

台灣國小學童營養健康狀況調查 2001-2002 台灣國小學童鐵營養與貧血狀況

王瑞蓮¹、蕭寧馨²

¹ 弘光科技大學食品營養系

² 台灣大學微生物與生化學研究所

摘要

「台灣國小學童營養健康狀況調查 2001-2002」中採用比色法與酵素免疫分析法配合自動分析儀檢驗血液鐵營養指標，以評估 6-12 歲學童之鐵營養狀況與缺鐵盛行率。分析項目為血清鐵、運鐵容量 (Total Iron Binding Capacity, TIBC)、鐵蛋白濃度，各項定量分析之變異係數分別為 9.2 %、4.2 %、4.6 %。運鐵蛋白飽和度(transferrin saturation)根據血清鐵與 TIBC 計算。血紅素濃度以全血血球計數 (Complete Blood Count, CBC) 定量。完成鐵營養狀況評估的學童有男性 1160 人與女性 998 人，共計 2158 人。

根據檢驗結果，6~12 歲男、女學童之各項指標平均值分別為：血紅素 13.1 g/dL、13.0 g/dL，血清鐵濃度 96 µg/dL、102 µg/dL，運鐵蛋白飽和度 29 %、31 %，運鐵容量 331 µg/dL、328 µg/dL；鐵蛋白中位數分別為 42 µg/dL、40 µg/dL。其中兩性學童之血紅素及運鐵容量皆隨年齡增長呈上升趨勢：男學童 6 歲之血紅素值為 12.6 g/dL，12 歲為 14.4 g/dL；女學童 6 歲之血紅素值為 12.6 g/dL，12 歲為 13.5 g/dL；男學童 6 歲之 TIBC 為 321 µg/dL，12 歲為 338 µg/dL；女學童 6 歲之 TIBC 為 309 µg/dL，12 歲為 341 µg/dL。不同地區分層與北部第一層比較時，僅女性學童之血清鐵濃度顯著偏低外，其他各項指標差異不大。

血紅素的正常標準為 6 歲 ≥ 11 g/dL 與 7-12 歲 ≥ 12 g/dL。血清鐵蛋白濃度以 12 µg/L 以上，運鐵蛋白飽和度以 15 % 以上為正常值。鐵缺乏依嚴重程度分為兩種：(1) 輕度缺鐵(iron deficiency erythropoiesis)的標準是血清鐵蛋白濃度一項低於 12 µg/L，且無貧血者(2) 缺鐵貧血 (iron deficiency anemia)的標準是同時有血清鐵蛋白濃度低於 12 µg/L，運鐵蛋白飽和度小於 15 %，且貧血者。兩者合計為總缺鐵

率。男女學童各年齡層都有貧血問題，總貧血率為男學童11.4%、女學童13.2%；分年齡層之貧血率，男學童7歲有20.9%，8歲有13.5%，其餘年齡層均低於10%；女學童除了6歲與12歲之外，貧血率均高於10%，9歲女學童更高達20%。學童缺鐵問題並不嚴重，總缺鐵率為男學童0.2%、女學童1.8%，以鐵儲存耗盡為主。男性學童沒有缺鐵貧血問題，輕度缺鐵率為0.2%。女學童輕度缺鐵率為1.5%，缺鐵貧血率為0.3%，以10-12歲的缺鐵率較高，分別有2.7%、4.2%、6.2%。國小學童血比容男學童平均41.5%、女學童41.0%，其中兩性學童之低血比容率均高達10%以上，男學童中有12.2%，女學童則有12.5%。

地區分層之學童貧血率超過20%之地區，男學童有山地(20.2%)、東部(25.3%)、北部二層(21.6%)，女學童有東部(22.4%)、北部第一層(21.1%)。地區分層之缺鐵率，中部第一層男學童有輕度缺鐵現象(2.4%)，女學童之山地(4.4%)、澎湖(2.9%)、中部第三層(4.0%)有缺鐵貧血問題，東部(6.3%)、北部第一層(2.6%)、中部第一層(3.2%)、南部第一層(3.6%)、第二層(3.9%)與第三層(1.8%)之女學童有輕度缺鐵問題。總缺鐵方面，男學童僅出現在中部第二層(2.4%)；女學童則以東部最高(6.3%)，其他地區僅客家、北部第二層、第三層與中部第三層無缺鐵之狀況。

整體而言，台灣國小男女學童之鐵營養狀況良好，飲食鐵攝取量充足，貧血率仍高於缺鐵率相當多，因此，為維護學童健康，除了缺鐵因素導致貧血外，其它可能促成因素仍須深入探討並謀對策。

關鍵字：國小學童、貧血率、鐵貯存耗盡率、缺鐵性貧血、總缺鐵率

前言

鐵是構成血鐵質 (heme) 與鐵硫蛋白 (iron-sulfur proteins) 的必要成分，含有血鐵質與鐵硫聚基 (iron-sulfur cluster) 的蛋白質是血中氧氣運送、細胞電子傳遞和能量代謝等重要反應不可缺少的成分。成人體內總鐵量大約2-4公克，其中血紅素、肌紅素與酵素等功能性鐵約佔75%，其餘為儲存性鐵，可供不時之需。人體會經由小腸細胞脫落以及腸道極其微量的血液流失而流失鐵，成人每天大約損失1 mg。成長期間供應組織與血液增生，每公斤體重大約需鐵40 mg。要維持身體的正常生長與鐵質平衡，吸收的鐵量應該等於生長和流失之鐵量。個人吸收鐵的能力主要受體內鐵儲存量的影響，儲存量低、缺鐵、生長、懷孕等都會提高鐵吸收率^{1,2}。

