

勞 動 衛 生 學

華東醫務生活社出版

學 生 衛 動 勞

著 編 錄 維 李

華東醫務生活社出版

1950.6.

序 言

勞動生產與工業建設為建立新中國的必備條件。勞動者健康的促進和工業環境的改善又為講求增加工作效率和提高生產量數的基本措施。

近百年來工業先進國家從發展勞動保健衛生以配合工業生產已有超越效果。但我國已往工業建設不多，只有極少數稍具規模的廠礦有工廠醫務的實施。一般工業場所缺乏衛生設備和安全管理。所以勞動衛生并未普遍受到注意。

今日新中國工業已在積極恢復和建設，將來必更有擴大發展，光明輝煌的無限前途。更兼改進工礦安全和衛生設備。促進勞動保健和實行工礦檢查制度，已為政府所倡導。則編著介紹勞動衛生的學識與技術將更增加其重要性。

這本「勞動衛生學」的編寫在敘述有關勞動生理學，勞動心理學，環境衛生學與工業醫務等一般原則理論，以及影響勞動者健康狀態和工作效率的環境條件因數。其有因改善條件因數而招致有工作或生產優越效果的實例亦儘量縷述，以為實施勞動衛生的借鑑。

編寫這本書的動機在貢獻保護勞動者健康和減免勞動力浪費的一般勞動生理心理衛生原則，並希冀藉以促進增加勞作效率和生產量數以達成輔助工業建國的重大目標。

李維鐸

一九五〇年二月二日於上海。

目 錄

勞 動 生 理 學.....	1
第 一 章 人體能力的產生與消散.....	1
第 二 章 營養需要.....	17
第 三 章 房屋衛生.....	25
第 四 章 衣着生理衛生.....	32
第 五 章 姿勢與勞動.....	43
勞 動 心 理 學.....	52
第 六 章 勞動與工業疲勞.....	52
第 七 章 疲勞的減輕.....	60
工作時間與集體暫息.....	60
疲勞和單調情緒.....	67
第 八 章 勞動與工業管理.....	75
分工合作與工作方法.....	75
動作與工時研究.....	77
選擇和教練.....	80
時間和物料的經濟.....	84
環 境 衛 生 學.....	90
第 九 章 空氣環境於勞動的影響.....	90
第 十 章 工業灰塵.....	98
第 十 一 章 聲響與震動.....	107
第 十 二 章 光亮照明.....	110

工 業 醫 務.....	121
第十三章 工廠醫務.....	121
第十四章 職業與疾病.....	126
第十五章 意外傷害的發生和預防.....	135
氣 候 與 勞 動.....	147
第十六章 氣候與勞動.....	147
第十七章 上海氣候與人體感應.....	157

勞 動 衛 生 學

勞 動 生 理 學

第 一 章 人 體 能 力 的 產 生 與 消 散

能力 (Energy) (或熱量 Heat) 的單位是卡 (Calorie) 。在 15°C . 時一公分 (克) 水升高攝氏一度所需要的熱量是一小卡。一千小卡的熱量等於一大卡，即是普通測量能力或熱量的單位。一卡的能力又等於 3.086 呎-磅 (Foot-pound) 的動力。燃料在內燃機內燃燒，氧化，產生化學能力。其中一部化學能力變化成『熱量』消散，另一部化學能力變化成『動力』 (Mechanical energy) 表現為工作。

一座機械的動力效率 (Mechanical efficiency) 是燃料產生的總力量與有用的動力量的比例。在適宜的情況下蒸氣機的動力效率達百分之二十。內燃機的動力效率可能超過百分之三十。人體勞動的效率約在百分之二十五左右。那就是人體能力約有百分之七十五化為體熱消散，僅有百分之二十五的能力是有用的勞動力。

