

# 溫度及卡路里對於 胺基酸分解代謝的影響

Amino and catabolism in environmental extremes :

affect of temperature and calories

— J. D. Lin, M. S., March 31, 1971 —

## 序 言

動物急速暴露於極端溫度後胺基酸分解代謝 (amino acid catabolism) 增加及產生負氮平衡現象 (Negative nitrogen balance) 已由許多學者所確認。動物冷暴露 2 天後代謝率 (metabolic rate) 增加，但其進食 (food intake) 並無增加。故急速冷暴露時氮代謝改變可能是由於寒冷所引起較大能量的需求，抑或由於相對卡路里缺乏 (relative caloric deficiency) 所致。動物暴露於熱環境時可導致昏睡與減低進食量，結果發生絕對卡路里缺乏 (absolute caloric deficiency)。至於發生上述氮代謝改變是由於急速的環境變 (acute environmental stress) 抑或營養性應變 (nutritional stress) 而來則尚屬可疑。因此本實驗在於致力於研究極端溫度及其相關的相對或絕對卡路里缺乏對於胺基酸分解代謝的影響。

## 方 法

雄鼠 (Charles River Rat) 在實驗前至少一星期需餵以一種叫做 Purina 的實驗飼料 (chow 及 libitum 加水)，並且維持在 23°C 的環境溫度中。體重 160 至 180 克的老鼠隨意地分成四組：第一組為控制組 (control group)，其食物中加 libitum 並且維持於 23°C 48 小時；第二組冷暴露組 (cold-exposed group)，暴露於 6°C 48 小時，飼料中加 libitum；第三組熱暴露組 (heat-exposed group)，暴露於 35°C 48 小時，飼料亦加 libitum；第四組限制飼料組 (restricted fed group)，此組老鼠在第一及第二暴露天的早上八點時各飼以 10 克的粗玉米粉，並且維持於 23°C 48 小時。所有實驗組老鼠開始的平均體重相同。

第二個實驗的卡路里需要量被維持控制者，但冷暴露組則被餵以一種所含的蛋白質量與飼餵限制飼料者相同的飼料。實驗前一星期 12 隻老鼠被餵以由下成分所混合成的純淨食物 (purified diet) 再加上 libitum 的一種食料：乾酪素 (casein) 24%、玉米油 (corn oil) 6%、蔗糖 (sucrose) 64%、Rog-er-Harpor 鹽混合物 (salmix) 4%、多種維生素混合物 (complete vitamin mix) 1%、Capo, 補增物 (supplement) 0.6%、Mn-Zn 補增物 0.2%、氯化膽鹼 (choline chloride) 補增物 0.2%。六隻老鼠被保持於 23°C 48 小時，並且在第一及第二暴露天早上八點鐘以上述純淨食物 8 克。第二組則被置於 5°C 的冷房 48 小時，並且餵以含有 12% 乾酪素及 76% 的蔗糖加 libitum，其餘的 (12%) 成分則與控制食料相同的比例。兩個實驗中所有動物都給予水加上 libitum，並各別飼養於籠子裡。動物均於每天早晨相同的時候殺死，故因 circadian rhythms 而引起的變異 (Variation) 將是非常之少。Parameter 之測定係採用分析法。平均值間之差異現象用 Student t-test 來計算決定。

## 結 果

急速暴露於冷環境的老鼠的進食幾乎與加 libitum 控制鼠相同，但急速暴露於熱環境的老鼠自動地限制牠們的進食量 (表一)。冷暴及熱暴動物的體重減少數與加 libitum 控制鼠老鼠者之比較可見表一。限制組吃了 20 克食物 (即 21 次 10 克玉米粉)，此量約為冷暴動物的消耗量之半，並且略少於熱暴動物的消耗量。限制組的失重 (表一) 是表示一種分解狀態 (catabolic state)，而冷暴及熱暴動物之失重亦略相同。無論如何，冷暴動物所能夠用來做分解代謝之食物量約為限制動物之三倍，雖然牠們的失重幾乎相同 (表一)。因此在第二個實驗中限制組及冷暴組進食的卡路里數不同，但進食蛋白質量及失重却相等 (見表五)。