人體之鐵營養狀況呈連續性的變化，當吸收鐵量超過功能所需時，體內鐵儲存量增多；當鐵攝取不足或吸收不敷所需，或流失增加時，體內儲存之鐵逐漸釋出利用而減少，當人體的鐵吸收量低於需要量時即會出現缺鐵現象。鐵儲存量與血漿鐵蛋白濃度呈正相關性³，體內鐵儲存耗盡會使缺鐵與貧血的危險增高。而鐵儲存量受年齡與性別的影響，因此鐵儲存耗盡的比例也隨之變化。根據世界衛生組織的統計，缺鐵是世界上盛行率最高的微量營養素缺乏問題。在富裕社會和先進國家，導致缺鐵的主要原因有鐵攝取量不足、膳食鐵可用率偏低、鐵流失量或生理需求增高等^{4,5}。學童及青春期少年正處於生長快速時期，而快速發育之鐵需求增加，足以降低鐵的儲存速率，台灣地區之小樣本調查發現，鐵蛋白濃度在8-16歲時呈下降趨勢，最低值出現在13-16歲，與青春期快速成長的年齡一致⁶，男性血鐵蛋白濃度隨年齡而升高，女性則須於停經後才會有相同的趨勢⁷⁻¹⁰。

無論在開發中或是已開發國家中，貧血皆是高盛行率之疾病¹¹。貧血的促成因素包括快速生長、寄生蟲、基因異常、傳染病、飲食中鐵的攝取不足或抑制鐵吸收之物質太高及其他微量營養素缺乏等因素。對幼兒而言，家庭之環境及經濟狀況也會影響貧血之盛行率¹²。根據世界衛生組織的統計，缺鐵是世界上盛行率最高的微量營養素缺乏問題¹³，缺鐵也是導致貧血最主要的原因¹⁴⁻¹⁶，當貧血盛行率高時，由飲食鐵攝取不足所引起之可能性也相對升高，此時貧血則可能同時代表著缺鐵現象¹¹，而且無論是缺鐵或是貧血，皆會導致免疫機能低落、幼兒與兒童的認知發展障礙、青少年的學習成就不良¹²。

以往對兒童之營養調查皆限於地區性的小樣本調查，無法反映台灣整體兒童營養健康狀況，故於 2001-2002 年進行之「台灣國民營養健康狀況調查」以國小學童為重點族群，全面深入了解其營養健康狀況。本研究利用多項血液指標以檢定缺鐵與貧血盛行率。

材料與方法

研究對象

西元 2001-2002 年進行之「台灣國小學童營養健康狀況變遷調查」(Elementary Children's Nutrition and Health Survey in Taiwan, 2001-2002) 之目標學童人群為台灣具有中華民國國籍且有正式學籍、年齡滿 6 歲且小於 13 歲之學生。採用分層隨機集束取樣法，將台灣依特殊族群、地理位置分出客家、山地、東部、澎湖四層，另外又分北中南三區，各區以人口密度分為三層，總共有 13 層。各層中以「抽取率與母體大小成正比」(probabilities proportional to sizes, PPS) 的方法，各層中以 PPS 抽出 8 所學校，共得 104 個學校。在各抽中學校中，再以簡單隨機法抽出 24 名學生，全台灣共 2496 名學生。由體檢團隊到各村里進行巡迴體檢與採血，其中一管為不含抗凝劑全血，經凝血後，離心分離而得血清，分裝後冷凍存放於-70°C 以供鐵營養指標之分析。接受體檢、鐵營養分析與血紅素分析之國小學童之性別、年齡分佈如表一所列。二十四小時飲食回憶資料詳見「台灣國小學童營養健康狀況調查 2001-2002：以二十四小時飲食回顧法評估國小學童膳食營養狀況」¹⁷。

表一 台灣國小學童國民營養健康狀況調查 2001-2002 完成體檢、血液鐵與血紅素分析之人數

性別	參加體檢人數	血液鐵分析*		血紅素分析	
		人數	%	人數	%
男	1334	1160	87.0	579	43.4
女	1139	998	87.7	497	43.6
總計	2473	2158	87.3	1076	43.5

*不涵蓋沒有體檢資料或鐵營養指標不完整的個案

研究方法

血清鐵採用 TPTZ(2, 4, 6-Tri [2-pyridyl]-5-triazine)比色法，藥品用市售試劑套組(Olympus System Reagent Cat.-No.: OSR6123)，以 Olympus AU 600 執行分析。血清中鐵自 transferrin 游離為 Fe^{3+} ，經還原劑作用成亞鐵離子，可與 TPTZ 反應，產物為藍色錯合物，於波長 590 nm 吸光，經比色對照鐵標準溶液(Olympus System Calibrator)而定量，線性範圍為 10-1000 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 。

血清 UIBC(Unsaturated Iron Binding Capacity)採 Nitroso-PSAP 比色法，藥品用市售試劑套組(Olympus System Reagent Cat.-No.: OSR6124)，以 Olympus AU 600 執行分析。血清在鹼性條件下加入 Fe^{3+} ，與血中 transferrin 中未與鐵結合之位置反應，剩餘之游離 Fe^{3+} ，經還原劑作用成亞鐵離子，可與 Nitroso-PSAP 反應，產物為綠色錯合物，於波長 756 nm 吸光，經比色對照鐵標準溶液(Sigma Iron/UIBC Calibrator)而定量，線性範圍為 55-450 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 。血清運鐵容量 TIBC (Total Iron Binding Capacity)以血清鐵濃度加上血清 UIBC 濃度而得。運鐵蛋白飽和度(Transferrin saturation): 以血清鐵濃度對 TIBC 之百分比表示。

血清鐵蛋白(ferritin)採磁鐵分離雙抗體酵素免疫分析法 (heterogeneous sandwich magnetic separation assay)，藥品用市售試劑套組(Bayer Co., USA)，以 Bayer Immuno I 執行分析。試劑中 monoclonal anti-ferritin conjugate 1 與接有酵素 ALP (alkaline phosphatase)的 monoclonal anti-ferritin conjugate 2 與檢體充分反應，與血清中 ferritin 結合，添加 mIMP (monoclonal immunoMagnetic Particle)試劑，與免疫複合體反應後，洗去未反應抗體，添加 ALP 基質 pNPP (para-nitrophenyl phosphate)，反應產物為 para-nitrophenoxide，於波長 405 nm 測量吸光，對照一系列六種鐵蛋白濃度之校正溶液組(Technicon SETpoint Ferritin Calibrators)而定量。

紅血球指標分析: 血紅素濃度以 CBC (Complete Blood Count, CBC) (COULTER®AC•T Series Analyzer)儀器，於體檢現場進行分析。