人體的勞動力即是肌肉表現的動力。人體在不勞動時體能力的百

分之百化為體熱消散。

法國科學家萊弗司爾 (Lavoisier) 很早的研究動物的新陳代謝率。測量豚鼠在冰塊中體熱的消散。此後學者以為從體面的熱量消散可以決定熱血動物新陳代謝率的高低。按照牛頓 (Newton) 定律：無機物體的散熱速率是依據物體面積大小，物面溫度及其四周環境的溫度及其溫度差。所以以為動物的新陳代謝率在相同的生理狀況下是和動物體面積成正比例。

儒博納 (Rubner) 曾測驗多種動物的體面與新陳代謝率的關係，只有在適當的環境溫度下動物體溫的消散是依照牛頓的定律。較高或較低的溫度下，新陳代謝率升高。如在冷環境下，肌肉戰慄或震動，以產生多量的體熱保持體溫平衡。這是體內的物理作用，產生熱量以維持體溫的理論，但儒博納氏又說體內有化學作用產生熱量以維持體溫的學說。直到現今仍沒有科學論證支持儒氏學說的存在。

體溫的調節： 下等動物如昆蟲，脊椎動物如爬蟲類、兩棲類及魚類等動物的體溫是依隨四周環境溫度的高低而改變。在較高氣溫時個體活動加強，在較低氣溫下個體活動減低甚至蟄眠。個體功能依隨環境改變，因之體內原漿經歷的變動甚大。在極端嚴寒的環境生物個體的功能因之減損甚鉅，體溫勿須保持固定，所以於新陳代謝作用可稱經濟。高等動物為了保持恆久固定的體溫，故新陳代謝率在不同的環境情況下必須維持一致，體內原漿保持一致的效能。在任何環境下體溫保持平衡一致為熱血動物的特點。

熱血動物個體的如何調節體溫，使體溫常久保持平衡固定，為生理學上重要問題之一。調節體溫使固定平衡，即是要保持體熱的產生量和消散量相等。影響體熱產生量的因數為：新陳代謝作用，食物氧化及食物的特種動力作用，肌肉勞動，以及不自覺的肌肉戰抖作用，疾病等。影響體熱消散量的因數為：環境溫度，衣着，發汗作用，皮膚溫度，血液循環的增加等，由神經中樞與神經系統管制。

冷熱感覺起源於皮膚層的神經終器受環境溫度刺激而發生。經神經系統傳導達到腦部中樞神經。冷熱的局部作用可招致皮膚層下的毛細管、小血管內血液循環率改變，或收縮或膨脹，以適應環境的冷熱而保持其適宜狀態，在冷環境下血管收縮，在高氣溫環境下血管膨脹，這就是冷熱感覺關聯於體溫調節的功用。

體熱的產生：動物體熱的來源是從食物在體內氧化而來。食物在消化器官消化，輸運到肌肉氧化產生熱量。熱量可由一小時或一日內，所氧化的蛋白質、脂肪、炭水化合物的數量計算。生理學家研究體內產生熱能的器官，從肌肉的動作，分泌腺的活動，以及各器官的溫度差異所得的結論是體熱能從肌肉和腺的器官產生，皮膚、骨骼、關節等部分產熱極少。

基底代謝率為新陳代謝率的標準。基底代謝率並不是最低的新陳代謝率。影響新陳代謝率的因數很多。食物成分比例影響到在體內氧化的程度。正常人在睡眠時期，或營養不足，或有粘液性水腫病的人的新陳代謝率要比基底代謝率降低；眼球突外的患甲狀腺腫的病人新陳代謝率要增高許多；由於低溫環境，或情感的奮發的時候正常人體肌肉略為緊縮，能有額外的熱量產生，但其量甚為微小，不易察覺。由於特別訓練，或激烈運動，體熱的產生可能增到百分之一二至十倍之多。肌肉的震抖為一不自覺的肌肉動作，體熱產生量亦增多。這是發源於低溫環境的刺激神經系統，使體內管制體溫的神經器官反應，招致肌肉動作以增加體熱的產量，用以維護體溫平衡。納入食物，特別是蛋白質類食物，消化時在短期間能使新陳代謝率升高至百分之四十，但不久即恢復原狀。這是由於食物內蛋白質的特種動力作用所致。其他如疾病亦可能增高新陳代謝率，那是病理的現象，此處從略。

