



計畫編號：DOH94-TD-F-113-038

行政院衛生署九十四年度科技研究計畫

計畫名稱

31-50歲年齡層的維生素B-6營養狀況的
評估及平均需要量

研究報告

執行機構：中山醫學大學營養系

計畫主持人：黃怡嘉

研究人員：黃詩茜、陳慧文

執行期間：94年1月26日至94年12月31日

*本研究報告僅供參考，不代表本署意見，依合約之規定：如對

媒體發布研究成果應事先徵求本署同意

目 錄

壹、摘要	
中文摘要.....	2
英文摘要.....	3
貳、文獻回顧	
一、前言.....	4
二、研究目的.....	11
參、材料方法.....	12
肆、結果	
一、受試者基本資料.....	16
二、營養素攝取情形.....	16
三、血液檢驗值.....	16
四、維生素 B-6 維生素與血漿同半胱氨酸濃度.....	17
五、各項維生素 B-6 營養狀況足夠指標時的維生素 B-6 攝取量.....	17
六、維生素 B-6 攝取量與各項營養指標的相關性.....	17
七、男、女性受試者維生素 B-6 營養狀況切點對維生素 B-6 攝取量的需 要量.....	18
表 1~7.....	19
伍、討論.....	26
陸、結論與建議.....	27
柒、參考文獻.....	28

壹、摘要

中文摘要

關鍵詞：維生素 B-6、磷酸吡哆醛、吡哆酸、轉胺酶活性係數、平均需要量、建議量

國人膳食營養素參考攝取量的訂定大都參考國外的相關資料，因此建立本土資料以作為政府機關訂定或修正國人營養素參考攝取量之參考是非常重要的。本研究計劃的目的是評估 31-50 歲男性及女性的維生素 B-6 營養狀況及訂定維生素 B-6 的建議攝取量。健康受試者由中山醫學大學附設醫院及台中榮民總醫院體檢科募集 31-50 歲男女性各 100 位。紀錄受測者的基本資料，以 24 小時飲食回憶法做營養素攝取的記錄，且收集空腹血液分析血漿磷酸吡哆醛、血球丙胺酸轉胺酶活性係數及血球天門冬胺酸轉胺酶活性係數來評估受測者維生素 B-6 的營養狀況。此外甲硫胺酸負荷試驗前後的血漿同半胱氨酸濃度也一併分析。結果顯示，男性的血清白蛋白、尿素氮、肌酸酐、麩草醋酸轉胺酶、麩丙醋酸轉胺酶與三酸甘油脂，以及禁食同半胱氨酸濃度皆顯著高於女性。以血漿磷酸吡哆醛 ≥ 20 nmol/L、血球丙胺酸轉胺酶活性係數 < 1.25 、及血球天門冬胺酸轉胺酶活性係數 < 1.8 為切點，求得半數健康研究對象的各項維生素 B-6 營養狀況指標值所對應的維生素 B-6 平均需要量(EAR)，進而求得維生素 B-6 建議量(RDA)為男性 1.56 mg/d 及女性 1.55 mg/d。因上述建議量僅稍高於目前衛生署所公佈的成年男性及女性的維生素 B-6 建議攝取量 1.5 mg/d，顯示目前的維生素 B-6 膳食營養素參考攝取量應是適當的。

Abstract

The data for the establishment of Taiwan Dietary Reference Intakes (DRIs) are lacking and mostly based on the data from the western countries. Therefore, it is important to establish our own database. The purposes of this study were to assess vitamin B-6 nutritional status and set up the estimated average requirement (EAR) and recommended dietary allowance (RDA) for adult Taiwanese men and women (31 – 50 years old). Two hundred healthy subjects (100 men and 100 women) were recruited from either Chung Shan Medical University Hospital or Taichung Veteran General Hospital. Demographic data and 24-h diet recall were collected. Vitamin B-6 status was assessed by using plasma pyridoxal 5'-phosphate (PLP), erythrocyte aspartate transaminase activity coefficient (EAST -AC) and erythrocyte alanine transaminase activity coefficient (EALT-AC). Fasting and post methionine loading plasma homocysteine concentrations were also measured. Men had significantly higher levels of serum albumin, blood urea nitrogen and creatinine, serum GOT and GPT, serum triglyceride and fasting homocysteine concentrations than women did. The EAR was calculated based on the half of the healthy men and women who had adequate values of PLP ≥ 20 nmol/L, EALT-AC < 1.25 and EAST < 1.80 . The RDA was then calculated for adult men and women aged 31-50 y to be 1.56 and 1.55 mg/d, respectively. The current EAR and RDA might be appropriate.