分析品管以樣品之 5 %重複樣品，於每批分析後，經解碼驗證分析變異程度，血清鐵、運鐵容量 (Total Iron Binding Capacity, TIBC)、鐵蛋白濃度，各項定量分析之變異係數分別為 9.0 %、4.2 %、4.9 %，皆低於 10 %以內為可接受結果。

缺鐵與貧血標準

貧血標準採用 WHO/FAO 之建議，6 歲學童血紅素值 <11 g/dL、7 歲至 12 歲學童血紅素值 <12 g/dL 即為貧血¹³。缺鐵評估以血紅素、運鐵蛋白飽和度及鐵蛋白濃度三項為評估指標：運鐵蛋白飽和度以 15 % 為正常，鐵蛋白以 12 µg/L 為正常¹⁸。如果鐵蛋白濃度低於標準值但無貧血現象者將受試者評定「第一階段」或「輕度缺鐵」(iron deficient erythropoiesis)。若鐵蛋白濃度 <12 µg/L、運鐵蛋白飽和度 <15 % 同時伴隨貧血現象者將受試者評定「缺鐵性貧血」。而總缺鐵率即為「輕度缺鐵」及「缺鐵性貧血」比率之總和。

統計分析

描述性統計分析與檢定採用 SAS 8.2¹⁹ 與 SUDAAN 9.0, SAS-callable Window²⁰ 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，血清鐵蛋白濃度以中位數表示，其他項目以平均值±標準誤(Standard error, 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。血清鐵蛋白濃度中位數以 SAS 8.2 軟體分析，並於統計分析前先經對數轉化。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

在去除資料或血清檢體不完整的樣本後，分析樣本中共有 6~12 歲之國小學童 2158 人完成血清鐵營養狀況分析，其中男學童 1160 人、女學童 998 人；完成血紅素分析者有 1076 人，其中男學童 579 人、女學童 497 人。研究結果如下：

一、不同年齡分層之國小學童鐵營養狀況與缺鐵、貧血盛行率

各年齡層之血紅素、運鐵蛋白、運鐵容量與飽和度、鐵蛋白濃度等列於表二。血紅素濃度平均值為男學童 13.1 g/dL，女學童 13.0 g/dL，兩性均有隨著年齡增高而明顯上升之趨勢 ($p < 0.05$)。兩性血紅素濃度均以 12 歲年齡層最高，男學童平均 14.4 g/dL，女學童 13.5 g/dL；男學童 12 歲以下與女學童 9 歲以下均顯著比 12 歲者為低；從 6 歲到 12 歲，平均值升高幅度為男學童 1.8 g/dL，女學童 0.9 g/dL；

兩性各年齡層間僅8歲與9歲之男學童其血紅素濃度平均值顯著高於女學童。

血清鐵濃度平均值為男學童96 $\mu\text{g/dL}$ ，女學童102 $\mu\text{g/dL}$ ，各年層間差異不大，且未隨著年齡增長而變化；兩性中10、11歲男學童之血清鐵濃度著低於女學童。運鐵容量平均值為男學童331 $\mu\text{g/dL}$ ，女學童328 $\mu\text{g/dL}$ ，兩性學童均隨年齡增長而顯著升高之趨勢；運鐵容量以12歲年齡層最高，男學童平均338 $\mu\text{g/dL}$ ，女學童341 $\mu\text{g/dL}$ ；6、7、10歲男學童與6~8歲女學童均顯著比12歲者為低；從6歲到12歲，平均值升高幅度為男學童17 $\mu\text{g/dL}$ ，女學童32 $\mu\text{g/dL}$ ；兩性中僅7歲男學童之運鐵容量平均值明顯高於女學童。運鐵蛋白飽和度平均值為男學童29%，女學童31%，各年齡層間差異不大，且未隨著年齡增長而變化；兩性中7、10、11歲男學童之運鐵蛋白飽和度平均值明顯低於女學童。鐵蛋白中位數為男學童42 $\mu\text{g/L}$ ，女學童40 $\mu\text{g/L}$ ，各年層間未隨著年齡增長而變化；8~11歲男學童與7,8,10歲女學童之鐵蛋白濃度顯著高於12歲者；兩性中僅11歲男學童之鐵蛋白濃度明顯高於女學童。

根據本研究之標準估計（表三），男學童無貧血症狀之輕度缺鐵盛行率為0.2%，缺鐵貧血率為0%，總缺鐵率為0.2%。女學童無貧血症狀之輕度缺鐵盛行率為1.5%，缺鐵貧血率為0.3%，總缺鐵率為1.8%。學童貧血率為男學童11.4%，女學童13.2%；男學童以7歲者最高(20.9%)，其次為8歲者(13.5%)，其他年齡層皆於10%以下；女學童貧血率依序為9歲者(20.2%)、10歲者(16.8%)、7歲者(13.1%)最高，各年齡層僅有6歲與12歲女學童低於10%。學童鐵蛋白濃度 $<12 \mu\text{g/L}$ 之比例為男學童0.8%，女學童2.6%，且在性別、年齡層間並無顯著差異。高鐵蛋白率（鐵蛋白濃度 $>300 \mu\text{g/L}$ ）在兩性皆約0.2%（圖一）。

在血比容部份（表四），國小學童血比容男學童平均41.5%、女學童41.0%，以37%為標準時，男學童中有6.9%之血比容低於標準，女學童則有7.9%；以38%為標準時，男學童中有12.7%之血比容低於標準，女學童則有13.2%。整體而言，以38%為標準時其低血比容率較接近貧血率，惟6歲學童有高估之現象，因此6歲學童以37%為標準評估為宜。以此標準評估，男學童中有12.2%之低血比容率，女學童則有12.5%。貧血的國小學童中有32.9%屬於小球性貧血，其餘皆為正常血球性貧血（表五），無貧血者則約3.8%有血球偏小之情形。