各種動物體面、體重不同。每天由食物氧化產生的熱量，如果用物體面積表示為一常數。所以各種熱血動物每小時的新陳代謝率相等。下表可以看出：

動物的基底新陳代謝率

動物	動物體重(公斤)	每日所產生的熱量(卡)	
		以一公斤 (體重計算)	以一平方公尺 (體面積計算)
馬	411	11.3	948
豬	128	19.1	1078
人	64.3	32.1	1042
狗	15.2	51.5	1039
鼠	0.018	212.0	1188

人的基底新陳代謝率每日為1800卡。每小時每平方公尺的體面約產生40卡熱量。女人體格較男人為小，所以女人的基底率約低於男性者十分之一。從三十歲到七十歲，每十年間，以每小時平方公尺體面計算，基底新陳代謝率約降低一卡。

食物成分的比例影響於呼吸商數是很明顯的。如果在禁食時靜止狀態下的呼吸商數為0.8時，體熱量是由以下為食物成分比例得來：蛋白質百分之二十，炭水化合物百分之三十，脂肪質百分之五十。常久的膳食為炭水化合物時呼吸商數可增高到1.0。又膳食中脂肪質過於豐富時，呼吸商數可能減低到0.7。

體熱的消散：無機物體的熱量是經由輻射，對流，傳導，蒸發等物理作用消散。物體面積大小，以及與環境溫度的差異又影響到這些作用。人體熱的消散關係亦和無機物體相似，但較為複雜。人體神經系統組織完善，周圍血液循環的快慢亦可調節熱量的消散。環境溫度變低，或減少衣着，或增加空氣流動量，皆可促進體熱的消散。另加由於神經中樞和神經系統的反應，經周圍血液循環作用使皮膚溫度加高以至出汗，由皮膚面蒸發散熱，這是最有效的散熱機構。增多輻射面積亦能促進散熱。下面一個簡單的表圖說明人體熱量的產生與消

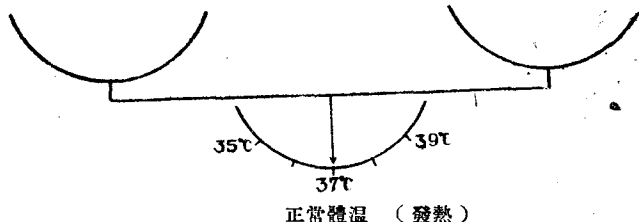
散和保持平衡的各因數。

體熱產生的增加由於：

蛋白質	— 增高新陳代謝率 — 增加肌肉動作 — 冷動感情 — 運動 — 肌肉發戰抖 — 食物的特動力作用 — 疾病
脂肪質	
碳水化合物	

體熱消散的增加由於：

環境溫度降低 衣着減少 增高空氣流動 發汗	— 輻射作用 — 對流作用 — 蒸發作用
增加血液循環 增高皮膚溫度 增加放射的面積 急劇喘氣 改變溫度差	



由輻射對流及蒸發三作用的體熱消散——上文已略述體熱的消散是經由輻射，對流及蒸發三主要途徑，這是和一無機物體的散熱相彷彿。有不同的地方是人體由於生理作用與機構對於體面與空間的位置關係於體熱消散有所調節。在各種環境溫度下，體熱消散的三途徑比例有所變易。如在氣溫 37°C. 時，體熱消散的唯一途徑是經由蒸發作用，經由輻射和對流作用消散的體熱減至極微。

由於人體除着衣部分外，暴露的皮膚部分與空氣直接接觸的部分較少。衣着與空氣全是有效的絕緣體，所以體熱經由傳導作用而消散的部分極小。在討論體熱消散時，在正常情況下，傳導散熱作用不關重要。