Key word: vitamin B-6, pyridoxal 5'-phosphate, transaminase activity coefficient, EAR, RDA

貳、文獻回顧

一、前言

維生素 B-6 主要以 3 種自由型式：比哆醇 (pyridoxine; PN)，比哆胺 (pyridoxamine, PM)，比哆醛 (pyridoxal, PL)，以及其磷酸鹽型式：磷酸比哆醇 (pyridoxine phosphate, PNP)，磷酸比哆胺 (pyridoxamine phosphate; PMP)，及磷酸比哆醛 (pyridoxal 5'-phosphate, PLP) 存在自然界。其中磷酸比哆醛 (PLP) 為具有生物活性的輔酶，參與胺基酸 (amino acids)，核酸 (nucleic acids)，肝醣 (glycogen)，比咯紫質 (porphyrin)，及脂肪 (lipid) 的代謝 (1)。因此，磷酸比哆醛被認為對於荷爾蒙的調節，紅血球的生成，免疫功能，及神經系統的功能有重要的影響 (1)。除此之外，磷酸比哆醛更參與很多有關蛋白質代謝的過程，包括有轉胺作用 (transamination) 及脫羧作用 (decarboxylation)。近年來，研究顯示維生素 B-6 的營養狀況與血小板的功能 (2,3)、血管內皮細胞 (4,5)、心血管疾病 (6-10)、及認知功能 (11-13) 等有相關。

維生素 B-6 營養狀況及需要量的評估方法

評估維生素 B-6 的營養狀況的方法很多，因為並無單一最佳評估維生素 B-6 的生化指標，故研究指出在評估維生素 B-6 的營養狀況時至少需包括 1 種或以上的直接及間接測量 (14,15)。直接測量法中以血漿磷酸比哆醛被認為是最可靠也是最常被使用的方法 (14)，目前是以血漿磷酸比哆醛 ≥ 20 nmol/L 為評估維生素 B-6 營養足夠的切點 (16)。尿液比哆酸 (pyridoxic acid; 4-PA) 是評估維生素 B-6 的短期指標，因尿液 4-PA 是維生素 B-6 的代謝產物故其濃度可反應短期 B-6 攝取量 (17)，目前是以尿液比哆酸 ≥ 3 $\mu\text{mol/d}$ 為評估維生素 B-6 營養足夠的切點 (14)。紅血球轉胺酶活性是評估

B-6 攝取量的長期指標，因其紅血球的半衰期較長，目前是以血球丙胺酸轉胺酶活性係數 (erythrocyte alanine aminotransaminase activity coefficients; EALT-AC) < 1.25 及血球天門冬胺酸轉胺酶活性係數(erythrocyte aspartate aminotransaminase activity coefficients; EAST-AC) < 1.8 為評估維生素 B-6 營養足夠的切點(14)。

理論上，評估營養素需要量時最好朝著避免因缺乏營養素而產生疾病之方向考量，因此評估維生素 B-6 需要量時應該將預防慢性疾病發生之因素亦列入考量。同半胱胺酸 (homocysteine; Hcy) 為一含硫胺基酸，代謝途徑包括再甲基化 (remethylation) 及轉硫作用 (trans-sulfuration)。當甲硫胺酸濃度足夠人體需求，過剩的甲硫胺酸會促進同半胱胺酸經由 cystathionine β -synthase (CBS) 進行轉硫作用形成半胱胺酸(cysteine; Cys)，而 CBS 為維生素 B-6 的依賴型酵素。因此，若維生素 B-6 缺乏可能會導致同半胱胺酸堆積，使血漿同半胱胺酸濃度增加，而形成高同半胱胺酸血症 (hyperhomocysteinemia)。高同半胱胺酸已被證實是導致心血管疾病發生的獨立危險因子(18-20)。研究(21)指出血漿磷酸比哆醛 < 20 nmol/L 時會增加罹患冠狀動脈疾病的危險性。但是大部分的研究及包括我們的研究都指出禁食的血漿同半胱胺酸(fasting plasma homocysteine)濃度主要是受到葉酸濃度的影響(22-24)，而甲硫胺酸負荷高同半胱胺酸血症 (post methionine load hyperhomocysteinemia; PML hyperhomocysteinemia) 才與維生素 B-6 濃度有顯著相關性(25-27)。因此評估維生素 B-6 需要量時也許應考慮將甲硫胺酸負荷後的同半胱胺酸濃度納入評估項目之一。

由於磷酸比哆醛以輔酶型式參與胺基酸的代謝反應，許多研究顯示當蛋白質攝取量增加時會降低 B-6 的營養狀況(28-30)，因此過去在討論維生

素 B-6 的需要量時會考慮蛋白質的攝取量，並根據每單位蛋白質的量來訂定維生素 B-6 的需要量。然而，近來研究顯示，在蛋白質攝取量佔 12% 或 21% 總能量時，並不會影響維生素 B-6 的營養狀況(31)。我們的研究也指出蛋白質攝取量並不是太高的情況下，蛋白質攝取量、及不同蛋白質來源對於維生素 B-6 營養狀況應無顯著影響(32)。此外，過去是假設維生素 B-6 需要量與蛋白質攝取量間呈線性關係，以及假設成年男性的蛋白質攝取量為 100 公克，因此可能高估了維生素 B-6 的需要量。美國新版的維生素 B-6 參考攝取量的估算中就不再以每單位蛋白質為估計的依據(16)。因此評估維生素 B-6 需要量時應可以不考慮每單位蛋白質的量來訂定維生素 B-6 的需要量。