二、不同地區分層之國小學童鐵營養狀況與缺鐵、貧血盛行率

各項鐵營養指標依地區分層的結果列於表六。男學童血紅素平均值最低為北部第二層(12.5 g/dL)、最高為客家與中部第三層(13.8 g/dL)；血清鐵濃度最低為山地(85 g/dL)、最高為客家與中部第三層(105 g/dL)；運鐵蛋白飽和度最低為山地(26%)，最高為客家與中部第三層(31%)。鐵蛋白中位數最高為客家、北部第三層與南部第一層(45 μg/L)，最低為山地與東部(39 μg/L)。女學童血紅素平均值最低為山地(12.6 g/dL)、最高為客家與中部第三層(13.4 g/dL)；血清鐵濃度最低為南部第一層(87 g/dL)、最高為北部第一層(110 g/dL)；運鐵蛋白飽和度最低為南部第一層(27%)，最高為中部第三層(33%)。鐵蛋白中位數最高為南部第三層(45 μg/L)，最低為客家、東部、北部第二層、中部第二層與南部第一層(38 μg/L)。

各地區兩性學童之貧血率與缺鐵率列於表七。地區分層之學童貧血率超過20%之地區，男學童有山地20.2%、東部25.3%、北部第二層21.6%；女學童有東部22.4%、北部第一層21.1%。貧血率低於10%之地區，男學童有客家、中部第一層、中部第二層與南部第一層，女學童有北部第三層、中部第二層與南部第一層。地區分層之缺鐵率方面，中部第一層男性有輕度缺鐵現象(2.4%)；東部(6.3%)、北部一層(2.6%)、中部第一層(3.2%)、南部第一層(3.6%)、南部第二層(3.9%)、南部第三層(1.8%)之女學童均有輕度缺鐵現象。男學童無缺鐵貧血之現象，山地(4.4%)、澎湖(2.9%)、中部第三層(4.0%)之女學童有缺鐵貧血問題。總缺鐵方面，男學童僅中部第一層2.4%；女學童則以東部最高(6.3%)，其次為山地(4.4%)、中部第三層(4.0%)，其他地區僅客家、北部第二層、第三層與中部第二層無缺鐵之狀況。

表二 兩性國小學童各年齡層之鐵營養指標平均值與鐵蛋白中位數值¹

性別	年齡 (歲)	血紅素		鐵營養指標				
		人數 (人)	(g/dL)	人數 (人)	血清鐵 濃度 (μg/dL)	運鐵容量 (μg/dL)	運鐵蛋白 飽合度 (%)	鐵蛋白 中位數 (μg/L)
男 性	All	579	13.1 ^a	1168	96 ^a	331	29 ^a	42
	6	70	12.6*	94	97	321*	30	38
	7	106	12.9*	211	95	328* ^a	29 ^a	38
	8	92	13.2* ^a	184	98	328	29	43*
	9	97	13.3* ^a	187	100	329	30	45*
	10	92	13.3*	197	95 ^a	328*	29 ^a	49*
	11	101	13.2*	213	95 ^a	338	28 ^a	43* ^a
	12	21	14.4 ^a	82	96	338	28	34
	P trend ²		0.0001		0.8106	0.0012	0.2556	0.9834
女 性	All	497	13.0	1003	102	328	31	40
	6	52	12.6*	76	97	309*	31	40
	7	75	13.0*	161	100	317*	31	41*
	8	82	12.8*	164	100	322*	31	41*
	9	86	12.9*	166	102	329	31	40
	10	94	13.2	180	105	333	31	44*
	11	82	13.1	168	104	340	31	35
	12	26	13.5	88	99	341	29	35
	P trend ²		0.0009		0.5837	<0.0001	0.2730	0.0576

1. Values are mean analyzed and weighted with SUDAAN except that ferritin is expressed as median calculated with SAS.

2. P trend analyzed with age group and ferritin were log transformed before trend analysis.

* Indicated significant difference (p<0.05) when compared to the group of age 12.

^a Indicated significant difference between gender.

表三 台灣國小學童國民營養健康狀況調查中各年齡層貧血與缺鐵盛行率¹

性別	年齡 (歲)	人數 (人)	貧血率 ² (%)	低鐵蛋白率 <12µg/L (%)	輕度缺鐵率 ³ (%)	缺鐵貧血率 ⁴ (%)	總缺鐵率 ⁵ (%)
	All	556	11.4	0.8	0.2	0	0.2
男 性	6	66	5.0	1.1	0	0	0
	7	104	20.9	1.3	0	0	0
	8	88	13.5	0	0	0	0
	9	92	9.1	1.6	0	0	0
	10	87	7.9	0.1	0	0	0
	11	99	9.9	0.5	1.1	0	1.1
	12	20	6.5	4.1	0	0	0
		P trend ⁶		0.4290			
	All	473	13.2	2.6	1.5	0.3	1.8
女 性	6	48	7.8	2.2	0	0	0
	7	75	13.1	2.1	1.4	0	1.4
	8	75	10.9	0	0	0	0
	9	76	20.2*	1.4	0	0.1	0.1
	10	93	16.8*	3.6	2.7	0	2.7
	11	81	10.7	4.3	2.9	1.3	4.2
	12	25	3.9	5.6	6.0	0.2	6.2
		P trend ⁶		0.6621			