蒸發作用的體熱消散——蒸發作用在物理學上多有論述。所以先從蒸發作用的消散起始討論。

在平常氣溫情況下，體熱由皮膚面層的水氣蒸發而消散的數約為體熱總量的百分之二十四。一公分（克），水蒸發化為水氣需要 0.58

卡的熱量。在基底狀態下人體每小時經皮膚面層約蒸發三十公分水，那就等於每小時體熱經蒸發作用消散約十七卡，在二十四小時間共約四百卡的體熱經蒸發作用消散。這就是人體的不察覺的出汗作用。

但在日常生活狀態下，人體的蒸發作用受許多因數影響。如勞動的情況，新陳代謝率的高低，體面積的大小，氣溫和氣濕的高低，衣着的多少等條件都與蒸發作用有關。人體本身的主要生理的調節蒸發作用的因數是在皮膚層的發汗作用。只有在高氣溫下人體才起始發汗作用。在平常氣溫下人體經由皮膚層永久有水氣蒸發，這是不察覺的出汗作用。皮膚層下有連續的水分在供給着已被蒸發的水氣，以保持皮膚的相當溫度，在氣溫上升達華氏八十五度以上時不察覺的出汗作用變為明顯的出汗，因之有更多量的水氣蒸發。呼吸器官亦在蒸發水氣，呼出的常比吸入的空氣所含水氣為多。吸入的空氣在肺部要暖到體溫的溫度同時亦要濕潤到適合的溫度以後，才再運到細小的毛枝氣管內以便與血液接觸，發生生理作用。

在 23° 到 25°C . 的氣溫和 30 到 60% 的濕度的環境下，在基底狀態時，經由蒸發作用而消散的體熱為總熱量百分之二十四。即是有疾病的人的蒸發散熱亦在百分之二十二至二十七之間。這個數字已由實驗證明。所以經由蒸發作用而消散的體熱量的百分比率是一常數。

為人體體溫保持平衡，和為在高氣溫下體熱消散的安全，人體有發汗作用。這是人體極為有效的散熱機構。在任何環境條件下人體永有一定量的體熱必須消散，才能保持體溫的平衡。在四周環境溫度接近體溫時，唯一消散體熱的途徑是發汗，蒸發皮膚層水氣以消散體熱。因在氣溫昇高時人體的輻射作用和對流作用的消散體熱功能漸減，經由蒸發作用以消散體熱乃變為逐漸重要。人體有過多熱量產生後，須短期間消散時，如在激烈勞動時產生大量體熱的情況下，人體亦起始在較低氣溫時有發汗作用，以消散過多的體熱。

輻射作用的體熱消散——輻射熱是從物體輻射的電磁性熱能波浪

，傳佈消散於四周。按照物理學原理：任何物質的溫度高於其四周環境溫度時，則該物質向四周輻射熱能，其速度與光的速度相等。熱能爲多種物體所阻隔或遮避。輻射量是依據物質的外體形狀，有效的輻射面積，和面積的性質等因數。光滑的金屬面不易輻射熱能同時亦不易吸收熱能，但反射熱能力甚強。黑色的物面能吸收熱能同時亦能輻射熱能。根據實驗證明人體輻射熱能性質是和黑色物體面的性質相似。即是白色皮膚的人體，由皮膚輻射的熱能也和一完全黑色物面性質相同。所以人體輻射熱能的強弱是在於皮膚溫度和四周環境溫度之差，和四周物體的性質而定。人體熱能是輻射到四周物體而非輻射入空氣中。四周牆壁、玻璃窗、傢具等物體皆接受人體的輻射熱能。設室內生火取暖，則火爐輻射熱能達人體，人體的輻射熱能量因之減少，使人感覺溫暖。

人體維持常溫在 37°C 左右。環境氣溫降低時，人體即將輻射多量的熱能。在氣溫升高到臨近體溫度時，體輻射熱量亦逐漸減少。當環境溫度等於體溫度時體輻射熱量減到無有。在平常氣溫下體溫的百分之六十是由輻射作用消散的。

