中起化學反應最爲便利。第二爲水有優良之誘電能力。普通液體中之誘電能力，水爲最大，因之在水中起電離亦甚便利。

第三爲水之比熱大。體內縱有溫度之變化，亦不至波及細胞者其原因在此。又水因發汗或不感蒸發而於調節體溫上營重大作用者，亦因其比熱大也。

體內之水量與鹽量間，亦有一定之量的關係。此二者殆常相平行的增減之也。多量攝取鹽類時，或腎臟之排泄鹽類不良時，必思飲水，或招致水之蓄積。蓋因有水停滯於體內，則食鹽亦蓄積。此乃主用以調節滲透壓者。又蛋白質多量攝取時，爲溶解其分解產物亦必要多量之水也。

水之需要量隨食物氣候，生活方法等而不一致。大約一日需 1000 升。其中二分之一乃至三分之二，必須以水之形攝入。其他則以食物所含之水分隨帶攝取。又體內有機物之燃燒產物中亦生水。水之排泄則主自尿、汗、呼氣等行之也。

第二章 無機鹽類

第一節 氯鈉鉀各鹽類

氯素(Cl)以遊離及結合氯酸而存於胃液中。其源為血液中之氯化鈉(NaCl)。食鹽量如久不足時，胃液之分泌則成爲不良。其以HCl而分泌出之量，大人一日達10克云。體內之存在，主爲NaCl，而KCl則甚少。NaCl之量達約100克。

鈉(Na)在體內主以NaCl形存在。但亦有以碳酸鹽及磷酸鹽存在者。於維持體液之中性上有重要作用者也。固知有鈉之一部以離子狀存在，但有無鈉之有機的結合物則未明。

鉀(K)主以氯化物碳酸鹽磷酸存在，亦有一部分爲離子狀。鉀與鈉在身體內之分布，約有一定者。鈉主存於血漿及組織液中，而鉀則主成爲磷酸鉀以限存於細胞實質中，特別局限於原形質。

其他多數組織中鉀多於鈉。血液中之存量比則鈉一而鉀二·五，鉀主存於赤血球而鈉則主在血漿。成人體內全鹼質(Alkali)之四分三爲鉀，四分之一爲鈉。兩者之比爲一與三($\text{Na}:\text{K}=1:3$)。但尿中之存量則相反，鈉多於鉀，此爲多攝取食鹽所致。若將鈉之輸入停止，則鉀即現比鈉多之現象也。

大凡鹽類皆含存於食物之中，吾人有此分量，已十分滿足，無特別攝取之必要。唯食鹽不可不加入食物以攝取者，第一爲助成食物之美味。第二爲促胃液之分泌。此外在營養上似尙還有重大關係也。據 Bunge 氏之研究，食物中之鈉含量，在肉食動物與草食動物之間無大差，而鉀含量則草食動物之食物中最多。此鉀（碳酸鉀及磷酸鉀）與血液中之 NaCl 起複分解而生成 KCl 與 Na_2CO_3 ，但此等生成物於人體爲不必要者，故排出於尿中。因之血液中失去多量之鈉與氮素，致不能不要求食鹽云。凡多食植物性食物（即多攝取鉀）之鄉村人，必須多攝取富於食鹽之鹹物者，其理亦同。試就豚鼠 (Marmot) 而注射 KCl 或 K_2SO_4 使達致死量，如同時而又注射 NaCl 者，則其毒可解也。

NaCl 之排泄，自尿、尿、唾液、汗等行之。多量發汗之時，其自汗失去之 NaCl 量亦達 10—20 克。故非以食鹽補給不可。勞動而多發汗之人，必須多要求食鹽，且又有因植物性食物而起之上述多失鈉與氯素之原因，於是喫鹽遂爲一習慣。食物而除去 NaCl ，則尿中之 NaCl 排泄量亦大減。普通人則一日攝取食鹽 5—10 克也。

第二節 鈣鎂鹽

鈣 (Ca) 爲以碳酸鹽、磷酸鹽、或硫酸鹽之形而存在於飲料水中者，又如乳中之乾酪素 (Casein) 等含有機態鈣鹽者亦有之。此等有機鈣在腸中分解時被吸收入體內也。人體中之含鈣量，在總鹽類之半量以上。骨骼中之含無機鹽分，爲全身總鹽類之 85%，而含鈣爲全身總鈣量之 99%，鎂之含於骨骼中者，亦爲全身總鎂量之 71%。云。骨中含鎂，比鈣甚少，不過其八分之一。但筋中含鎂則多於鈣，有約二倍之量也。