1. Values for each age group are expressed as frequency.

2. Anemia rate are hemoglobin < 11 g/dL for 6 years old and <12 g/dL for 7-12 years old children.

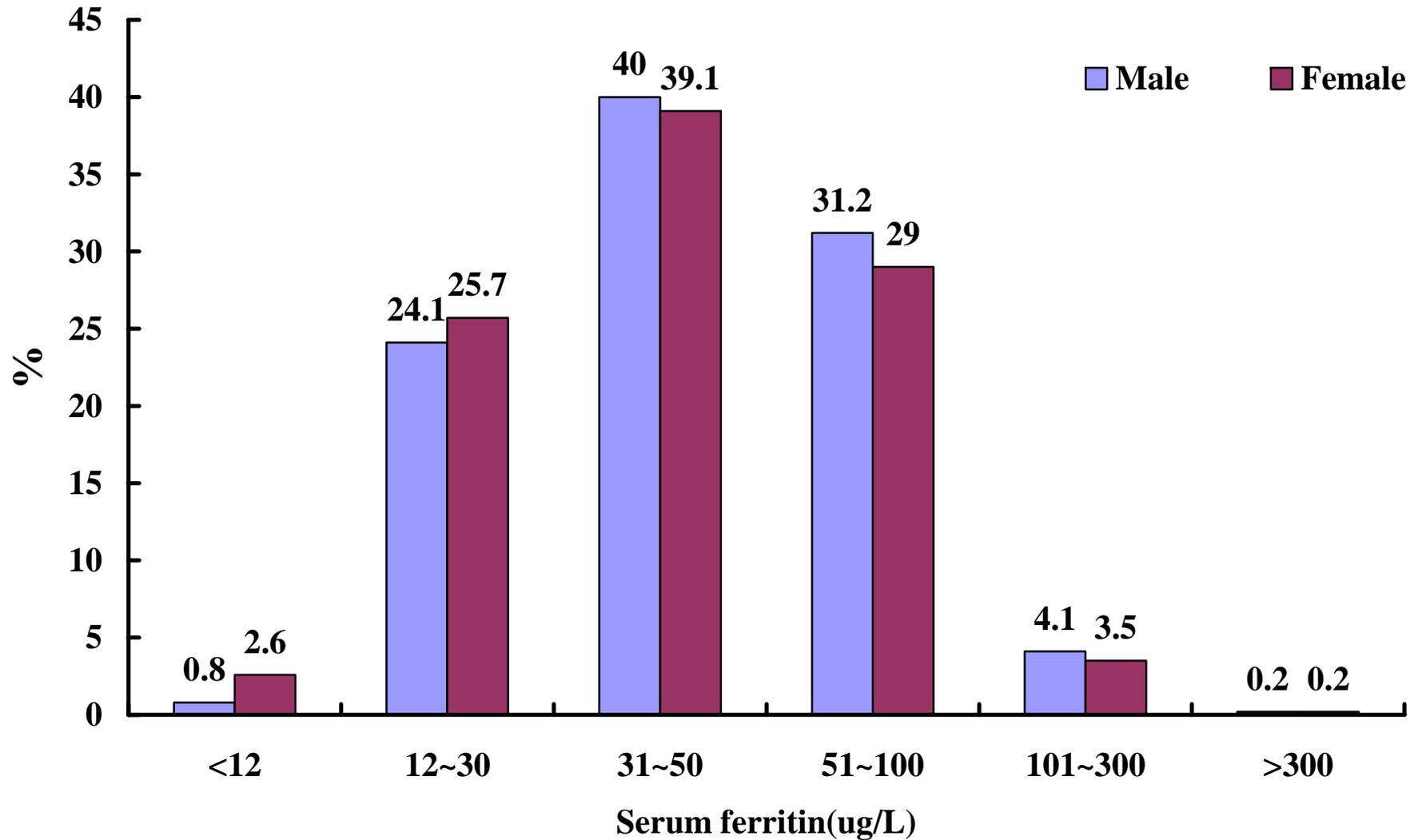
3. Including all the subjects with ferritin<12 µg/L and non-anemia.

4. Including all the subjects with ferritin<12 µg/L, transferritin saturation<15 % and anemia.

5. Including all the subjects with iron deficient erythropoiesis or iron deficiency anemia.

6. P trend analyzed with age group and ferritin were log transformed before trend analysis.

* Indicated significant difference (p<0.05) when compared to the group of age 12.



圖一 兩性國小學童血清鐵蛋白濃度分布圖

表四 國小學童血比容 (Hematocrit, Hct) 低於正常值之盛行率

性別	年齡 (歲)	人數 (人)	血比容 ¹ (%)	血比容<37%		血比容<38%		低血比容率 ²	
				人數 (人)	百分比 (%)	人數 (人)	百分比 (%)	人數 (人)	百分比 (%)
男性	All	579	41.5±0.3	40	6.9	75	12.7	70	12.2
	6	70	39.9±0.5	10	14.9	15	19.3	10	14.9
	7	106	40.6±0.5	14	13.9	22	21.7	22	21.7
	8	92	41.3±0.4	3	5.7	9	11.5	9	11.5
	9	97	42.2±0.3	4	1.4	9	5.8	9	5.8
	10	92	42.1±0.4	4	1.9	8	6.3	8	6.3
	11	101	41.7±0.6	5	5.8	11	12.6	11	12.6
	12	21	44.7±1.0	0	0	1	6.5	1	6.5
	P trend		<.00001		0.0020		0.0219		0.0919
女性	All	497	41.0±0.2	38	7.9	66	13.2	62	12.5
	6	52	40.0±0.4	6	15.1	10	20.7	6	15.1
	7	75	40.9±0.5	9	11.3	16	17.7	9	17.7
	8	82	40.6±0.5	10	8.8	15	14.1	10	14.1
	9	86	40.7±0.3	5	8.8	9	15.0	5	15.0
	10	94	41.5±0.4	3	4.1	6	6.7	3	6.7
	11	82	41.5±0.3	4	4.8	9	11.7	4	11.7
	12	26	42.4±0.6	1	0.2	1	0.2	1	0.2
	P trend		0.0005		0.0052		0.0033		0.0072

1. Values for each age group are expressed as mean ± SE.

2. Hct<37 % in aged 6 and Hct<38 % from aged 7 to aged 12.

表五 國小學童之貧血與平均紅血球容積分佈狀況

	平均紅血球容積		平均紅血球容積
	<80fl	80fl ≤ 平均紅血球容積 ≤ 100fl	>100fl
	%		
Non-anemia	3.8	96.1	0.1
anemia	32.9	67.1	0

Values are expressed as frequency.