按牛頓 (Newton) 定律：物質的輻射量是依據物體面積，射出性 (Emissivity) 與物面溫度和四周環境溫度之差爲比例。按司蒂芬鮑次曼 (Stefen-Baltzmann) 定律：輻射量是依據物體面積，射出性，與物體絕對溫度的四次方乘和四周物體絕對溫度四次方乘之差爲比例。這些定律都說明物體輻射熱能是和四周環境物質性質與溫度有密切關係。

人體輻射的熱能波長限度是 $5-20\mu$ 。最強度的是在 9μ 波長熱能。按照 Plank's 的定律：熱能波長度的輻射是依據物體本身的溫度爲定。人體輻射的熱能是波長較長的熱能。所以人體熱能的輻射力是比較火爐的輻射熱能力或太陽的輻射熱能力遠爲低弱。人體輻射的熱能可以射穿空氣及水蒸汽，但不能射穿玻璃或薄薄一層人皮。這是因

爲人體輻射的熱能波長較長的原故。

對流作用的體熱消散——對流散熱是經由空氣分子撞擊體面，分子將熱量移離人體。當涼空氣吹達人體時，臨近體面的暖空氣被冷空氣排擠除去，如此體熱因之消散。所以，人體爲保持這暖空氣層而穿衣服。根據研究結果人體面的暖空氣層甚淺薄，多毛部分才能保持較厚的暖空氣層。

在平常氣溫，空氣靜止，赤身裸露安靜不動狀態下，體熱經對流作用而消散的爲總量百分之十至十二。這是由於體熱使臨近身體部分的空氣溫度加高而上升，形成空氣對流作用而消散的體熱。在日常生活狀況下，由於人體活動和動作，經對流作用而消散的體熱量必較上數爲高。空氣能自由流通於少數衣層的間隙，如果再增加高度空氣流動量時，則經由對流作用而消散的體熱能達三分之一。同時人體姿勢與對流作用消散體熱有相當關係。

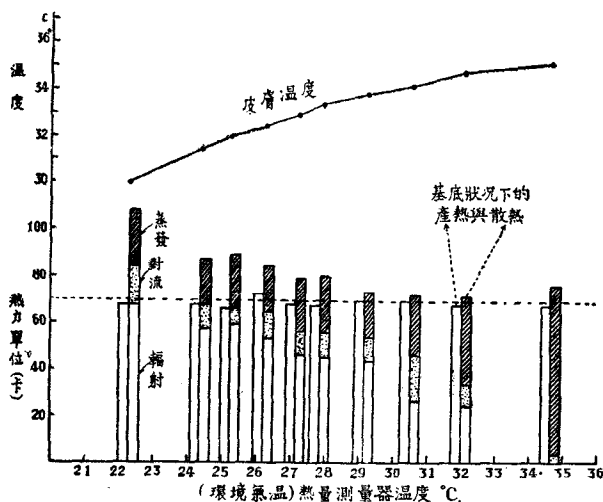
在通常情況下，氣溫攝氏二十三度左右，百分之四十左右的濕度，空氣流動量每分鐘約一百呎速度時，人體着輕便適宜的衣服在休息靜止狀態，體熱量的消散爲：經由輻射作用者約百分之六十，經由蒸發作用者約百分之二十至三十，經由對流作用者約百分之十至二十。

杜保氏 (DuBois) 體熱消散研究——在熱量測量器內杜保氏會準確的研究裸體情況下，人體每小時的產熱量和經由輻射、對流及蒸發三作用的消散熱量，測量器的氣溫由攝氏表二十二度升高到三十五度；以及在不同的氣溫下，測量人體的基底產熱量，和消散熱量的變化情形，曾有很很有價值的結論如下：

如杜氏圖甲所示：從攝氏表二十二度到三十五度的氣溫下基底體熱產生量固定不變。那就是基底新陳代謝率在各種氣溫下一致不變。這個實驗否定了在高氣溫時代謝率昇高的學說。在測量器內的各氣溫下，基底代謝率爲每小時約七十卡的熱量。

