

台灣國小學童營養健康狀況調查 2001-2002
台灣國小學童維生素 B1 與維生素 B2 之營養狀況

駱菲莉¹、王瑞蓮²、蕭寧馨³

¹ 輔仁大學食品營養學系

² 弘光科技大學食品營養系

³ 台灣大學生化科技學系

摘 要

台灣國小學童營養健康狀況調查 2001-2002 中，以紅血球之轉酮酶活化係數 (erythrocyte transketolase activity coefficient, ETKAC) 評估維生素 B1 營養狀況，以穀胱甘肽還原酶活化係數 (erythrocyte glutathione reductase, EGRAC) 評估維生素 B2 營養狀況。分析結果顯示，男、女學童之 ETKAC 平均值分別為 1.07 ± 0.00 與 1.06 ± 0.01 ，都在正常範圍。學童維生素 B1 邊緣缺乏與缺乏之盛行率分別為：男性 10.4% 與 7.8%，女性 9.3% 與 7.3%，其中以 8~8.9 歲之男、女學童的缺乏率高達 11.5% 與 11.9%。男、女學童之 EGRAC 平均值分別為 1.18 ± 0.00 與 1.19 ± 0.01 ，並有隨年齡增加而上升的趨勢。學童 B2 邊緣缺乏與缺乏之盛行率分別為：男性 32.4% 與 3.5%，女性 35.9% 與 4.5%。維生素 B2 營養狀況不良與貧血顯著相關；B2 缺乏與邊緣性缺乏的學童，其乳製品的攝取頻率顯著較少。

關鍵字：國小學童、維生素 B1、維生素 B2、ETKAC、EGRAC、營養狀況

前 言

維生素 B1 (thiamin) 在人體主要以 thiamin pyrophosphate (TPP) 的 coenzyme 型態參與二類生化代謝反應，包括：(1) α -ketoacids (如：pyruvate、 α -ketoglutarate、branched-chain keto acids) 的 decarboxylation 作用、(2) hexose 與 pentose phosphates 之間的 transketolation 作用。藉此協助碳水化合物與 branched-chain amino acids 之代謝。目前在經濟發達的國家，維生素 B1 缺乏所造成的腳氣病 (beriberi) 已不常見，而是最常發生在慢性酗酒者，估計 80% 酗酒者有 B1 缺乏的問題^[1-3]，嚴重時惡化成 Wernicke-Korsakoff syndrome，有致命的腦部病變。

維生素 B2 (riboflavin) 在人體主要以 flavin mononucleotide (FMN) 與 flavin-adenine dinucleotide (FAD) 的 coenzyme 型態催化許多氧化還原反應。這些反應包括：dehydrogenation、硫化合物的氧化還原反應、hydroxylation、dioxygenation 等。此外，維生素 B2 也參與其他維生素的利用，影響其他維生素之 coenzyme forms 的生成，例如：維生素 B6 pyridoxine 5' -phosphates 轉變為 pyridoxal 5' -phosphate (PLP)，5,10-methylene- tetrahydrofolate 還原為 5' -methyl tetrahydrofolate，後者進而牽動甲硫胺酸的再生與含硫胺基酸的代謝等。維生素 B2 的缺乏症狀包括：口角炎、舌炎、脂漏性皮膚炎等，但是臨床症狀缺乏專一性，正確的診斷必須配合實驗檢驗結果。B2 嚴重缺乏時，常伴隨有其他維生素缺乏的問題出現，如：減少維生素 B6 生成 PLP，而間接導致維生素 B6 缺乏^[4-6]。

維生素 B1 與 B2 之營養指標

B1 營養指標

最常用的指標有是紅血球 transketolase (TK) 活性與活化指標。紅血球所含 TK 反應時需要 thiamin pyrophosphate (以下簡稱 TPP)，維生素 B₁ 是 TPP 的組成份，缺乏時，紅血球 TK 活性下降，因此以 TK 活性作為 B1 的功能性指標^[7, 8]。

更為靈敏而專一性的方法是紅血球 TK 活化係數(erythrocyte TK activation coefficient, ETKAC)，於體外測量紅血球 TK 的自然活性，和外加 TPP 刺激後之活性，藉添加 TPP 前後之活性比值(AC)，來評估維生素 B1 營養狀況，缺乏時比值升高^[9, 10]。依 1963 年 ICNND 定義之標準，ETKAC < 1.15 時，體內維生素 B₁ 營養狀況屬於正常範圍內；ETKAC 介於 1.15-1.20 為臨界缺乏；ETKAC > 1.20 時表示缺乏維生素 B₁^[11]。TK 活性不因性別或年齡而有變化，也不受禁食與否之影響^[12]，文獻上記載成年人之 ETKAC 值有 1.13±0.74，1.08±0.05，1.07±0.05^[13, 14]等。

血液中 80% 的 B1 存在紅血球，全血、血液或血漿 thiamin 濃度也可反映人體營養狀況。測量方法用 thiochrome 螢光偵測法，先將 thiamin 氧化成 thiochrome，產物在 UV 有螢光，配合 HPLC 與螢光偵測器^[15]。根據文獻，全血中正常的 B1 濃度是 6.96±1.26 μg/dL，腳氣病患者只有 2.29±1.06 μg/dL^[16]。全血之 TPP 濃度與紅血球 TK 活性顯著相關，兩者都是正常者高於腳氣病患者，不過，分辨正常與缺乏的最佳指標還是 ETKAC^[17]。紅血球的 B1 濃度以 > 140 nmol/L 為宜^[18]，也有文獻建議用 150 nmol/L 為正常標準^[19]。

尿中 thiamin 排泄量也是營養調查中常用的方法，可以用 thiochrome 螢光法定量。尿中的 B1 非常穩定，-20°可以保存兩年，室溫下可以存放兩天^[20]。尿中 B1 排泄量無法代表體內的 B1 儲存量，只能反映最近短期的 B1 攝取量，體內缺乏時，排泄量顯著降低，體內充足時，排泄量大幅增加^[21]。