維生素 B-6 的飲食攝取量與建議攝取量

在美國，維生素 B-6 普遍被認為是攝取不足於飲食建議攝取量的營養素之一(33-36)。Kant 和 Block (36) 學者在美國第二次營養現況調查發現大約有 80% 的婦女維生素 B-6 的攝取量未達飲食建議攝取量的標準，其中有 33% 的婦女甚至低於 0.016 毫克維生素 B-6/克蛋白質的比例。在臺灣過去歷次的國民營養調查並沒有包含維生素 B-6 的研究，最主要原因為食品資料庫中缺乏 B-6 的含量。第三次國民營養健康狀況變遷調查(Nutrition and Health Survey in Taiwan, NAHSIT, 1993 – 1996)(37)雖然未調查國人每日的維生素 B-6 飲食攝取量，但此次調查仍分析了國人維生素 B-6 的營養生化指標 (血漿磷酸吡哆醛、血漿吡哆醛及醛類維生素 B-6)，結果顯示國人維生素 B-6 的營養狀況缺乏比率高達 32.4%。19-44 歲的男性及女性其血漿 PLP 的濃度分別為 41.4 ± 3.6 及 36.5 ± 2.8 nmol/L。若根據 Leklem (14) 將血漿 PLP 濃度 > 30 nmol/L 定義為維生素 B-6 足夠的建議指標， $30 \text{ nmol/L} \geq \text{PLP} \geq 20$

nmol/L 為臨界缺乏，PLP < 20 nmol/L 為缺乏。則 19-44 歲男性及女性的血漿 PLP 正常、臨界缺乏、缺乏比例分別為 45.6%及 41.4%、26.6%及 25.2%、27.8%及 33.6%；顯示維生素 B-6 營養狀況正常者不及半數。

行政院衛生署於民國 82 年提出的每日營養素建議攝取量 (RDNA) 有關維生素 B-6 需要量的制定是以美國第十版 RDA(Recommended Dietary Allowance)成人維生素 B-6 攝取量為 0.016 毫克 /公克蛋白質× (2 倍 RDA 蛋白質建議量) 為依據，配合國人的蛋白質攝取量加以計算而得(38)。有關蛋白質的部分是根據民國七十五年至七十七年台灣地區國人實際蛋白質攝取量 77.25 ± 7.68 克(39)加上 2 個標準差為安全攝取量(93 克)再配合行政院衛生署第五修訂版蛋白質建議攝取量為男性 65 克、女性 55 克(40)。由計算求得的成人維生素 B-6 的需要量為男性 1.6 毫克，女性 1.4 毫克。在 1998 年，美國新版飲食建議攝取量(Dietary Reference Intakes, DRI) (16)將維生素 B-6 的需要量修正為成人男性及女性(19-50 歲)為 1.3 mg/d，且不以維生素 B-6 與蛋白質攝取量的比值作為建議量的依據。行政院衛生署也於民國 89 年起邀請學者專家依據第三次國民營養調查之本土數據並參考美國、日本、中國大陸之資料及相關之研究報告於民國 92 年公佈新的國人膳食營養素參考攝取量(行政院衛生署，2003)(41)。本計畫主持人也榮幸被邀請參與維生素 B-6 參考攝取量的制定，在制定維生素 B-6 參考攝取量的過程中發覺本土之資料相當欠缺，因此大多只能參考他國之相關資料來訂定國人的維生素 B-6 參考攝取量，因此以國人為研究對象來建立本土的基礎資料是非常有其必要性及迫切性。

維生素 B-6 人體需要量的研究

1971 年，Donald 等人(42)以耗損-補充的研究模式探討年輕婦女(n=8)