表六 兩性國小學童各地區層之鐵營養指標濃度

性別	地區分層	人數 (人)	血紅素 (g/dL)	血清鐵濃度 (µg/dL)	運鐵容量 (µg/dL)	運鐵蛋白飽合度 (%)	鐵蛋白濃度中位數 (µg/L)
男	客家	90	13.8	105	332	31	45 ^a
	山地	78	12.7	85	322	26	39
	東部	86	12.6	94	321	29	39
	澎湖	94	12.9	98	320	30	43
	北部第一層	79	12.7	97	337	29	41
	北部第二層	87	12.5	97	326	30	42
	北部第三層	91	13.0	94	327	29	45
	中部第一層	89	13.7	102	340	30	40
	中部第二層	108	12.9	89	326	27	43
	中部第三層	99	13.8	105	339	31	44
女	客家	81	13.4	103	329	31	38
	山地	90	12.6	91	320	28	40
	東部	92	13.0	95	319	30	38
	澎湖	76	13.0	95	319	30	42
	北部第一層	71	12.8	110	336	32	40
	北部第二層	69	12.9	97	316	30	38
	北部第三層	76	12.8	97	322	30	43
	中部第一層	79	13.2	100	328	30	40
	中部第二層	84	12.9	104	333	31	38
	中部第三層	62	13.4	109	332	33	40
性	南部第一層	74	13.0	87*	323	27	38
	南部第二層	77	12.9	107	334	32	41
	南部第三層	72	12.8	103	331	31	45

Values for each age group are expressed as mean ± SE with SUDAAN except that ferritin is expressed as median with SAS.

* Indicated significant difference (P<0.05) when compared to the group of 'Northern I'.

^a Indicated significant difference between gender.

表七 國小學童各地區層之缺鐵盛行率¹

性別	地區分層	人數 (人)	貧血率 ² (%)	低鐵蛋白率 <12 μ g/L (%)	輕度 缺鐵率 ³ (%)	缺鐵 貧血率 ⁴ (%)	總缺鐵率 (%)
男	客家	90	4.2	1.4	0	0	0
	山地	78	20.2	1.3	0	0	0
	東部	86	25.3	0.8	0	0	0
	澎湖	94	13.4	0	0	0	0
	北部第一層	79	11.2	3.2	0	0	0
	北部第二層	87	21.6	0	0	0	0
	北部第三層	91	14.4	0	0	0	0
	中部第一層	89	2.4	2.4	2.4	0	2.4
	中部第二層	108	9.6	0	0	0	0
	中部第三層	99	11.5	0	0	0	0
	南部第一層	88	5.1	2.1	0	0	0
	南部第二層	85	13.0	0	0	0	0
南部第三層	94	11.6	0	0	0	0	
女	客家	81	12.5	1.3	0	0	0
	山地	90	18.7	4.1	0	4.4	4.4
	東部	92	22.4	4.6	6.3	0	6.3
	澎湖	76	10.0	1.4	0	2.9	2.9
	北部第一層	71	21.1	5.1	2.6	0	2.6
	北部第二層	69	12.1	0	0	0	0
	北部第三層	76	6.6	1.0	0	0	0
	中部第一層	79	15.6	4.1	3.2	0	3.2
	中部第二層	84	8.5	0	0	0	0
	中部第三層	62	13.3	2.2	0	4.0	4.0
	南部第一層	74	7.4	4.8	3.6	0	3.6
	南部第二層	77	11.5	2.8	3.9	0	3.9
南部第三層	72	12.8	3.7	1.8	0	1.8	

1. Values for each age group are expressed as frequency.
2. Anemia rate are hemoglobin < 11 g/dL for 6 years old and <12 g/dL for 7-12 years old children.
3. Including all the subjects with ferritin<12 μ g/L and non-anemia.
4. Including all the subjects with ferritin<12 μ g/L, transferritin saturation<15 % and anemia.
5. Including all the subjects with iron deficient erythropoiesis or iron deficiency anemia.

表八 台灣國民營養健康狀況變遷調查各年齡層之缺鐵率及貧血率¹

性別	年齡 (歲)	人數 (人)	貧血率 ² (%)	Ferritin			總缺鐵率 ⁵ (%)
				<12 µg/L (%)	輕度缺鐵率 ³ (%)	缺鐵貧血率 ⁴ (%)	
男性	6-12	556	11.4	1.0	0.2	0	0.2
	19-50	537	6.2	0.3	0.3	0	0.3
	51-64	349	8.2	0.7	0	0.7	0.7
	19-64	886	6.6	0.4	0.3	0.1	0.4
	65+	1202	19.5	2.6	2.3	2.5	4.8
女性	6-12	473	13.2	2.5	1.5	0.3	1.8
	19-50	645	25.2	16.2	8.7	6.8	15.5
	51-64	372	16.0	2.4	1.2	1.3	2.5
	19-64	1017	23.5	13.7	7.4	5.8	13.2
	65+	1152	18.8	1.9	6.6	1.4	2.0

1. Values for each age group are expressed as frequency.
2. Anemia rate are hemoglobin < 11 g/dL for 6 years old , <12 g/dL for 7-12 years old children, <12 g/dL in female and <13 g/dL in male.
3. Including all the subjects with ferritin<12 µg/L and non-anemia in school children and adult. Criteria of iron deficient erythropoiesis in elderly were ferritin < 12 µg/L without anemia, or ferritin at 12 - 30 µg/L accompanied by another abnormal iron measurement (transferrin saturation < 15 % or anemia).
4. Including all the subjects with ferritin<12 µg/L, transferrin saturation<15 % and anemia in school children and adult. Criteria of iron deficiency anemia in elderly were: anemia with ferritin < 12 µg/L, or anemia with both transferrin saturation < 15 % and ferritin < 30 µg/L.
5. Including all the subjects with iron deficient erythropoiesis or iron deficiency anemia.

表九 國小學童之每日飲食鐵攝取量

性別	年齡 (歲)	人數 (人)	飲食鐵攝取量 ¹ (mg/day)	佔 DRIs (%)	DRIs (mg)
男 性	6	103	12.2±0.8* ^a	122	10
	7	232	14.1±1.0	141	10
	8	217	13.3±0.8 ^a	133	10
	9	208	13.8±0.6	138	10
	10	212	17.6±1.5 ^a	117	15
	11	221	20.2±3.5	135	15
	12	84	16.1±1.6	107	15
	total	1277	15.6±0.7	130	12
女 性	6	98	12.3±1.0	123	10
	7	179	11.7±0.8	117	10
	8	184	13.4±1.8	134	10
	9	180	13.1±0.9	131	10
	10	193	13.8±0.8	92	15
	11	177	16.4±1.7	109	15
	12	98	17.4±3.3	119	15
	total	1109	13.8±0.6	117	12

1. Values for each age group are expressed as means±SE.

* Indicated significant difference ($p < 0.05$) when compared to the group of age 12.