B2 營養指標

紅血球 glutathione reductase(GR)活性與活化係數(erythrocyte GR activation coefficient, EGRAC)是國內 B2 調查研究最常用的營養生化指標為^[22-24]，也是文獻中記載應用最廣的方法^[10, 25-28]。紅血球 GR 是含 flavin 蛋白質，B2 缺乏時，GR 酵素活性降低，因此 GR 活性可作為 B2 的功能性指標^[10]；利用試管中檢體外加 FAD 方法，比較添加與否的活性比例可以鑑定檢體 B2 缺乏與否與

缺乏嚴重程度^[29-32]。根據文獻，B2 營養充足者 EGRAC 約為 1.00 到 1.10，表示刺激活化幅度在 10% 以內，若 B2 攝取不足，AC 值會超過 1.20，表示刺激活化幅度超過 20%，若 AC 值超過 1.40，則表示嚴重缺乏^[25, 29, 30]；不過，AC 的正常標準有不同的建議，Prasad 等建議採用 1.50^[29]，Padmaja 等建議以 1.5~1.7 或 >1.7 為界限點^[33]。因此，國人合宜的標準應再予研議。

尿中 B2 排泄量也是可用的指標，B2 不會在體內儲存，攝取量超過需要量時會排出體外，使尿中 B2 濃度大幅升高^[34-36]。尿中 B2 可用螢光比色法^[37]或 HPLC 配合螢光偵測器定量，也可以用結合蛋白質(binding protein)競爭法檢測^[38, 39]。尿中 B2 濃度以 $\geq 80 \mu\text{g/g creatinine}$ 或 $\geq 120 \mu\text{g}/24 \text{ hr}$ 為營養充足^[36, 40, 41]。

國外 B1 與 B2 調查研究

美國學童維生素 B1 的每日攝取建議量(Recommended Dietary Allowance, RDA)分別訂為每日 0.6 mg (4~8 歲)、0.7 mg (9~13 歲)，維生素 B2 的 RDA 分別訂為每日 0.6 mg (4~8 歲)、1.1 mg (9~13 歲男孩)、0.8 mg (9~13 歲女孩)。根據 NHANES III 的調查結果，這些年齡層兒童的維生素 B1 與 B2 平均攝取量均可到達 1.60~1.84 mg/day 與 2.06~2.28 mg/day 的程度^[42]。此結果應與美國主食類的營養強化政策及乳製品的攝取量高有關。英國針對 13~14 歲青少年的營養研究顯示，雖然維生素 B1 的攝取量達到建議量水準，但是 ETKAC 值卻指出仍有臨界與嚴重缺乏問題^[43]。

國際上對維生素 B2 營養狀況的探討至今仍然很多，開發中國家的缺乏問題仍然存在。中國大陸成年男女的 EGRAC 平均值高達 1.47 ~ 1.48，調查 65 個縣中，有 47 個縣 EGRAC > 1.40，有 16 個縣界於 1.20 ~1.40 之間，僅有 2 個縣屬於正常^[44]。沙烏地人群中，EGRAC > 1.3 者男性有 17%，女性 38%；各年齡層都有缺乏問題，最嚴重的年齡層是 21~30 歲女性^[45]。英國之研究可見老人 B2 缺乏高達 70% 以上^[46]。

我國 NAHSIT 1 的 B1 與 B2 研究結果^[47]

自民國「69-70 年第一次台灣地區全國營養調查」結果，國人維生素 B1 攝取量已經達到建議量之水準^[48]。NAHSIT 1 缺少 7~12 歲學齡兒童的維生素 B1 與 B2 攝取量資料，年齡最接近的 13~15 歲青少年的維生素 B1 量均達到 RDNA 的 96%；以 ETKAC 鑑定 7~12 歲學童中，B1 缺乏率：男生為 29.3%，女生為 21.8%，以危險性較低的臨界缺乏為主^[47]。

維生素 B2 是歷次國人營養調查中都發現有缺乏問題的營養素^[49]。民國「69-70 年第一次台灣地區全國營養調查」結果，B2 的攝取量僅達建議量的 75%^[48]，75-77 年的「第二次台灣地區全國營養調查」結果，B2 攝取量增加到建議量的 84%^[50]，NAHSIT 1993-1996 的結果則各年齡層的平均攝取量都接近建議量了，只有 13-18 歲女性略低；若根據血液檢驗，EGRAC > 1.40 之比例為 44%之多，>1.70 之比例為 6.7%；缺乏問題又以山地與離島區域較嚴重^[47]。針對國小學童，由 EGRAC 鑑定的維生素 B2 缺乏率：男生為 24.7%，女生高達 35%，均佔學齡兒童中相當高的比例^[47]，可能與 4~6 歲以上兒童的牛奶與乳製品攝取量隨年齡上升而減少有關。

考慮學童成長快速、活動量高、營養需求大、維生素 B1 與 B2 和其他營養素代謝間有密切關係等問題，深入瞭解全國學童維生素 B1 與 B2 營養現況，確實有其必要。

材料與方法

國小學童之母體為台灣具有中華民國國籍且有正式學籍、就讀於八十九學年度(含)前教育部立案且招生上課之公私立小學、年齡滿 6 歲且小於 13 歲(出生日期為民國七十七年九月一日至八十四年八月卅一日間)之學生。學童調查之抽樣得 104 學校，每校 24 名，每年級四名，男女各半。於九十學年度分上、下兩學期進行問卷調查與體檢。體檢時收集血液，經適當處理得血清、血漿、紅血球等，經分裝後冷凍存放，依需要運用於各項營養指標之測定。各項血液分析進行時，