維生素 B-6 的需要量。受測者在耗損期每天攝取 0.34 毫克的維生素 B-6 及 57 克的蛋白質共 47 天，之後補充每天 0.6 毫克的維生素 B-6 共 7 天，1.2 毫克的維生素 B-6 共 3 天，及 1 天 30 毫克的維生素 B-6。在耗損期時，受測者的尿液比哆酸及維生素 B-6 的濃度顯著下降。當受測者於補充期攝取 1.2 毫克的維生素 B-6 時，維生素 B-6 的生化指標回到未耗損前的濃度。Donald 等人(42)因此建議維生素 B-6 的需要量對於一位每天攝取大約 57 克蛋白質的年輕婦女應為 1.5 毫克。1974 年，Shin 和 Linkswiler (43)研究維生素 B-6 耗損對色胺酸(tryptophan)及甲硫胺酸(methionine)代謝的影響。受測者為 5 位從未服用口服避孕藥及未懷孕的年輕婦女。在 7 天的適應期，受測者每天攝取 0.16 毫克維生素 B-6 的基本飲食，另外補充 2 毫克的比哆醇(pyridoxine)。進入各 14 天的耗損期及補充期則每天攝取 0.16 毫克及 2 毫克的維生素 B-6。結果顯示進入補充期後 1 星期後尿液中的色胺酸及甲硫胺酸代謝物的濃度回復至未耗損前的程度。1985 年，Miller 等人(44)以 1.6 毫克維生素 B-6 及每公斤 0.5，1.0，或 2.0 克蛋白質餵食 8 位年輕男性(21-31 歲)。結果顯示 1.6 毫克維 B-6 可將磷酸比哆醛的濃度維持在 30 nmol/L 以上。1995 年，Kretsch 等人(45)以耗損-補充的研究方法探討 8 位年輕婦女(21 至 30 歲)攝取高蛋白飲食(1.55 克蛋白質/公斤體重)及不同型式蛋白質(植物性 vs.動物性)時對維生素 B-6 需要量的影響。結果顯示，當攝取以動物性蛋白質為主的飲食時維生素 B-6 的需要量為每天 2 毫克(B-6/蛋白質=0.020)；當攝取植物性蛋白質飲食維生素 B-6 的需要量為每天 1.5 毫克(B-6/蛋白質=0.015)。最近有關維生素 B-6 需要量的研究為黃等人(46)，受測者為 8 位年輕婦女(28 至 34 歲)攝取高蛋白飲食(1.55 克蛋白質/公斤體重)。受測者在 9 天的適應期每天攝取 1.6 毫克的維生素 B-6，進入耗損期則每天攝取 0.45 毫克的維生素 B-6 共 27 天。之後，進入 3 個階段每一階段分別為 21，21

及 14 天的維生素 B-6 補充期，每天各攝取 1.26，1.66 及 2.06 毫克的維生素 B-6。維生素 B-6 的營養狀況則以直接及間接的測量方式檢測。迴歸分析結果顯示每天維生素 B-6 的攝取量需 1.96 毫克才能將尿液比哆酸、血漿磷酸比哆醛、血球磷酸比哆醛及比哆醛，血球丙胺酸轉胺酶及血球天門冬胺酸轉胺酶活性係數回復至維生素 B-6 未耗損前的程度。

研究維生素 B-6 需要量的典型模式是以耗損-補充(Depletion-Repletion)法進行。此模式包括有三個時期，分別為：適應期 (Adjustment period)、耗損期 (Depletion period)、及補充期 (Repletion period)。適應期間一般是餵食受測者 7 至 14 天的目前的維生素 B-6 的飲食建議攝取量，使受測者間的維生素 B-6 的營養指標值能達到相近的狀況。當受測者間的維生素 B-6 的營養狀況達到相近時則進入耗損期。耗損期是餵食受測者一段時間的維生素 B-6 的最低安全攝取量(例如 0.5 毫克)，使受測者的維生素 B-6 的營養狀況降至臨界缺乏但無危及受測者的健康狀況的程度。此時期主要是以能短期快速反應維生素 B-6 的營養狀況的指標 (例如尿液比哆酸) 來評估受測者的維生素 B-6 的營養狀況。當受測者的尿液比哆酸濃度降至缺乏值 ($3.0 \mu\text{mol/d}$) 以下時則進入補充期。補充期是餵食受測者不同量的維生素 B-6 各若干日以逐漸恢復受測者的維生素 B-6 的營養狀況使達到未耗損前時期的程度。維生素 B-6 的飲食建議攝取量目前是定義為攝取量必須能使維生素 B-6 的營養生化評估指標的值恢復(restore)或正常化(normalize)至尚未耗損前(predepletion)階段的程度。再利用迴歸曲線以內插法的方式求得可使維生素 B-6 營養狀況評估指標值恢復至尚未耗損前的程度的實際攝取量，此為維生素 B-6 的飲食建議攝取量 (42-48)。但此種方法已開始被質疑其適當性，原因是因為研究對象在未耗損前階段所給予的維生素 B-6 攝取量都是以目前所公佈的建議量為給予的標準 (介於 1.5-2.0 mg/d 之間)，因此可能

造成所求得的需要量大都是接近或甚至高於未耗損前階段所給予的維生素 B-6 攝取量。此外，在台灣因無 metabolic unit 的設施，因此要進行嚴謹的耗損-補充模式研究並不容易。