^a Indicated significant difference between gender.

討 論

一、國小學童之鐵營養狀況

依據我國衛生署所進行的歷次國民營養健康狀況變遷調查中之血液檢驗結果顯示(表八),本研究中 NAHSIT 2001-2002 之 6-12 歲學童中男學童缺鐵率為 0.2%、女學童 1.8%,缺鐵貧血率男學童為 0%、女學童 0.3%;NAHSIT 1993-1996 之 19-64 歲成人缺鐵率男性 0.4%、19-50 歲女性 15.5%、51-64 歲女性 2.5%,缺鐵貧血率 19-64 歲男性 0.1%、19-50 歲女性 6.8%、51-64 歲女性 1.3%;NAHSIT 1999-2000 之 65 歲以上老人缺鐵率男性 4.8%、女性 2.0%,缺鐵貧血率男性 2.5%、女性 1.4%。顯示國小學童之缺鐵率、缺血貧血率是在三次調查中是最低的,與美國 6-11 歲幼兒缺鐵率為 1.8%、缺鐵貧血率 0.2%之調查結果相似^{18, 21},但比日本的調查資料 6-11 歲學童之缺鐵率 13%、缺鐵貧血率 9%¹⁶、西班牙的調查資料 3-12 歲學童缺鐵率 4.4%、缺鐵貧血率 2.5%²²為低。

在飲食鐵攝取部分(表九),國小學童飲食鐵平均攝取量中男學童為 15.6 mg/d、女學童 13.8 mg/d,達「國人膳食營養素參考攝取量」(DRIs)²³之 130%、117%,兩性各年齡層中僅 10 歲女學童未達 DRIs 之建議標準(92%)。由於 10 歲以下學童 DRIs 的鐵營養素建議量是 10 mg,10 歲(含)以上學童鐵營養素建議量則增加為 15 mg,當年齡由 9 歲增加為 10 歲時,男學童的鐵攝取量亦由 13.8 mg 增加為 17.6 mg,而女學童的鐵攝取量則由 13.1 mg 增加為 13.8 mg,女學童鐵攝取量雖有增加但仍未達 DRIs 之建議標準。而女學童至 11 歲時鐵攝取量即達 16.4 mg,達 DRIs 之建議標準。因此,國內國小學童飲食鐵攝取方面應是相當充足,但是在 10 歲以上的女學童則特別留意其飲食鐵的攝取狀況。

整體而言,缺鐵的危險群以嬰兒、1-5 歲的學齡前兒童、青春期少年及生育年齡婦女族群最為嚴重^{9, 18}。就幼兒而言,影響幼兒時期鐵平衡之主要因素在於生長需求與飲食營養素供應間是否平衡。一般幼兒在嬰兒期及 1-5 歲的學齡前兒童,其生長速率最快,也最容易發生缺鐵問題^{12, 24, 25}。就台灣學齡兒童而言,這個階段的學童其成長速度已較為平緩,飲食鐵攝取方面也相當充足,另外,容易造成失血的寄生蟲、傳染病等問題在台灣並不存在,因此學齡兒童的缺鐵率會比成人及老人部分來的低。

二、國小學童之貧血狀況

依據我國衛生署所進行的歷次國民營養健康狀況變遷調查中之血液檢驗結果顯示(表八)，本研究中 NAHSIT 2001-2002 之 6-12 歲學童中男學童貧血率 11.4 %、女學童 13.2 %，NAHSIT 1993-1996 之 19-64 歲成人貧血率男性 6.6 %、19-50 歲女性 25.2 %、51-64 歲女性 16.0 %，NAHSIT 1999-2000 之 65 歲以上老人貧血率男性 19.5 %、女性 18.8 %。在三次調查中，國小學童中男學童貧血率甚至高於成人貧血率，其相關影響因素仍須深入探討。

國小學童貧血盛行率在各國的調查結果中差異頗大，其中以美國營養調查結果 2.3~2.8 % 最低²⁶，義大利 6-11 歲學童貧血盛行率 12 %²⁷ 與台灣相仿，日本 6-11 歲學童貧血盛行率 27 %¹⁶、愛爾蘭 23 %²⁸、泰國 6-13 歲 31 %²⁹ 則都高於台灣學童。貧血的促成因素在幼兒方面，包括生長速度、寄生蟲的傷害、基因異常、疾病感染之發炎現象、飲食鐵的攝取不足、飲食型態不適鐵吸收、其他微量營養素缺乏等因素都可能是引發貧血的促成因素，另外，環境及經濟狀況也都是被認為是導致貧血盛行率升高之因素¹²。因此，在不同國家、不同環境下，其促成貧血的因素也可能都不相同。

疾病感染的發炎現象之影響常以 CRP(C-reactive protein) 數值作為發炎指標，一般 CRP ≥ 10 % 則被視為有慢性發炎之情形³⁰，雖然國民營養健康變遷調查 NAHSIT 2001-2002 之調查資料中缺少 CRP 資料來驗證國小學童的感染發炎狀況，但是根據泰國³⁰ 對 5 歲以下的 955 名幼童調查僅約 3% 幼童有慢性發炎情形。因此，依據台灣環境衛生狀況評估，台灣學童的感染發炎情形可能不會太高。另外，寄生蟲感染現象、基因異常之貧血症在台灣學童之比例亦低，因此對學童之缺鐵及貧血之影響應該相當有限。

雖然營養素鐵不足被認為在幼兒貧血中是最重要的因素^{14-16, 30}，甚至認為幼童的貧血由缺鐵所引起之比率高達 70 %³⁰、90 %¹⁴。在台灣的貧血學童中雖有 32.9 % 屬於小球性貧血(MCV < 80 fl) (表五)，但是貧血學童中則僅有 6.0 % 同時伴隨著低鐵蛋白濃度(< 12 $\mu\text{g/L}$) (資料未示出)，相對的，處於低鐵蛋白濃度的學童則有 50 % 的學童同時出現貧血症狀，而鐵蛋白濃度正常者則僅 12.2 % 出現貧血症狀，顯然台灣的學童若缺鐵則其罹患貧血危險比貧血學童且伴隨缺鐵之危險高出許多。