每一批分析均需同時分析參考樣品，另有 5%重複樣品，以計算檢驗誤差。

B1 之營養指標：紅血球 transketolase 活化係數(ETKAC) ^[11, 46, 51]

紅血球中含有 transketolase (TK)，TK 反應需要 thiamin pyrophosphate (以下簡稱 TPP)，Thiamin (維生素 B₁) 是 TPP 的組成份，若缺乏維生素 B₁ 時，紅血球 TK 活性會下降。ETKAC 是利用於試管內添加 TPP 於紅血球檢體中以活化紅血球 TK 活性，藉比較有無添加 TPP 之活性比值(AC)，來評估維生素 B₁ 營養狀況。酵素活性採用半自動分析法，配合分析儀 Cobas FARA 執行，ETKAC 定量之變異係數平均值為 6.1%。反應試劑含有 NADH 及 Ribose-5-phosphate (R5P)，Glycerol-3-phosphate dehydrogenase，triose phosphate isomerase，經檢體 TK 反應會減少 NADH 量，以分光光度計測量 340 nm 吸光值的變化量，可代表 TK 活性。故當紅血球 TK 缺乏 TPP 時，外在添加 TPP 會提高 TK 活性，使 AC 值增大，依 1963 年 ICNND，定義之標準，ETKAC < 1.15 時，體內維生素 B₁ 營養狀況屬於正常範圍內；ETKAC 介於 1.15-1.20 為臨界缺乏；ETKAC > 1.20 時表示缺乏維生素 B₁。血樣的儲存條件，紅血球若存放於 -72°C，TK 活性可保存一年；若存放於 -20°C，可存八個月。分析誤差可控制在 5% 以內。

B2 之營養指標：紅血球 glutathione reductase 活化係數(EGRAC) ^[33, 40, 52]

人體紅血球中富含 GR，由於 GR 為 FAD-dependent 之酵素，而維生素 B₂ 為合成 FAD 之前趨物，因此當飲食中缺乏維生素 B₂ 時，會造成 erythrocyte GR (EGR) 活性下降。EGRAC 法主要是利用於試管內添加 FAD 於紅血球檢體以激發 EGR 的活性，藉比較有無添加 FAD 之紅血球樣本所求得之活性比值(AC)來評估維生素 B₂ 營養狀況。因此反應試劑中含有 NADPH、氧化態麩胱甘肽 (Glutathione disulfide, GSSG) 和添加 FAD 與否，當 EGR 反應時，可以使 GSSG 還原，並使 NADPH 量減少，以分光光度計測量 340 nm 吸光值的變化量，可代表 EGR 活性，缺乏 FAD 時，外在添加 FAD 時會提高 EGR 之活性，因此活性係數升高反映體內

FAD 缺乏，也代表維生素 B2 營養不足。根據常用的標準，AC < 1.2 時，則體內維生素 B₂ 營養狀況屬於正常範圍內；AC 介於 1.20-1.40 為臨界缺乏維生素 B₂；AC > 1.2 時即表示缺乏維生素 B₂。但也有研究指出 AC 要大於 1.7 時，才表示有維生素 B₂ 缺乏。酵素活性採用半自動分析法，配合分析儀 Cobas FARA 執行，EGRAC 定量之變異係數平均值為與 3.8%。

統計分析

描述性統計分析與檢定採用 SAS 8.2^[53] 與 SUDAAN 9.0, SAS-callable Window^[54] 軟體進行分析，各項指標依年齡、地區、性別分層而進行統計分析，以平均值 ± 標準誤 (SE) 表示。平均值、異常或缺乏率、性別、年齡與地區間之差異，以及各指標隨年齡變化之趨勢均經過加權，使資料具有全國代表性。兩性間及正常者與缺乏者間之變項差異以 T-Test 檢定，多項年齡分層中以 Contrast 檢定其年齡分層間之趨勢，統計檢定之顯著水準設在 $p < 0.05$ 。

結 果

維生素 B1 營養狀況

維生素 B1 之功能性評估結果 ETKAC 列於表一，男性平均為 1.07 ± 0.00 ，女性平均為 1.06 ± 0.01 ，都在正常範圍內，以男性顯著高於女性；不過按年齡分層時只有 6 歲與 8 歲兩層有男性顯著高於女性的現象，其他年齡層則性別之間的差異不明顯。

國小學童 B1 缺乏狀況列於表二。B1 缺乏率為男性 7.75% 與女性 7.34%；邊緣性缺乏率為男性 10.39% 與女性 9.33%；B1 正常比例為男性 81.86% 與女性 83.33%。缺乏率最高的年齡層為：8 歲男性 11.47% 與 8 歲女性 11.93%。邊緣缺乏率最高的年齡層為：8 歲男性 19.08% 與 10 歲女性 12.87%。B1 營養不足比例最高之年齡層為 8 歲之男性和女性學童；充足比例最高之年齡層為：7 歲男性 90.58% 與 6 歲女性 89.23%。

表一 各年齡層男、女國小學童之 ETKAC 平均值與標準差

Table 1 ETKAC of various gender and age groups of elementary school children¹

Age group	Male		Female	
	N	Mean ± SE	N	Mean ± SE
Total	1084	1.07 ± 0.00*	944	1.06 ± 0.01*
6~12 yr				
6 yr ~	84	1.08 ± 0.01*	75	1.04 ± 0.01*
7 yr ~	187	1.05 ± 0.01	150	1.06 ± 0.01
8 yr ~	178	1.09 ± 0.01*	151	1.07 ± 0.01*
9 yr ~	180	1.07 ± 0.01	153	1.05 ± 0.01
10 yr ~	184	1.07 ± 0.01	172	1.06 ± 0.01
11 yr ~	197	1.08 ± 0.01	158	1.06 ± 0.01
12 yr ~	74	1.06 ± 0.01	85	1.06 ± 0.01

¹Data were analyzed by SUDAAN program.