鈣與鎂之作用則互爲反對。其含量有一定之比。據 Aron 氏言 $\text{CaO} : \text{MgO} = 4.3 : 1$ 時爲

最適當。此種關係在鈣與磷之含量間亦有之。據實驗的成績，此鈣與磷或鎂之比，於佝僂病之發生上有密切關係云。乳中 $Ca : Mg = 8-9 : 1$ 者，因年幼者之生成骨時必須供給多量鈣也。對於肌肉（特於心臟肌肉）運動上鈣實有獨特之作用，與鈉或鉀之作用完全相反。又鈣對於血液凝固，神經作用等亦有重大關係也。

鈣之排出，尿中均有之。體內而多酸時，則以溶解性之酸性磷酸鈣 $CaH_4(PO_4)_2$ 排出於尿中。酸少時則以不溶性之中性磷酸鈣 $Ca_3(PO_4)_2$ 排出於尿中。在常態時尿中排出之量有達 3.0 克之多者，尿中不過其約十分之一。即一旦吸收後之鈣，再排出於腸。而謂凡尿中之鈣皆為未經吸收利用之鈣者誤也。

鈣與鎂皆為骨之成分，故發育期之小兒、妊婦、乳婦等特為必要。若鈣有不足時，則小兒之骨骼發育不良，妊婦等則自體骨質中之鈣被奪而成為軟弱骨質。大人而欲達鈣量平衡者，Bertram 氏謂一日當要 CaO 0.4 克，Atton 氏謂要 0.5-1.0 克，又有謂必要 2.0 克者。此攝取量之多少，以鈣之吸收利用度為據云。以體重為準，小兒需鈣為大人之 $\frac{3}{4}$ 倍。為攝取鈣而供給之適當

食品爲牛乳（100克中有鈣0.12克）。其他卵黃、植物種實、菠菜等中含鈣亦多。動物性食物中之鈣，較植物性食物中者尤易於吸收利用。至於鎂則葉之綠色素中即多，以普通綠葉蔬菜爲食物者不患其鎂不足。但自鈣鎂比例說言，其不注意選擇食物者最易陷於鎂量過多，其結果使過膾之鎂驅逐鈣而招致鈣之不足。Low氏力說此種時必須補充鈣也。

第三節 磷鹽

磷（P）在食物中或在人體內皆有無機態與有機態二種。核酸、乾酪素、磷脂質、蛋白質、澱粉等中所含之磷，皆有機態磷也。關於無機磷與有機磷之營養價值問題，頗有種種議論。但無機磷未必劣於有機磷，且動物體又似有自無機磷合成有機磷之能力。有機磷之吸收爲分解後行之，無機磷爲在腸內成爲溶解性後被吸收者也。

磷之鈣鹽爲不溶解性，存在於骨中。骨之含磷量爲體內總磷量之80%，磷之鈉鹽及鉀鹽爲

水溶性而存於血液及組織中者也。體內保留磷之性質甚強，凡吸收入體內之磷，必有一部分殘留於體內。因而磷決無達平衡之事焉。

磷之排泄，在尿尿之中。尿中排出者約 30%，尿中約排出 70%，但體內而酸多時磷以可溶性鹽類而排出於尿中者又多也。食植物性食物時，以其中多含鈣之故，則磷之大部分成爲不溶解之磷酸三鈣 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 以排出於尿中。故尿中之磷，亦不能認爲非代謝之物也。

磷之需要量以 P_2O_5 計算之，一日爲 2.3 克（以磷酸計算爲 3.15 克）而通常之食物中已無不足。特別富於磷之食物爲乾酪 (Cheese)、卵黃、大豆、小麥、落花生等。