行政院衛生署在訂定新版的營養素建議量(41)時，主要是根據美國新版的 DRI(16)，將數據之來源及參考的計算方式不同，明確的分為建議量(Recommended Dietary Allowance, RDA)或足夠攝取量(Adequate Intakes, AI)，對於有足夠科學數據支持的營養素訂出上限攝取量(Upper level, UL)，因此原來之「每日營養素建議攝取量」之名稱亦改為「國人膳食營養素參考攝取量」(Dietary Reference Intakes, DRIs)。基本上 DRI 是 RDA 的延伸，建議攝取量(RDA)是指可滿足同性別的某一年齡層中 97-98%的健康人群每天所需要的營養素量。RDA 值的建立主要是根據所收集到的數據是否能計算出平均需要量(Estimated average requirement, EAR)而定，而 EAR 是指估計平均需要量值為滿足健康人群中半數的人所需要的營養素量。如果有足夠的 data 能計算出 EAR 的標準差(Standard deviation)時，則 $RDA = EAR + 2SD_{EAR}$ ；但若是無法得到 SD 的數值時，則 $RDA = 1.2 \times EAR$ (假設 EAR 的 CV 為 10%)。根據以上的定義，維生素 B-6 的 EAR 可以經由具有血漿磷酸比哆醛 > 20 nmol/L、血球丙胺酸轉胺酶活性係數 < 1.25 及血球天門冬胺酸轉胺酶活性係數 < 1.8 的半數健康研究對象的維生素 B-6 攝取量計算而得。張等人(49,50)也是利用上述方式評估台灣 7-12 兒童及 13-15 青少年的維生素 B-6 需要量。

二、研究目的

根據國民營養調查(NAHSIT I)結果顯示國人嚴重營養不良的問題並不嚴重，但是營養不均衡之問題卻非常嚴重，尤其維生素 B-1、B-2、B-6、葉酸、鐵等臨界缺乏的問題可能是國人健康問題的一大隱憂。雖然行政院衛生署於民國 91 年公佈了國人膳食營養素參考攝取量(DRI)，但學者、專家在討論研擬的過程中卻發現有關本土的營養素需要量之基礎研究資料非常欠缺，因此使得大部分的營養素建議量的訂定必須完全依賴美國、日本、中國大陸等國之資料及相關之研究報告。因此建立本土的營養素需要量之基礎研究資料，以便能提供衛生署作為營養素建議量修正之參考是刻不容緩的事。因此，本研究的主要目的是評估 31-50 歲男女性維生素 B-6 營養狀況及建立這個族群的維生素 B-6 建議攝取量。

參、材料與方法

研究設計原理

一般研究維生素 B-6 的飲食建議攝取量的典型研究模式是以耗損-補充的方法進行。在臺灣因無 human metabolic unit 的研究環境，因此若要進行嚴謹的營養素耗損-補充的研究並不容易。因此以血漿磷酸吡哆醛 ≥ 20 nmol/L、血球丙胺酸轉胺酶活性係數 < 1.25 、及血球天門冬胺酸轉胺酶活性係數 < 1.8 為切點，求得半數健康研究對象的各項維生素 B-6 營養狀況指標值所對應的維生素 B-6 平均需要量(EAR)，進而求得維生素 B-6 建議量(RDA)。

研究步驟

本研究計劃是與中山醫學大學附設醫院及台中榮民總醫院體檢科合作，並經由中山醫學大學附設醫院人體試驗審議委員會核准同意進行。

受試者：

由中山醫學大學附設醫院及台中榮民總醫院體檢科募集 31-50 歲男女各 100 位的健康受試者，作為本研究的受試者。健康之受試者條件必須符合：(1)無任何疾病或任何臨床症狀需要醫師照顧；(2)無任何心臟、肝臟 (abnormal GOT and GPT values)、腎臟 (serum creatinine > 150 $\mu\text{mol/L}$)、呼吸道、腸胃道、糖尿病 (接受降血糖藥物治療或空腹血糖濃度 > 140 mg/dL) 之疾病史或服用任何藥物以致會影響維生素 B-6 的營養狀況；(3)若為女性之受試者必須為未懷孕或未服用任何口服避孕藥；(4)目前沒有服用任何維生素的補充劑；(5)過去 6 個月內的體重變化沒有超過 ± 4 kg。研究進行前將先取得受測者簽名的同意書。

1. 體位測量：

測量受試者的年齡、血壓、身高及體重，並計算受試者的身體質量指數【BMI；Body mass index = 體重 (kg) ÷ 身高² (m²)】。

2. 生化值：

配合受試者進行體檢所檢測的常規生化值，紀錄受試者的 serum albumin、serum creatinine、serum GOT and GPT、serum total cholesterol、HDL-cholesterol、LDL-cholesterol、和 serum triglyceride 的數值。