*Significantly different between male and female

表二 各年齡層男、女國小學童維生素 B1 缺乏盛行率^{1, 2}Table 2 Prevalence rate of thiamin deficiency among various gender and age groups of elementary school children^{1, 2}

Age group	Male			Female		
	Normal	Marginal	Deficient	Normal	Marginal	Deficient
	ETKAC<1.15	1.15≤ETKAC<1.20	ETKAC≥1.20	ETKAC<1.15	1.15≤ETKAC<1.20	ETKAC≥1.20
Total						
6~12 y	81.86%	10.39%	7.75%	83.33%	9.33%	7.34%
6 yr ~	81.60%	12.45%	5.94%	89.23%	10.49%	0.28%
7 yr ~	90.58%	2.47%	7.94%	84.41%	11.35%	4.24%
8 yr ~	69.46%	19.08%	11.47%	79.64%	8.42%	11.93%
9yr ~	83.83%	10.91%	5.26%	85.04%	6.91%	8.05%
10yr ~	82.31%	10.26%	7.42%	80.45%	12.87%	6.68%
11yr ~	79.16%	11.03%	9.81%	83.38%	8.53%	8.09%
12 yr ~	87.64%	7.50%	4.85%	85.10%	5.30%	9.60%

依地區分層之 B1 缺乏率列於表三。男性缺乏率高的地區是南部第一、二層與中部第三層，臨界缺乏率高的地區也是南部第一、二層與中部第一層；總缺乏率超過 20% 的地區是南部第一、二層與中部第一、三層。女性缺乏率高的地區是北部第一層與中部第一、三層；臨界缺乏率高的地區中部第二、三層與南部第二層；總缺乏率超過 20% 的地區是北部第一層、中部第三層、南部第二層；充足率超過 90% 的地區為南部第三層與北部第二層。

表三 各地區分層男、女國小學童維生素 B1 缺乏之盛行率

Table 3 Prevalence of thiamin deficiency over various gender and regional stratum of elementary school children¹

Stratum	Male			Female		
	Normal	Marginal deficiency	Deficient	Normal	Marginal deficiency	Deficient
客家	86.81%	7.75%	6.10%	88.25%	11.75%	0%
山地	83.51%	11.07%	5.43%	80.67%	9.76%	9.57%
東部	82.80%	12.19%	5.01%	86.75%	10.19%	3.05%
澎湖	87.74%	5.43%	6.83%	84.51%	8.89%	6.60%
北部第一層	85.23%	3.31%	11.46%	72.79%	12.23%	14.98%
北部第二層	84.26%	11.87%	3.87%	90.41%	3.23%	6.36%
北部第三層	86.15%	9.83%	4.03%	85.22%	11.48%	3.31%
中部第一層	75.79%	14.86%	9.75%	79.58%	8.15%	12.27%
中部第二層	81.44%	9.41%	9.14%	79.08%	13.64%	7.28%
中部第三層	76.49%	11.47%	12.04%	73.94%	13.82%	12.23%
南部第一層	73.68%	12.97%	13.35%	81.08%	9.47%	9.44%
南部第二層	71.65%	16.22%	12.13%	77.65%	13.66%	8.69%
南部第三層	86.58%	11.51%	1.90%	97.34%	1.61%	1.05%

¹ Normal: ETKAC<1.15; Marginal: 1.15≤ETKAC<1.20; Deficient: ETKAC≥1.20

維生素 B2 營養狀況

維生素 B2 之功能性評估結果 EGRAC 列於表四，男性平均為 1.18±0.00，女性平均為 1.19±0.01，有接近邊緣缺乏的危險。隨著年齡增長，EGRAC 有顯著升高之趨勢。按年齡分層時，7 歲與 9 歲兩層以女性顯著高於男性，其他年齡層則性

別之間的差異不明顯。

國小學童 B2 缺乏狀況列於表五。B2 缺乏率為男性 3.48%與女性 4.52%；邊緣性缺乏率為男性 32.35%與女性 35.90%；B2 正常比例為男性 64.17%與女性 59.58%。缺乏率最高的年齡層為：12 歲男性 7.68%與 9 歲女性 9.10%。邊緣缺乏率最高的年齡層為：12 歲男性 39.50%與 12 歲女性 53.39%。10 歲以上男女學童的 B2 營養不足盛行率都有增多的現象，以 12 歲之不足比例最高；充足比例最高之年齡層為：6 歲男性 74.62%與 6 歲女性 68.90%。

表四 各年齡層男女國小學童之 EGRAC 平均值與標準差¹

Table 4 EGRAC of various gender and age groups of elementary school children¹

Age group	Male		Female	
	N	Mean ± SE	N	Mean ± SE
Total				
6~12 yr	1087	1.18±0.00*	944	1.19±0.01*
6 yr ~	84	1.15±0.01	75	1.17±0.01
7 yr ~	189	1.16±0.01*	150	1.19±0.01*
8 yr ~	178	1.18±0.01	151	1.17±0.01
9 yr ~	180	1.16±0.01*	153	1.20±0.01*
10 yr ~	184	1.18±0.01	172	1.20±0.01
11 yr ~	197	1.19±0.01	158	1.21±0.01
12 yr ~	74	1.23±0.01	85	1.21±0.01

¹Data were analyzed by SUDAAN program.