冷暴動物的肝胺基轉換酵素 (hepatic transaminase) 的活動性較加 libitum 控制組或限制組者為高 (表二)。相反地，熱暴動物的胺基轉換酵素活動性並不比加 libitum 控制組或限制組者高 (表二)。唯一例外的是熱暴組的酪氨酸胺基轉換酵素 (tyrosine transaminase, T.T.) 活動性較限制組者為高，但並不比加 libitum 控制組者高。冷暴及熱暴動物的尿素環 (urea-cycle) 酵素活動性相對地較加 libitum 控制組者高 (表三)。當與限制動物者相比時，較高的尿素環酵素活動性出現於冷暴動物中，而非於熱暴動物中 (表三)。

限制組、冷暴組及熱暴組的肝游離胺基酸高度 (hepatic free amino nitrogen level) 顯然地高於加 libitum 動物者 (表四)。做冷暴及熱暴動物肝切片 (liver slices) 時，其胺基丙酸 (alanine) 及白胺基酸 (leucine) 的氧化率比加 libitum 動物者增加。冷暴動物，而非熱暴組，的氧化率較限制動物者為大 (表四)。當冷暴動物的蛋白質進食量被做成限制組者相同時，則冷暴動物與限制動物間之有關上述觀察的大部分事項之差異將不存在 (表五)。用做酵素分析的肝汁上層液所含水量及蛋白質量在實驗當中並無顯示不同。

表一、進食量及重量改變

	控制組 (加 libitum)	控制組 (限制)	冷暴組 (6°C)	熱暴組 (35°C)
進食量 (Food intake), g/48hr	41.9 ± 0.74 (15)	20 (0)	42.5 ± 2.4 (14)	28.3 ± 1.2 (10)
重量改變 (Wt. change), g/48hr	+12.1 ± 1.29 (12)	-18.1 ± 1.42 (0)	-10.3 ± 1.62 (6)	-8.3 ± 1.8 (6)

表二、肝胺基轉換酵素活動

	控制組 (加 libitum)	控制組 (限制)	冷暴組 (6°C)	熱暴組 (35°C)
丙酮酸-胺基轉換酵素 (G. P. T.)	0.17 ± 0.031 (8)	0.18 ± 0.002 (8)	0.39 ± 0.048 (8)	0.232 ± 0.010 (8)
草酸-胺基轉換酵素 (C. O. T.)	0.493 ± 0.041 (8)	0.580 ± 0.040 (8)	1.061 ± 0.037 (8)	0.50 ± 0.025 (8)
酪氨酸-胺基轉換酵素 (T. T.)	0.173 ± 0.012 (8)	0.112 ± 0.075 (8)	0.473 ± 0.041 (8)	0.21 ± 0.024 (8)

表三、肝胺基轉換酵素

	控制組 (加 libitum)	控制組 (限制)	冷暴組 (6°C)	熱暴組 (35°C)
烏氨酸-轉碳酞粉酵素 (O. T. A.)	13.680 ± 798 (8)	18.40 ± 546 (8)	22.240 ± 831 (8)	19.680 ± 851 (8)
精氨酸-琥珀酸轉氨酶 (A. S.)	163 ± 6.07 (8)	170 ± 6.53 (8)	244 ± 10.16 (8)	194 ± 12.72 (8)
精氨酸轉氨酶 (A)	43.410 ± 1513 (8)	47.235 ± 1837 (8)	59.190 ± 681 (8)	54.450 ± 2798 (8)