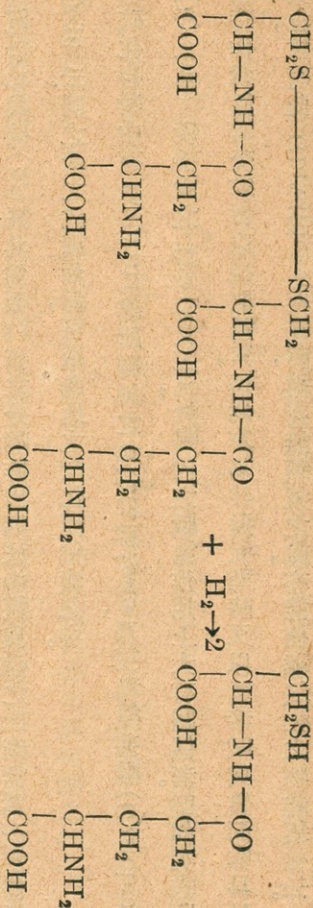
第四節 硫鹽類

以無機鹽而存於食物中之硫 (S)，雖以可溶性鹽而吸收入體內，但人不如植物之能利用，是以以其原形排泄於體外。故實際參與代謝者唯有有機態硫。此主爲蛋白質中之硫化化合物，固不待

言者。常與氮素相平行而代謝也。此種有機形硫之入體內，一日平均 1.3 克云。蛋白質中之硫，在體內被氧化時，一部分成爲硫酸鹽以排出於尿中。其見於尿中者主爲硫酸鈉 (Na_2SO_4)，至於硫酸鉀 (K_2SO_4) 則甚少。又有一部分作有機的結合而成爲 Ethyl 硫酸，主與腸內腐敗產物如 Indol, Scatol 等者相結合以排出。但全硫酸鹽 2.5—3.0 克中，Ethyl 硫酸不過其十分之一而已。

氮 (N) 與硫 (S) 既共爲蛋白質之分離排出，則尿中氮與硫之比應常爲一定，普通 $\text{N} : \text{S} = 1:10-16$ 云。因之硫之代謝如何，可由此比之變化而檢索之矣。

硫化化合物中有 Hopkins 等所發見之 Glutathione，乃三種氨基酸 (Cysteine, Glutamic acid, Glycine) 所構成之 Tri-peptide，於體內之脫氫作用上大有關係者。卽如次式所表示，在氧化型時作爲氫素受容質以攝取氫素，最爲容易。在還元型時又以氫素賦與質而容易付與他物以氫素也，故有此 Glutathione 存在時，縱在無氧氣之處，亦能使難氧化之物起氧化云。



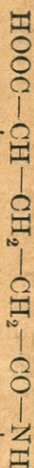
氧化型 Glutathione (氫氣受容質)

還元型 Glutathione



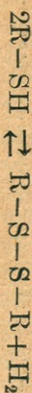
(氫氣賦與質)

Glutathione 在從前皆以為 Cysteine 與 Glutamic 酸二者相結合而成者，是以有上式。最近始判明其中尚結合有 Glycocol (Glycine) 對於上之構造式，自不能不有新的改更（應有十二種可能的構造式）。Kendall 氏最近提出（1929）之式則如次：



Glutathione (glutamyl-cysteinyglycine)

至其在細胞內所起之氧化與還元作用則與前述毫無差異也。



還元型 氧化型

第五節 鐵鹽類

鐵以無機鹽含存於飲料水中者甚多，至於有機態鐵則以蛋白質攝取也。關於血色素蛋白質 Haemoglobin 之形成上無機鐵鹽是否參與一問題，頗有議論。Bunge 氏謂無機鐵鹽不能吸收，但其後經多數之實驗研究又證明其能由腸吸收而參與 Haemoglobin 之形成。且有機鐵亦必一旦成爲無機鐵而後吸收之說又相繼而起。要之無機鐵於營養上無礙，已以幼白鼠實驗證明之。

矣。

體內之鐵，主含於 Haemoglobin 之中，爲氧氣運搬之作用。其鐵量約三克也。初生兒之體組織中含鐵量甚多，但生後卽行驟減。其減少之原因當爲用以製造 Haemoglobin。肝臟、脾臟、筋肉、膽汁、細胞核以及其他體內各處俱有微量之鐵存在。血球以外之含鐵總量爲 1—3 克，其作用在爲觸媒或助 Glutathione 之作用也。