*Significantly different between male and female

表五 各年齡層男、女國小學童維生素 B2 缺乏盛行率

Table 5 Prevalence rate of riboflavin deficiency among various gender and age groups of elementary school children¹

Age groups	Male			Female		
	Normal	Marginal	Deficient	Normal	Marginal	Deficient
	EGRAC<1.20	Deficiency 1.20≤EGRAC<1.40	EGRAC≥1.40	EGRAC<1.20	Deficiency 1.20≤EGRAC<1.40	EGRAC≥1.40
Total						
6~12 y	64.17%	32.35%	3.48%	59.58%	35.90%	4.52%
6 yr ~	74.62%	24.94%	0.43%	68.90%	29.09%	2.01%
7 yr ~	67.55%	31.24%	1.20%	62.59%	32.32%	5.09%
8 yr ~	66.61%	31.18%	2.21%	66.18%	31.73%	2.09%
9yr ~	65.40%	33.01%	1.59%	63.92%	26.98%	9.10%
10yr ~	61.74%	33.68%	4.59%	54.65%	41.18%	4.17%
11yr ~	60.98%	32.29%	6.73%	54.84%	40.85%	4.31%
12 yr ~	52.82%	39.50%	7.68%	43.52%	53.39%	3.09%

維生素 B2 缺乏依地區分層之結果列於表六。男性 B2 缺乏率高的地區是東部與山地，約有 10%；邊緣缺乏率約 40%及以上的地區有北部第三層、中部第一層與山地；總缺乏率超過 40%的地區有山地、東部、北部第三層與中部第一層；充足率超過 70%的地區有中部第二、三層與南部第二層。女性 B2 缺乏率超過 10%的地區有澎湖、東部、客家和山地；邊緣缺乏率超過 40%的地區有山地、東部、北部一層、中部第一層、南部三層；總缺乏率超過 50%的地區有山地、東部、澎湖，超過 40%的有客家、北部一層與南部三層；充足率最高的為南部第二層。兩性之維生素 B2 營養狀況均以南部第一、二層較佳，而山地與東部則有嚴重的缺乏。

表六 各地區分層男、女國小學童維生素 B2 缺乏之盛行率^{1, 2}Table 6 Prevalence of riboflavin deficiency over various gender and regional stratum of elementary school children^{1, 2}

Stratum	Male			Female		
	Normal	Marginal deficiency	Deficient	Normal	Marginal deficiency	Deficient
客家	62.59%	32.60%	4.81%	54.09%	34.10%	11.81%
山地	50.71%	39.89%	9.46%	44.87%	43.12%	12.01%
東部	54.99%	35.24%	9.76%	45.84%	42.66%	11.50%
澎湖	66.26%	28.13%	5.61%	48.75%	36.46%	14.79%
北部第一層	67.75%	28.37%	3.88%	54.65%	42.39%	2.96%
北部第二層	61.57%	33.34%	5.09%	65.97%	27.37%	6.66%
北部第三層	50.58%	44.58%	4.84%	59.70%	38.24%	2.06%
中部第一層	54.52%	39.33%	6.15%	52.64%	43.30%	4.07%
中部第二層	73.70%	24.71%	1.59%	62.25%	36.61%	1.14%
中部第三層	71.95%	25.71%	2.34%	67.26%	30.36%	2.37%
南部第一層	69.42%	29.36%	1.21%	67.95%	30.09%	1.96%
南部第二層	70.45%	29.55%	0%	70.46%	25.21%	4.34%
南部第三層	64.21%	34.87%	0.93%	56.52%	40.46%	3.02%

1 Data were analyzed by SUDAAN software.

2 Normal: EGRAC<1.20; Marginal: 1.20≤EGRAC<1.40; Deficient: EGRAC≥1.40

維生素 B2 營養狀況與血紅素濃度具有顯著的負相關性 ($r = -0.118$, $p = 0.0002$)，與紅血球數目顯著正相關 ($r = 0.123$, $p = 0.0001$)，與紅血球體積顯著負相關 ($r = -0.200$, $p < 0.0001$)，與 MCH 顯著負相關 ($r = -0.232$, $p < 0.0001$)，與 MCHC 顯著負相關 ($r = -0.231$, $p < 0.0001$)。維生素 B2 缺乏會增加貧血的危險性，臨界缺乏時，貧血機率增為 1.8 倍，缺乏時更升高為 3 倍；B2 缺乏也增加小球性紅血球的機率 (表七)。維生素 B2 營養狀況與入乳製品攝取頻率亦有顯著關聯，缺乏與邊緣性缺乏的學童，每週的攝取次數顯著較低(表八)。

表七 國小學童維生素 B2 營養狀況與貧血之關係

維生素 B2 營養狀況	血紅素濃度			紅血球體積 MCV		
	<12 g/dL	≥12 g/dL	Odds Ratio (95%CI) ¹	<80fL	≥80fL	Odds Ratio (95%CI) ¹
正常	61	503		18	546	
EGRAC < 1.2	10.82%	89.18%	1.00	3.19%	96.81%	1.00
臨界缺乏	60	281		30	311	
1.2 ≤ EGRAC < 1.4	17.60%	82.40%	1.8 (1.2-2.7)	8.80%	91.20%	3.0 (1.6-5.5)
缺乏	16	48		17	47	
EGRAC ≥ 1.4	25.00%	75.00%	3.1 (1.6-5.8)	26.56%	73.44%	11.5 (5.5-24.2)

¹ Data were analyzed by SUDAAN software; sex and age adjusted

表八 國小學童維生素 B2 營養狀況與乳製品攝取頻率(次/週)之關係¹

	B2 Status ²		
	Normal	Marginal	Deficient
Male	7.66±0.17 ^a	6.91±0.24 ^b	6.38±0.68 ^{ab}
Female	7.65±0.19 ^a	6.93±0.24 ^b	6.40±0.58 ^b

¹ Data were analyzed by SUDAAN software; different superscript letters indicate significant difference