在不同的氣溫下各體熱的消散量是不等。在氣溫三十度以下體熱

消散量增多，氣溫越低體熱消散量越多。在攝氏表二十二度時每小時體熱消散量約為一百一十卡。在不同的氣溫下經由輻射、對流、及蒸發三作用的比例而消散的體熱亦不一致：在攝氏表三十度以下時體熱的



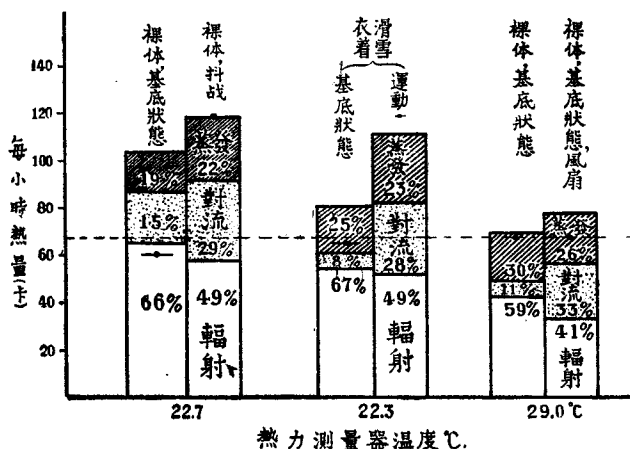
杜氏圖 在不同氣溫下測量人體基底產熱量和消散熱量的變化情形

消散經由輻射作用者為百分之六十，經由蒸發作用者為百分之二十五到三十，經由對流作用者為百分之十至十五。氣溫由攝氏表三十度向上昇高時體熱經蒸發作用而消散的比例逐漸加多，經由輻射作用和對流作用者相對減少。氣溫達攝氏表三十五度以上時體熱的消散幾完全經由蒸發作用。在該情況下人體的輻射作用和對流作用幾完全失效。

杜氏的另一實驗研究在各種不同環境氣溫下，人體動作，或其他條件變化，對於體熱消散的影響。

圖左邊的實驗氣溫在攝氏22.7度，基底裸體狀態下，體熱的消散為每小時105卡。其間經由輻射作用者百分之六十六。經由對流作用

者百分之十五。經由蒸發作用者百分之十九。因環境氣溫低，人體肌肉發生抖戰作用，體熱消散增高為每小時120卡。其間由於肌肉動作經對流作用而消散的體熱約為靜止時的一倍，百分之二十九。經輻射作用而消散的熱量減為百分之四十九。經蒸發作用而消散的體熱為百分之二十二。



杜氏圖 在各種不同環境氣溫下，人體動作或其他條件變化於體熱消散的影響

圖中間的實驗氣溫在攝氏表22.3度，穿滑雪衣着，在基底狀態每小時體熱消散量為80卡。其間經由輻射作用消散的體熱為百分之六十七。經由對流作用消散的體熱為百分之八，較裸體狀態下減少一半。經由蒸發作用消散的體熱為百分之二十五，較裸體狀態下增多。做滑雪運動，每小時體熱消散量為130卡，其間經由輻射作用者百分之四十九，對流作用者百分之二十八，蒸發作用者百分之二十三。由於身體動作，所以經由對流作用消散的體熱量大增，同時經由輻射作用消散的體熱減少。