Haemoglobin 之變爲膽汁色素 Bilirubin 時，其中之鐵則遊離。食物中之鐵雖自腸吸收，但再排泄於大腸而隨屎糞排出於體外。在體內貯藏鐵則甚難也。尿中一日有一毫克之鐵排出，但其由來則未明。牛乳中含鐵分甚少，菠菜卵黃等中則甚富，選擇食物者當知所注意焉。

第二章 無機鹽之生理的意義

據 Osborne 與 Mendel 氏之動物試驗成績，知各種鹽類在某程度內得以互相代用，但過此以上則代用即不可能。例如鉀全不能代換鈉。是鹽類皆各具有特殊之作用也。茲不分述，僅就一般而言之。維持骨骼之剛性及構成，原形質與組織液時鹽類有重要任務，固不待言。而常使組織液之反應維持中性，且調節滲透壓，其作用尤為重要也。

第一節 組織液之中性維持

欲謀生理作用之順調進行，務須將溫度滲透壓及反應適當調節。體內既常有新陳代謝產物之碳酸、乳酸、硫酸、磷酸等酸性物質生成，則全體之反應自然有偏於酸性之事。更因病而生成 β -Oxy 酪酸，Aceto-醋酸等酮體時，則與鹽基之平衡愈使失卻。血液之反應又不能超出 $\text{pH}7.45$

—7.35 之範圍外，非常有調節，則難免不發生超出此範圍之危險。其調節則主賴無機鹽之作用也。

據 Henderson 氏之研究，維持血液之正常 P_{H} ，只須磷酸鹽有 89% 為二鹼性磷酸鹽（如 Na_2HPO_4 ），11% 為一鹼性磷酸鹽（如 NaH_2PO_4 ）。碳酸鹽有 93% 為 $NaHCO_3$ ，7% 為遊離碳酸（ CO_2 ）。各鹽如以此種比率存在，則血液之適當反應，自可維持云。其調節也，如其中而參入酸，則自 Na_2HPO_4 生成 NaH_2PO_4 ，又自 $NaHCO_3$ 遊離 CO_2 ，而自肺臟排出。微酸性之 NaH_2PO_4 又較微鹼性之 Na_2HPO_4 尤容易自腎臟排出，故使酸性物減少。以化學反應式示之則如次。（M 表金屬 A 表酸）



如血液中而有鹼質參入，則即變為重碳酸鹽而使滲透壓增加，必排出鹼性尿以恢復正常。茲以蛋白質代謝產物之硫酸參入血液中為例，而示其調節變化如次：



即以 Na_2SO_4 排出於尿中以調節之也。但經營此中和作用者不僅無機鹽，而具有兩性反應之蛋白質亦參與之。又蛋白質分解時所生成之氨亦爲此同樣之作用，而節約固定鹼性鹽類之使用也。酸中毒症時尿中之尿素減少，氨增多者其原因在是乎。

第二節 滲透壓之調節

細胞之內外，或組織與血液之間，不能不常調節爲一定之滲透壓。關係此調節作用之最大者爲水與無機鹽及其他電解質。鹽類之中 NaCl 爲最重要。人之血液與約 0.8% NaCl 有同一之滲透壓，故稱此液爲生理的食鹽液。Ringer 氏之生理的食鹽液，於食鹽之外尚加入他鹽之微量。即 NaCl 7.5 克， CaCl_2 0.125 克， KCl 0.075 克， NaHCO_3 0.15 克，溶解於蒸餾水中爲一升者。如此單純溶液而有時能呈現偉大之治療效果者，完全在與血液同滲透壓，能代血液而維持血管之

緊張及血壓等也。

體內而有 NaCl 蓄積，則爲保持其生理的濃度而使水分停滯。反之而 NaCl 之含量少時，則又排出水分以維持此食鹽之生理的濃度也。 NaCl 之調節體內滲透壓也如此。

查

合

中華民國捌拾陸年柒月拾捌日

612

1234

T6

V.2

營養化學

登記號數 1234

類 碼 612/T6 V.2

卷 數

備 註

不出借

注 意

不出借

- 1 借閱圖書以二星期為限
- 2 請勿圈點、評註、污損、折角
- 3 設有缺頁情事時請即通知出納員

臺灣省立臺北圖書館

國立中央圖書館台灣分館



3 1111 003692124