做之老鼠逐漸冷暴所得之報告結果相合。分解所授予的蛋白質以供能及增加尿酸形成所需量，都可能說明寒時酵素活動增加之因。這與高蛋白飲食時大部分之蛋白質必須用以供給能量時所需酵素增加之報告相同。熱暴動物中尿酸環酵素活動性比加飼 Libbitum 動物中所見者為高，但並不高於限制動物者（表三）。故熱暴動物中尿酸環酵素活動性增加可能歸因於絕對卡路里的不足。

1964年 Beaton 及 Feleki 發現下視丘毀壞 (hypothalamic lesion) 後的食慾亢進的 (hyperphagic) 老鼠其 G. O. T. 及精氨酸酶活動性比冷暴 14 天的老鼠為大。這種事實與本報告及 Klain 等人的報告結果相反。這些結果都是認為 G. O. T. 及精氨酸酶活動性增加並非由於底質。這些研究中所用之暴露時間及用來做影響蛋白質 (底質) 進食因素之方法各不相同。Beaton 及 Feleki 是因毀壞下視丘之食慾亢進動物，然而在本研究及 Klain 等人之研究中都以糖類之等卡路里替代法 (isocaloric substitution) 取代蛋白質以做為相同的蛋白質進食。這些方法論 (methodology) 之差異可用來說明結果何以不同。

增加肝游離氨基氮 (hepatic free amino nitrogen) 自然會增加蛋白質分解代謝。由冷暴、熱暴、及限制動物與加飼 Libbitum 控制組比較時，前者之肝游離氨基氮增加之觀察可顯示蛋白質分解代謝之一般性增加 (表四)。冷暴動物肝切片上的丙氨酸 (alanine) 及白氨酸 (leucine) 氧化作用顯著增加 (表四) 與其氨基轉換酶及尿酸環酵素活動增加之觀察是相一致的。這反映外源蛋白質及某些內源 (endogenous) 蛋白質氧化作用有增加之趨勢以便應付環境代謝作用的需求。事實上，表五所引之資料已可確證出致使冷暴組與限制組間的氨基氧化作用不用速率的可獲得的底質。這些資料顯示蛋白質底質可適用於大多數不同的氨基轉換酶活動、尿酸環酵素活動及氨基底質的肝氧化作用等過程。熱暴動物肝切片的氨基氧化作用增加可完全用來說明絕對卡路里限制現象 (表四)。除了 T. T. 較限制組為高外，這結果與酵素資料所列 (表五) 相一致。

由急速暴露於 6°C 之冷溫或 35°C 之熱度 48 小時動物的肝組織其氨基酸分解代謝改變的大部份觀察，可供做產生相對絕對卡路里缺乏之因。如此就可認為急速暴露於中等的極端溫度的老鼠所受的 nutritional stress 是發生氨基酸分解代謝增加的主要因素。

(取材自 American J. Physiology, 219 (4): 1046-49, Oct., 1970)

(作者：本學院生理學講師)

表四、肝切片的游離氨基氮及氨基酸氧化作用

	控制組 (加 libbitum)	控制組 (限制)	冷暴組 (6°C)	熱暴組 (35°C)
游離氨基氮 (F. A. N.)	29.8 ± 0.91 (8)	33.8 ± 1.09 (8)	35.3 ± 0.85 (8)	34.7 ± 0.71 (8)
丙氨酸 (Alanine)	12.97 ± 0.473 (8)	19.18 ± 1.35 (8)	26.65 ± 1.66 (8)	17.87 ± 1.17 (8)
白氨酸 (Leucine)	0.705 ± 0.035 (8)	0.808 ± 0.091 (8)	1.250 ± 0.041 (8)	0.920 ± 0.038 (8)