3. 飲食記錄：

本研究將以 24 小時飲食回憶法記錄參與者的飲食攝取。營養素攝取量將利用御廚皇營養師專業軟體來計算分析計算營養素之攝取情形。

4. 維生素 B-6 營養狀況分析：

配合受試者進行體檢空腹抽血時，另外以含 EDTA 的抗凝血劑的真空抽血管抽取參與者 10 毫升的血液做為維生素 B-6 的生化評估。全血以 4°C、3000 rpm，10 分鐘的超高速離心機分離血漿(plasma)及血球(erythrocyte)。將上層液的血漿抽出分裝於 microtubes 儲存於-20°C 的冷凍箱直到分析。移除中間層的 buffy coat layer 後，下層的血球以 normal saline 均質化再以上述條件離心。離心後取得下層的血球分裝於 microtubes 儲存於-20°C 的冷凍箱直到分析。進行維生素 B-6 的生化分析時必須避光。

血漿磷酸吡哆醛濃度的分析是參考 Talwar 等人(51) 的方法，以高效能液相層析法 (high performance liquid chromatography；HPLC) 分析血漿 PLP 之濃度。使用之管柱為 synergic4u fusion-RP 80A (內徑 5µm，250 × 4.6 mm，

Phromenx，美國)。移動相(mobile phase)包含 60 mmol/L 的 NaH_2PO_4 ，內含 9.5 % methanol (v/v) 及 400 mg/L EDTA，並以 85% H_3PO_4 調整酸鹼值至 6.5。幫浦流速為 1.5 mL/min。螢光偵測器，excitation 波長為 380 nm，emission 波長為 450 nm。

紅血球轉胺酶活性分析主要是根據 Woodring 及 Strovick 的研究方法(52)。唯一不同之處是以 0.33 M 的 Tris buffer (pH 7.4)取代 0.1 M potassium phosphate。根據我們過去的經驗，EALT 及 EAST 活性會隨著樣本貯存的時間延長而降低其活性。避免影響研究的結果，因此所有收集到的樣品將於 2 天內分析完畢。

% stimulation =

$$\frac{\mu\text{g pyruvate / ml RBC per hr with PLP} - \mu\text{g pyruvate / ml RBC per hr without PLP}}{\mu\text{g pyruvate / ml RBC per hr without PLP}}$$

$$\text{EALT index} = \frac{\text{EALT} + \text{PLP}}{\text{EALT} - \text{PLP}}$$

EAST 活性的作法與計算方式相同，為其中 hemolysate 為 EALT 濃度的 1/10。

EALT-AC 的組間變異係數(inter-assay)為 4.91 % (n = 31) 及組內變異係數(intra-assay)為 2.54 % (n = 5)。EAST-AC 的組間變異係數(inter-assay)為 4.69 % (n = 31)及組內變異係數(intra-assay)為 3.28 % (n = 5)。

5. 甲硫胺酸負荷：

受試者於空腹抽血後進行甲硫胺酸負荷試驗(methionine loading test)。受試者於空腹抽血後口服 100 mg/kg body weight 的 L-甲硫胺酸，經過 2 小時後抽取受試者的 10 mL 全血。

6. 血漿同半胱胺酸的分析：

血漿 homocysteine 的分析主要是根據 Araki 及 Sako (53) 的方法，以高效能液相層析儀 (high performance liquid chromatography; HPLC) 來測量血漿同半胱胺酸及胱胺酸的含量。使用的分離管柱為 LiChrospher® 100 RP-18e (250 mm × 4 mm I.D, Merck)。移動相為 0.1 M KH₂PO₄，3.5% acetonitrile，pH=3.5，流速為 1.2 ml/min，螢光檢測器之 excitation 波長為 385 nm，emission 波長為 515 nm。

統計分析

所有的統計分析以 SigmaStat statistical software (version 2.01; Jandel Scientific, San Rafael, CA) 的統計軟體執行。以 Student *t*-test 比較男性及女性的營養素攝取量及各項維生素 B-6 營養狀況指標值的差異性。以 Pearson correlation coefficients 分析維生素 B-6 攝取量與各項營養狀況指標的相關性。計算本研究族群的半數 (50%) 健康男、女性受試者其維生素 B-6 營養狀況指標為足夠時 (plasma PLP = 20 nmol/L, EALT-AC = 1.2, EAST-AC = 1.8) 的維生素 B-6 攝取量 (EAR)，將各項指標值分別所求得的維生素 B-6 攝取量的 EAR 的平均值 × 1.2 以求得維生素 B-6 的建議量 (RDA)。統計結果以 $p \leq 0.05$ 代表具有統計上的意義。

肆、結果

一、受試者之基本資料：

所有受試者的基本資料列於表 1。共有 200 位健康受試者，其中有 100 位男性、100 位女性，年齡分布範圍在 31~49 歲。結果顯示男性的身高、體重、身體質量指數（BMI）、收縮壓及舒張壓顯著高於女性。另外男性與女性的年齡則無顯著差異。