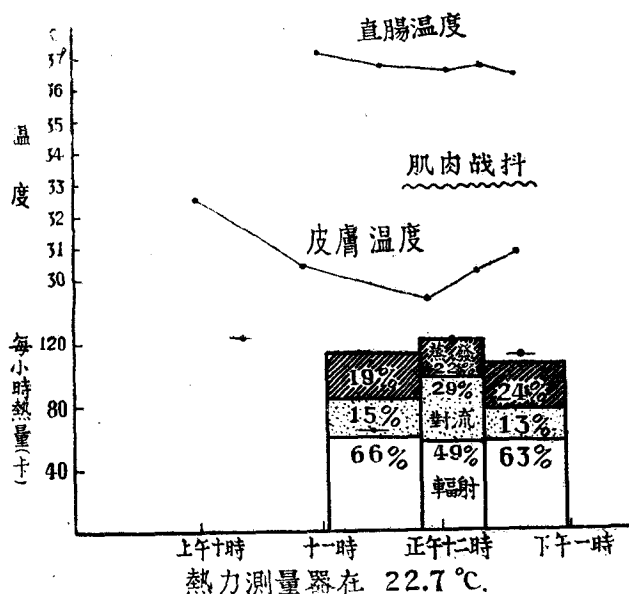
圖右邊的實驗氣溫在攝氏表二十九度，裸體基底狀態每小時體熱消散量為 70 卡，其間經由輻射作用消散的體熱為百分之五十九，經由對流作用消散的體熱為百分之十一，經由蒸發作用消散的體熱為百分之三十。經由蒸發作用體熱消散量比例增多是由於：氣溫昇高，人體生理作用調整，周圍血液循環增加，皮膚溫度上昇；所以有較多的水氣從皮膚層蒸發。風扇開動，空氣流動量增加，因之體熱經由對流作用消散的體熱量亦增多。在這種情況下，每小時體熱消散量為 80 卡；其間經由輻射作用消散的體熱為百分之四十一，經由對流作用消散的體熱為百分之三十三，約為總體熱量的三分之一，經由蒸發作用消散的體熱為百分之二十六。在空氣流動增高的情況下，體熱總消散量僅小量增多，但經由對流作用消散的體熱確增多二倍。

從上面三個實驗的結果，裸體狀態下的抖戰是肌肉動作，滑雪運動亦是肌肉動作，皆增高經由對流作用體熱消散的百分比。其效果亦和經風扇煽動，空氣流動量增加，靜止狀態下的裸體消散體熱量的增多相仿。增加空氣流動量或增加人體動作的情況下，經由對流作用消散的體熱百分比率增加一倍到兩倍。這是很顯著的效果。

勞動與體熱的產生和消散：環境情況與人體內各器官和皮膚溫度的關係，在近年來已有許多研究報告。在較高氣溫時皮膚溫度亦高，所以和體內各器官的溫度差別很小。但在較低氣溫時，皮膚溫度亦隨之降低，體內器官溫度須保持常溫。於是顯然的溫度差是在內部器官與皮膚之間。皮膚溫度和環境溫度的差異反不顯著。第三種情況：在強烈勞動時，因四周血液循環加速，血液運達皮膚層下，皮膚溫高促進皮膚面上蒸發作用，散熱加多，又使皮膚溫度降低。在這情況下，溫度的差異在皮膚層下最為顯然。皮膚面上因水氣蒸發而冷卻，皮膚溫度降低。皮膚層下深處為體溫的肌肉，所以在皮膚下溫度差最大。

下圖是杜保氏的實驗說明體熱的產生和消散與肌肉戰抖的生理關係。熱量測量器的氣溫在 22.7°C 。裸體基底狀態下，經一小時預備時

期體熱產生量降低到每小時約 60 卡。體熱消散量為每小時約 110 卡。消散量多於產生量。皮膚溫度由 30.5°C 經五十分鐘降落到 29°C 。直腸溫度（代表內部器官平均溫度）亦微有降落。由於環境溫度過低，肌肉戰抖起始動作。（第二時期）。體熱產生量增多至每小時 120 卡。感覺溫適。經二十一分鐘的肌肉戰抖，皮膚溫度增高約四分之三度，直腸溫度甚少變動。體熱消散量略微增加。經由輻射作用者為百分之四十九，經由對流作用者為百分之二十九，為靜止狀態時的一倍。經由蒸發作用者為百分之二十二。在肌肉戰抖時期體熱產生量和消散量相等。



杜氏圖 體熱的產生和消散與肌肉戰抖的生理關係

由這實驗得知皮膚溫度的變化，感覺寒冷溫適程度與體熱產生和