表五、冷暴及蛋白質食料對氨基酸氧化作用的影响

	控制組 (限制)	冷暴組 (加 libbitum)
進食量 g/48hr	16 (12)	32.0 ± 1.37 (12)
蛋白質進食量 g/48hr	3.84 (12)	3.84 ± 0.16 (12)
重量改變 g/48hr	-5.5 ± 0.67 (12)	-2.2 ± 0.95 (12)
T. T.	0.150 ± 0.015 (6)	0.326 ± 0.038 (6)
G. O. T.	0.594 ± 0.04 (6)	0.605 ± 0.04 (6)
精氨酸酶 (A)	52,800 ± 1833 (6)	50,960 ± 1274 (6)
丙氨酸氧化 Alanine oxidation	18.3 ± 1.46 (6)	14.8 ± 0.87 (6)
白氨酸氧化 Leucine oxidation	1.99 ± 0.04 (6)	2.02 ± 0.14 (6)

### 討論

老鼠在冷暴的開始幾天代謝率增加了，但其食物消耗量並無補償性 (Compensatory) 的增加。因此，老鼠表現了相對卡路里缺乏的失重現象 (表一)。急速暴露於熱環境中的老鼠自然地減少牠們的進食卡路里數，因而表現了絕對卡路里缺乏的失重現象 (表一)。非因暴露於極端環境溫度所引起的卡路里缺乏將導致蛋白質分解代謝及失重現象。因此企圖想限制組來做更進一步分析它與冷暴組及熱暴組有所不同的卡路里缺乏之影響因素。無論如何，當比較限制組與冷暴及熱暴組間之差異時務必小心，因為這些組當中其取食行為 (feeding behavior) 各不相同，並且取食行為可影響代謝作用。

肌酸動物及注射腎上腺皮質激素動物的氨基轉換酶活動性顯著地增加。限制動物的氨基轉換酶活動性並無增加 (表二)，此乃被認為是卡路里缺乏之並不嚴重，以致於不導致氨基轉換酶活動性的顯著上昇。冷暴動物的氨基轉換酶活動性被發現大為提高 (表二) 這與 Beaton 所做的冷暴鼠之氮代謝所得之報告資料相同，而且與極端冷暴動物所得之高度的腎上腺皮質活動性之報告及與為應付寒冷所消耗由大部分之外源底質 (exogenous substrate) 所供之能量而發生相對卡路里缺乏相一致。當冷暴動物所消耗之蛋白質量與一對限制組者相等時，酪氨酸氨基轉換酶 (tyrosine transaminase T. T.) 顯著增加，但丙氨酸-草酸轉換酶 (glutaminoxalacetic transaminase, G. O. T.) 却無增加 (表五)。Klain 等人將老鼠逐漸地暴露於寒冷後所得之 T. T. 和 G. O. T. 與上述有相同之效果。極端暴露於寒冷的老鼠 T. T. 活動性增加，但蛋白質進食却與限制組相同的原因可能是腎上腺皮質的獨立底質被 T. T. 急速作用而降低的結果。急速暴露於 35°C 熱環境的動物其氨基轉換酶活動性亦無顯著地比加飼 libbitum 動物者增加 (表二)。但相對地對於限制組却發現 T. T. 有顯著的增加 (表二)。這種增加可能是由於 gluco-corticoids (腎上腺皮質部之一種糖質激素) 所引起或因給予限制組玉米粉之取食行為所產生的 T. T. 日次節律性 (diurnal rhythm) 改變的結果。

卡路里之限制，每天蛋白質之改變，以及其他因素均能引起尿酸環酵素活動性之改變。限制動物常出現大卡路里限制，結果為尿酸 (orithine) 氨基轉換酶活動性顯著增加，但精氨酸-琥珀酸轉換酶 (argino-succinase) 及精氨酸酶活動性並無增加。當與加飼 libbitum 或限制組者相比時，冷暴組之這三種酵素環酵素甚為增加 (表三)。這與 Beaton 之觀察相一致。當外源蛋白質 (Exogenous protein substrate) 相等時，限制動物或冷暴動物之精氨酸酶活動性並無被發現不同 (表五)。這與 Klain 等人所