二、營養素攝取情形：

受試者的營養素攝取情形列於表 2。結果顯示男性攝取的總熱量、蛋白質及醣類的平均值皆顯著高於女性，不過以三大營養素各佔總熱量的百分比加以比較，男性與女性並無統計上的差異。在維生素 B-6 攝取方面，男性與女性無顯著差異，而兩組的維生素 B-6 攝取量相當於台灣地區國人膳食營養素參考攝取量（Dietary Reference Intakes, DRIs, 行政院衛生署, 2002）所定義 31-50 歲中年人一天所需之攝取量（1.5 mg/d）。

三、血液檢驗值

受試者的血液檢驗值列於表 3。結果顯示兩組受試者血液檢驗平均值皆在正常範圍內，男性的 albumin、serum BUN and creatinine、serum GOT and GPT、serum triglyceride 和禁食血糖皆顯著高於女性。反之男性的 serum HDL-cholesterol 則顯著低於女性，在 serum total cholesterol 與 LDL-cholesterol，兩組之間無統計上差異。

四、維生素 B-6 營養狀況指標與血漿同半胱胺酸濃度

受試者的維生素 B-6 營養狀況指標與血漿同半胱胺酸之生化值列於表 4。結果顯示男性與女性的 EALT-AC 無統計上的差異，但女性的 EAST-AC 則顯著高於男性。有關血漿同半胱胺酸濃度部份，男性無論禁食或在甲硫胺酸負荷後的血漿同半胱胺酸濃度皆顯著高於女性。

五、各項維生素 B-6 營養狀況足夠指標時的維生素 B-6 攝取量

以 plasma PLP ≥ 20 nmol/L, EALT-AC < 1.25 , EAST-AC < 1.8 及空腹 Hcy < 15 $\mu\text{mol/L}$ 作為維生素 B-6 營養狀況足夠的指標，男女性的維生素 B-6 營養狀況足夠的人數及百分比的結果呈現於表 5。所有男女性血漿 PLP 濃度皆為足夠狀況；超過 90% 以上的男性及超過 85% 以上的女性其 EALT-AC 及 EAST-AC 的值皆為足夠。值得注意的各項維生素 B-6 營養狀況足夠時，男女性的維生素 B-6 攝取量皆高於 1.5 mg/d。

六、維生素 B-6 攝取量與各項營養指標的相關性

表 6 顯示維生素 B-6 攝取量與各項維生素 B-6 營養狀況指標的相關性。維生素 B-6 攝取量與各項維生素 B-6 營養狀況指標有顯著相關性（表 6）；但維生素 B-6 攝取量與血漿同半胱胺酸(Hcy)無顯著相關性 ($p > 0.05$)。

七、男、女性受試者維生素 B-6 營養狀況切點對維生素 B-6 攝取量的需要量

根據美國 DRI (1998) 及衛生署 DRI (2003) 定義 EAR，是指估計平均需要量值為滿足健康人群中半數的人所需要的營養素量。表 7 是計算本研究族群的半數 (50%) 健康男、女性受試者其維生素 B-6 營養狀況指標為足夠時 (plasma PLP \geq 20 nmol/L, EALT-AC $<$ 1.25, EAST-AC $<$ 1.8) 的維生素 B-6 平均需要量 (EAR) 分別為男性 1.3 mg/d，女性 1.3 mg/d，將 EAR \times 1.2 為維生素 B-6 建議量 (RDA)，則男性為 1.56 mg/d，女性為 1.55 mg/d。

表 1. 所有受試者之基本資料¹

Characteristics	Male (n=100)	Female (n=100)
Age (y)	42.58±5.03	41.68±5.69
Weight (kg)	74.058 ± 11.83	58.06±8.57 [*]
Height (cm)	170.65 ± 6.76	158.61 ± 5.67 [*]
Body mass index (kg/m ²)	25.39 ± 3.42	23.12 ± 3.57 [*]
Systolic blood pressure (mmHg)	121.36 ± 22.97	115.39 ± 19.88 [*]
Diastolic blood pressure (mmHg)	78.02± 11.82	73.08 ± 114.13 [*]

¹Values are means ± SD.

^{*}Values are significantly different between groups of male and female, $p < 0.05$.

表 2. 受試者之每日平均營養素攝取情形¹

Characteristics	Male (n=100)	Female (n=100)
Energy (kcal)	2108.01 ± 605.38	1817.47 ± 659.89*
Protein (g)	72.40 ± 24.97	60.49 ± 24.05*
Protein (% Total energy)	13.86 ± 3.44	13.50 ± 3.67
Fat (g)	74.18 ± 26.17	64.59 ± 27.22
Fat (% Total energy)	31.91 ± 7.72	32.25 ± 8.82
Carbohydrate (g)	274.42 ± 89.26	250.43 ± 104.79*
Carbohydrate (% Total energy)	52.64 ± 10.32	55.03 ± 10.94
Vitamin B-6 intake(mg/d)	1.69 ± 1.26	1.54 ± 0.92

¹Values are means ± SD.