² Normal: EGRAC < 1.20; Marginal: 1.20 ≤ EGRAC < 1.40; Deficient: EGRAC ≥ 1.40

討 論

維生素 B1 營養狀況的隱憂

縱觀歷年國內對各年齡層國人維生素 B1 營養狀況之飲食或生化評估結果，似乎這二十餘年來國人的維生素 B1 營養狀況並沒有隨著整體社會經濟狀況之進步而完全獲得改善；各年齡層均有 15%~25% 的民眾之維生素 B1 營養狀況並不理想^[47, 48, 50]。東南亞國家多以米為主食，在香港與印尼的研究報告中亦有相當高比例之民眾有維生素 B1 臨界缺乏與缺乏的問題。然而歐美國家因有主食類

強化維生素 B1 的政策，對於改善民眾的維生素 B1 攝取量與提升營養狀況相當有幫助。

根據美國 CSFII 的數據分析，由於美國在主食類實行多種 B 群維生素的營養強化政策，麵包、烘焙食品、各類穀物及其製品總計提供了美國成人男女每日飲食維生素 B1 攝取量的 51%，其次才是豬肉及其製品、黃豆類及其製品^[55]。相對的，吳等人根據 NAHSIT 1993-1996 所做的分析顯示，我國成人主要的維生素 B1 飲食來源為豬肉及其製品，分別提供男性每日飲食維生素 B1 攝取量的 36% (0.49mg)、女性每日維生素 B1 飲食攝取量的 34% (0.36mg)^[56]。而主食類及相關食物（包括米類及其製品類、麥類及麵粉類製品、速食麵、包子餃子類、澱粉根莖類及其製品）所提供之維生素 B1 僅分別佔男性、女性一日飲食攝取量之 22% (0.28mg)、18% (0.19mg)；其餘飲食之維生素 B1 則分散在 10 種類別之食物中^[56]。穀類經碾製去除麩皮與胚芽後，維生素 B1 含量明顯降低。例如：每 100g 的白米之維生素 B1 含量為 0.04~0.10mg；而每 100g 的胚芽米或糙米的維生素 B1 含量為 0.34~0.48mg^[57]。可能由於國人對主食類較偏好精製的主食，再加上我國目前並無營養強化政策，因此可見飲食習慣與營養政策確實可以對國民之營養素攝取與營養狀況造成相當大的影響。

「國民營養將康狀況變遷調查」(NAHSIT 1993-1996) 顯示青春期男、女性 (13~18 歲) 的維生素 B1 營養狀況不理想的比率是各年齡層中最高的，男性高於 40%，女性高於 30%^[47]。本次調查結果顯示目前學齡兒童仍約有 17% 之維生素 B1 營養狀況不理想。這些年輕人口群未來將是社會之主力，在短期的未來並將成為孕育社會下一代的責任之承擔者。目前應該是這年輕人口群養成正確的均衡飲食與生活習慣的年齡，因此有必要進一步探討影響與干擾年輕族群之維生素 B1 飲食攝取與生化營養狀況之因素，以確保維生素 B1 營養狀況未能改善的問題一再重現。

維生素 B2 營養狀況之隱憂

由歷年全國營養調查中，維生素 B2 飲食攝取量及營養生化指標之的結果可以推論：民眾之維生素 B2 營養狀況在過去二十餘年間逐漸緩慢的改善之中^[47, 48, 50]。此推論可由飲食維生素 B2 平均攝取量由第一、二次國民營養調查的未滿足建議攝取量至目前的超出建議攝取量許多，以及 EGRAC 之評定結果由約有八成比率之民眾被評定為維生素 B2 營養狀況不理想，降至約有三成的老年人與五成比率的學童之維生素 B2 營養狀況不理想，而不理想的狀況已臨界缺乏為主。改善速度緩慢很可能與乳製品、蛋類等維生素 B2 含量豐富食物的攝取量沒有大幅度的改變有關。例如在歷次的營養調查中成年人的每日平均奶類攝取量為：19g (第一次國民營養調查)^[47]、31.9g(第二次國民營養調查)^[48]、55.9g(NAHSIT1993-1996, 男性)^[50]、58.5g(NAHSIT1993-1996, 女性)^[50]、60%老年人乳製品攝取頻率低於每週一次(Elderly NAHSIT 1999-2000)^[58]；每日平均蛋類攝取量為：24g(第一次國民營養調查)^[47]、31.2g(第二次國民營養調查)^[48]、34.3g(NAHSIT 1993-1996, 男性)^[50]、26.7g(NAHSIT1993-1996, 女性)^[50]。就乳製品的攝取狀況而言，與每日一杯奶類的水準尚有很大的距離。因此，台灣民眾的維生素 B2 營養狀況仍待極力改善。尤其學童之維生素 B2 營養狀況改進程度不及維生素 B1，加上乳製品同時也是飲食中鈣的主要來源，若乳製品的攝取狀況無顯著改善，未來學童在骨骼之成長與健康的問題亦可能值得憂慮。

根據美國 CSFII 的數據分析，由於美國在主食類實行多種 B 群維生素的營養強化政策，麵包、烘焙食品、各類穀物及其製品總計提供了美國成人男女每日飲食維生素 B2 攝取量約 30%；牛乳與乳製品則約提供飲食中 15%的維生素 B2^[55]。吳等人根據 NAHSIT I 資料所進行的分析顯示，乳品類食物分別提供我國成年男、女每日維生素 B2 攝取量的 14% (0.18 mg)與 24% (0.26 mg)^[56]；雖然目前乳製品在國內市場的量已相當普遍，但由於國人乳製品的攝取量並不多，因此仍可藉宣導增加飲食中乳製品之攝取而增進維生素 B2 之營養狀況。我國目前並無營養強化政策；由國外之經驗可知，飲食習慣配合適當的營養政策確實可以對

國民之營養素攝取與營養狀況帶來正面的影響。

誌 謝

本研究承蒙行政院衛生署九十一與九十二年度科技研究發展計畫 DOH91-TD-1081 & DOH92-TD-1021 經費補助。酵素分析方面蒙台大醫事技術學系林淑萍教授與高照村教授慷慨借用儀器並惠予指導，另有研究助理廖珮君小姐精練技術負責執行，一併致謝。