台灣的國小學童之缺鐵率遠低於貧血率，顯然促成台灣學童貧血的因素外，除了缺鐵是重要因素外，仍有其他影響因素存在。有鑑於貧血對健康不利之影響，

為能進一步降低國小學童之貧血盛行率，其他因素之影響仍待進一步深入分析，積極釐清。

參考文獻

1. Institute of Medicine (2002) Chapter 9 Iron, In: Dietary Reference Intakes of Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington DC: National Academy Press.
2. Yip R (2001) Chapter 30 Iron, In: Bowman BA and Russell RM eds. Present Knowledge in Nutrition. 8th ed. Pp. 311-328. Washington D. C.: ILSI Press.
3. Johnson MA, Fischer JG, Bowman BA and Gunter EW (1994) Iron nutrition in elderly individuals. *FASEB J* 8:609-621.
4. Centers for Disease Control and Prevention (1998). Recommendations to Prevent and control Iron Deficiency in the United States. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 47(No. RR-3):1-29.
5. Ramakrishnan U, Yip R (2002) Experiences and Challenges in Industrialized Countries: Control of Iron Deficiency in Industrialized Countries. *J Nutr* 132:820S-824S.
6. Shaw N (1996) Iron deficiency and anemia in school children and adolescents. *J. Formos. Med. Assoc.* 95:692-698.
7. Cook JD, Skikne BS, Lynch SR and Reusser ME (1986) Estimates of iron sufficiency in the US population. *Blood* 68:726-731.
8. Lynch SR, Finch CA, Mosen ER and Cook JD (1982) Iron status of elderly Americans. *Am J Clin Nutr* 36:1032-1045.
9. Shaw N, Yeh W and Pan W (1999) Prevalence of iron deficiency in the general population in Taiwan. *Nutr Sci J* 24:119-138.
10. 王瑞蓮、劉燦榮、潘文涵、蕭寧馨 (2004) 台灣老人鐵營養狀況—台灣地區老人國民營養健康狀況變遷調查1999-2000 PP.193-208，行政院衛生署，台北市。
11. ACC/SCN (2000) Chapter 2. Micronutrient update. In: Fourth Report on the World Nutrition Situation. pp. 23-26. Geneva: ACC/SCN in collaboration with IFPRI.
12. Assis AM, Barreto ML, Gomes GS, Prado Mda S, Santos NS, Santos LM, Sampaio LR, Ribeiro Rde C, Oliveira LP and Oliveira VA (2004) Childhood anemia prevalence and associated factors in Salvador, Bahia, Brazil. *Cad Saude Publica.* 20:1633-1641.
13. FAO/WHO (1968) Nutritional anemia. WHO Technical Report Series No. 405, WHO, Geneva.
14. Coutinho GG, Goloni-Bertollo EM and Bertelli EC (2005) Iron deficiency anemia in children: a challenge for public health and for society. *Sao Paulo Med J* 123:88-92.
15. Stoltzfus R (2001) Defining iron-deficiency anemia in public health terms: a time for reflection. *J Nutr* 131:565S-567S.
16. Hashizume M, Chiba M, Shinohara A, Iwabuchi S, Sasaki S, Shimoda T, Kunii O, Caypil W, Dauletbaev D and Alnazarova A (2005) Anemia, iron deficiency and Vitamin A status among school-aged children in rural Kazakhstan. *Public Health Nutr* 8:564-571.
17. 杜素豪、洪永泰、張新儀、杭極敏、蕭寧馨、林薇、林以勤、胡素婉、楊曜旭、

- 吳子聰、章雅惠、蘇淑真、許曉琦、潘文涵 (2006) 台灣國小學童營養健康狀況調查2001-2002：研究設計、內容及執行機制。學童營養現況 PP.1-24，行政院衛生署，台北市。
18. Looker AC, Dallman PR, Carroll MD, Gunter EW and Johnson CL (1997) Prevalence of iron deficiency in the United States. *JAMA* 277:973-976.
 19. SAS Institute Inc. (1990) SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th ed., vol. 2. SAS Institute, Cary, NC.
 20. Shah BV, Barnwell BG and Bieler GS (1997) SUDAAN user's manual. Release 7.5. Research Triangle Park, North Carolina: Research Triangle Institute.
 21. Nead KG, Halterman JS, Kaczorowski JM, Auinger P, Weitzman M. (2004) Overweight children and adolescents: a risk group for iron deficiency. *Pediatrics*. 114:104-108.
 22. Winocur D, Ceriani Cernadas JM, Imach E, Otasso JC, Morales P and Gards A (2005) Prevalence of iron deficiency anemia in a group of pre-school and school children, living in conditions of poverty. *Medicina* 64:481-486.
 23. 行政院衛生署 (2003) 國人膳食營養素參考攝取量，第六修訂版。台北市。
 24. Bagchi K (2004) Iron deficiency anaemia—an old enemy. *East Mediterr Health J* 10:754-760.
 25. Kapur D, Agarwal KN and Agarwal DK (2002) Nutritional anemia and its control. *Indian J Pediatr* 69:607-616.
 26. Dallman PR, Yip R, Johnson C (1984) Prevalence and causes of anemia in the United States, 1976 to 1980. *Am J Clin Nutr* 39:437-45.
 27. Barduagni P, Ahmed AS, Curtale F, Raafat M and Mansour E (2005) Anemia among schoolchildren in Qena Governorate, Upper Egypt. *East Mediterr Health J* 10:916-920.
 28. Shiraf Z, Goldberg D, Shahbazi M, Arbuckle K and Salehi M (2005) Nutritional status of schoolchildren in rural Iran, *Br J Nutr* 94:390-396.
 29. Thurlow RA, Winichagoon P, Green T, Wasantwisut E, Pongcharoen T, Bailey KB and Gibson RS (2005) Only a small proportion of anemia in northeast Thai schoolchildren is associated with iron deficiency. *Am J Clin Nutr*. 82:380-387.
 30. El Ati J, Gaigi S, Beji C, Haddad S, Cherif S, Farhat A, Fattoum S, Ben Abdeladhim A (2005) Prevalence and causal factors of anemia in children in Tunisia. *Tunis Med* 83:511-518.