參考文獻

1. Leevy CM. (1982) Thiamin deficiency and alcoholism. *Ann N Y Acad Sci* 378:316-326
2. Takeuchi T, Jung EH, Nishino K, Itokawa Y. (1990) The relationship between the thiamin pyrophosphate effect and the saturation status of the transketolase with its coenzyme in human erythrocytes. *Int J Vit Nutr Res* 60:112-120
3. McLaren DS, Docherty MA, Boyd DHA. (1981) Plasma thiamin pyrophosphate and erythrocyte transketolase in chronic alcoholism. *Am J Clin Nutr* 34:1031-1033
4. Sauberlich HE. (1980) Interactions of thiamin, riboflavin, and other B-vitamins. *Ann N Y Acad Sci* 355:80-97
5. Anderson BB, Saary M, Stephens AD, Perry GM, Lersudi IC, Horn JE. (1976) Effect of riboflavin on red-cell metabolism of vitamin B6. *Nature* 264:574-575
6. Madigan SM, Tracey F, McNulty H, Eaton-Evans J, Coulter J, McCarney H, Strain JJ. (1998) Riboflavin and vitamin B-6 intakes and status and biochemical response to riboflavin supplementation in free-living elderly people. *Am J Clin Nutr* 68:389-395
7. Brin M. (1967) Functional evaluation of nutritional status: thiamin, in *Newer Methods of Nutritional Biochemistry*, Albanese, A. A., ed., vol. III, Academic Press, NY p. 407
8. Boni L, Kieckens L, Hendrikx A. (1980) An evaluation of a modified

- erythrocyte transketolase assay for assessing thiamin nutritional adequacy. *J Nutr. Sci. Vitaminol* 26:507-514
9. Takeuchi T, Nishino K, Itokawa Y. (1984) Improved determination of transketolase activity in erythrocytes. *Clin Chem* 30:658-661
 10. Sauberlich HE. (1984) Newer laboratory methods for assessing nutriture of selected B-complex vitamin. *Ann Rev Nutr* 4:377-407
 11. ICNND (Interdepartmental Committee on Nutrition for National Defense). Manual for Nutrition Surveys. 2nd ed., 1963, US GPO, Washington D. C.
 12. Markkanen T, Heikinheimo R, Dahl M. (1969) Transketolase activity of red blood cells from infancy to old age. *Acta Haematologica* 42:148-153
 13. Herbeth B, Zitloun J, Mirarret L, Bourgeay-Causse M, Carre-Guery G, Delacoux E, LeDeveht C, Lemoine A, Mareschi JP, Martin J, Potier de Courcy G, Sancho J. (1986) Reference intervals for vitamins B1, B2, E, D, retinol, beta-carotene, and folate in blood: usefulness of dietary selection criteria. *Clin Chem* 32:1756-1759
 14. Vuilleumier JP, Keller HE, Rettenmaier R, Hunziker F. (1983) Clinical chemical methods for the routine assessment of the vitamin status in human populations. Part II: The water-soluble vitamins B1, B2, and B6. *Int J Vit Nutr Rev* 53:359-370
 15. Kimura M, Fujita T, Itokawa Y. (1982) Liquid chromatographic determination of the total thiamin content of blood. *Clin Chem* 28:29-31
 16. Kawai C, Wakabayashi A, Matsumura T, Yui Y. (1980) Reappearance of beriberi heart disease in Japan, a study of 23 cases. *Am J Med* 69:383-386
 17. Kuriyama M, Yokomine R, Arima H, Hamada R, Igata A. (1980) Blood vitamin B1, transketolase and thiamin pyrophosphate (TPP) effect in beriberi patients, with studies employing discriminate analysis. *Clin Chim Acta* 108:159-168
 18. Wilkinson TJ, Hanger HC, Elmslie J, George PM, Sainsbury R. (1997) The response to treatment of subclinical thiamin deficiency in the elderly. *Am J Clin Nutr* 66:925-928
 19. Warnock LC, Prudhomme CR, Wagner C. (1979) The determination of thiamin pyrophosphate in blood and other tissues, and its correlation with erythrocyte transketolase activity. *J Nutr* 109:421-427

20. Wyatt DT, Lee M, Hillan RE. (1989) Factors affecting cyanogen bromide-based assay of thiamin. *Clin Chem* 35:2173-2178
21. Sauberlich HE, Herman YF. (1979) Stevens CO, Herman RH. Thiamin requirement of the adult human. *Am J of Clin Nutr* 32:2237-48
22. 高美丁(1980)應用紅血球中麩胱胺甘太還原酵素活性評估台灣中部地區孕婦核黃素營養狀況。中營會誌 5:42-54.
23. 許淑女(1978)台灣地區素食者核黃素營養之評估。國防醫學院社會醫學研究所碩士論文。
24. 張淑緘(1976)孕婦之維生素 B1 與 B2 營養狀態之評估與膳食調查。國防醫學院社會醫學研究所碩士論文。
25. Glatzle D, Korner WF, Christeller S, Wise O. (1970) Method for the detection of a biochemical riboflavin deficiency. *Int J Vit Nutr Res* 40:166-183
26. Flatz G. (1971) Population study of erythrocyte glutathione reductase activity. I. Stimulation of the enzyme by flavin adenine dinucleotide and by riboflavin supplementation. *Humangenetik* 11:269-277
27. Thurnham DI, Migasena P, Vudhivai N, Supawan V. (1971) A longitudinal study on dietary and social influences on riboflavin status in pre-school children in Northeast Thailand. *South-East Asian J Tropical Med Public Health* 2:552-563
28. Benton D, Haller J, Fordy J. (1997) The vitamin status of young British adults. *Int J Vit Nutr Res* 67:34-40
29. Prasad AP, Lakshmi AV, Bamji MS. (1992) Interpretation of erythrocyte glutathione reductase activation tests values for assessing riboflavin status. *Eur J Clin Nutr* 46:753-758
30. Sauberlich HE, Judd JH, Nichoalds GE, Broquist HP, Darby WJ. (1972) Application of the erythrocyte glutathione reductase assay in evaluating riboflavin nutritional status in a high school student population. *Am J Clin Nutr* 25:756-762
31. Bayoumi RA, Rosalki SB. (1976) Evaluation of methods of coenzyme activation of erythrocyte enzymes for detection of deficiency of vitamin B1, B2, and B6. *Clin Chem* 22:327-335
32. Thurnham DI, Rathakette P. (1982) Incubation of NAD(P)H₂:glutathione oxidoreductase (EC 1.6.4.2) with flavin adenine dinucleotide for

- maximal stimulation in the measurement of riboflavin status. *Br J Nutr* 48:459-466
33. Padmaja PA, Lakshmi AV, Bamji MS. (1992) Interpretation of erythrocyte glutathione reductase activation test values for assessing riboflavin status. *Eur J Clin Nutr* 46:753-758.
 34. Horwitt MK, Harvey CC, Hills OW, Liebert E. (1950) Correlation of urinary excretion with dietary intake and symptoms of ariboflavinosis. *J Nutr* 41:247-
 35. Hegsted DM, Gershoff SN, Trulson MF, et al. (1956) Variation in riboflavin excretion. *J Nutr* 60:581-
 36. Tilltson JA, Baker EM. (1972) An enzymatic measurement of the riboflavin status in man. *Am J Clin Nutr* 25:425-431
 37. Slater EC, Morell DB. (1946) A modification of the fluorimetric method of dertermining riboflavin in biological materials. *Biochem J* 40:644-
 38. Smith MD. (1980) Rapid method for determinationof riboflavin in urine by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* 182:285-291
 39. Lotter SE, Miller MS, Bruch RC, White HB. (1982) III. Competitive binding assays for riboflavin and riboflavin-binding protein. *Arch Biochem* 125:110-117
 40. Sauberlich HE, Dowdy RP, Skala JH. (1973) Laboratory tests for the assessment of nutritional status. *CRC Critical Rev. in Clin Lab Sci* 4:215-340
 41. O'neal RM, Johnson OC, Schaefer AE. (1970) Guidelines for classification and interpretation of group blood and urine data collected as part of the National Nutrition Survey. *Pediatr* 4:103-106
 42. Institute of Medicine. Chap. 9 Vitamin B12. In: *Dietary Reference Intakes for Thiamine, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Panthothenic acid, Biotin, and Choline*. National Academy Press, 1998, Washington D. C.
 43. Bailey AL, Finglas PM, Wright AJ, Southon S. (1994) Thiamin intake, erythrocyte transketolase (EC 2. 2. 1. 1) activity and total erythrocyte thiamin in adolescents. *Br J Nutr* 72: 111-125.
 44. Brun TA, Chen J, Campbell TC, Boreham J, Feng Z, Parpia B. Shen TF, Li M. (1990) Urinary riboflavin excretion after a load test in rural

- China as a measure of possible riboflavin deficiency. *Eur J Clin Nutr* 44:195-206.
45. El-Hazmi MAF, Warsy AS. (1987) Riboflavin status in a Saudi population - a study in Riyadh. *Ann Rev Metab* 31:253-258
 46. Bailey AL, Maisey S, Southon S, Wright AJ, Finglas PM, Fulcher RA. (1997) Relationship between micronutrient intake and biochemical indicators of nutrient adequacy in a 'free-living' elderly UK population. *Br J Nutr* 77:225-242
 47. 行政院衛生署 (1998) 國民營養現況：1993-1996 國民營養健康狀況變遷調查結果，台北。
 48. 黃伯超、游素玲、李淑美、高美丁、李寧遠、洪清霖、吳宗賢、楊志良 (1983) 民國六十九年至七十年台灣地區膳食營養狀況調查。中華營誌 8:1-20。
 49. Huang PC, Lin HT, Tung TC. (1972) The change of nutrition status of the civilian Chinese population of Taiwan in the recent 16 years. *J Formos Med Assoc* 7:245-255
 50. 李寧遠、朱裕誠、張志平、謝明哲、高美丁 (1991) 民國七十五年至七十七年台灣地區膳食營養調查狀況。中華營誌 16:39-60。
 51. O' rourke NP, Bunker VW, Thomas AJ, Foinglas PM, Bailey AL, Clayton BE. (1990) Thiamin status of healthy and institutionalized elderly subjects: analysis of dietary intake and biochemical indices. *Age and Ageing* 19:325-329.
 52. Campbell TC, Brun T, Chen J, Feng Z, Parpia B. (1990) Questioning riboflavin recommendations on the basis of a survey in china. *Am J Clin Nutr* 51:436-445.
 53. SAS Institute Inc. (1990) SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th ed., vol. 2. SAS Institute, Cary, NC.
 54. Shah BV, Barnwell BG and Bieler GS (1997) SUDAAN user's manual. Release 7.5. Research Triangle Park, North Carolina: Research Triangle Institute.
 55. Institute of Medicine (1998) Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline. Pp. 58-86. National Academy Press, Washington, DC.

56. 吳幸娟、章雅惠、張新儀、潘文涵 (2001) 台灣地區成年人維生素 A、B1、B2、C、E、及菸鹼酸的食物來源：1993 ~ 1996 國民營養檢康狀況變遷調查。中華營誌 26:213-229。
57. 食工所食物營養成分資料庫
58. 廖珮君(2003)我國老年人之維生素 B2 營養狀況評定及相關因素分析。輔仁大學食品營養學系碩士論文

駱菲莉、王瑞蓮、蕭寧馨