*Values are significantly different between groups of male and female, $p < 0.05$.

表 3. 所有受試者之血液檢驗值¹

Variables	Male (n=100)	Female (n=100)
Albumin (g/dL) (normal:3.5-5.0g/dL)	4.74 ± 0.24	4.58 ± 0.24*
BUN (mg/dL) (normal:5-25 mg/dL)	14.66 ± 3.34	12.67 ± 3.33*
Creatinine (mg/dL) (normal:0.7-1.4 mg/dL)	1.15 ± 0.68	0.79 ± 0.11*
GOT (U / L) (normal: 8 – 38 U / L)	25.41 ± 9.37	18.79 ± 6.10*
GPT (U / L) (normal: 4 – 44 U / L)	31.17 ± 16.20	16.33 ± 6.81*
FBS (mg/dL) (normal: < 126 mg/dL)	98.13 ± 14.75	92.28 ± 10.44*
Serum total cholesterol (mg/dL) (normal:125 - 240mg/dL)	205.34 ± 40.95	198.94 ± 36.34
Serum triglyceride (mg/dL) (normal: 20 – 200mg/dL)	140.81± 75.69	92.16 ± 49.17*
Serum HDL cholesterol (mg/dL) (normal:> 35mg/dL)	49.83 ± 18.82	64.60 ± 14.62*
Serum LDL cholesterol (mg/dL) (normal: 130 – 160mg/dL)	122.55± 38.36	115.91 ± 30.11

¹Values are means ± SD. BUN, blood urea nitrogen; GOT, glutamic oxaloacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvate transaminase; FBS, fasting blood sugar.

*Values are significantly different between groups of male and female subjects, $p < 0.05$.

表 4. 所有受試者維生素 B-6 營養狀況指標與血漿同半胱胺酸濃度¹

Variables	Male (n=100)	Female (n=100)
Erythrocyte		
EALT-AC (normal: <1.25)	1.17 ± 0.07	1.19 ± 0.08
EAST-AC (normal: <1.8)	1.51 ± 0.21	1.57 ± 0.19*
Plasma		
PLP (nmol/L) (normal: > 20 nmol/L)	51.81 ± 25.55	46.94 ± 18.01
Fasting Hcy (µmol/L) (normal: < 15 µmol/L)	11.71 ± 5.62	9.70 ± 2.41*
PML Hcy	24.03 ± 9.91	20.31 ± 6.37*

¹Values are means ± SD. PLP, pyridoxal 5'-phosphate; EALT-AC, erythrocyte alanine aminotransaminase activity coefficient; EAST-AC, erythrocyte aspartate aminotransaminase activity coefficient; Hcy, homocysteine; PML Hcy, post methionine load homocysteine.

*Values are significantly different between groups of male and female, $p < 0.05$.

表 5. 各項維生素 B-6 營養狀況足夠指標時的維生素 B-6 攝取量¹

Vitamin B-6 status indicator	n	%	B-6 intake (mg/d)
Men			
Plasma PLP \geq 20 nmol/L	100	100 %	1.69 \pm 1.26
EALT-AC < 1.25	90	90 %	1.71 \pm 1.32
EAST-AC < 1.8	92	92 %	1.71 \pm 1.30
Fasting Hcy < 15 μ mol/L	88	88 %	1.71 \pm 1.33
Women			
Plasma PLP \geq 20 nmol/L	100	100 %	1.54 \pm 0.92
EALT-AC < 1.25	80	80 %	1.54 \pm 0.84
EAST-AC < 1.8	93	93 %	1.55 \pm 0.94
Fasting Hcy < 15 μ mol/L	95	95 %	1.56 \pm 0.93

¹Values are means \pm SD. PLP, pyridoxal 5'-phosphate; EALT-AC, erythrocyte alanine aminotransaminase activity coefficient; EAST-AC, erythrocyte aspartate aminotransaminase activity coefficient; Hcy, homocysteine.

表 6. 維生素 B-6 攝取量與各項營養指標的相關性¹

	Plasma PLP	EALT-AC	EAST-AC
			<i>r</i>
Vitamin B-6 intake	0.539	-0.578	-0.586
Plasma PLP		-0.660	-0.673
EALT-AC			0.672

¹Values are means \pm SD. PLP, pyridoxal 5'-phosphate; EALT-AC, erythrocyte alanine aminotransaminase activity coefficient; EAST-AC, erythrocyte aspartate aminotransaminase activity coefficient. $p < 0.05$

表 7. 男、女性維生素 B-6 需要量及建議攝取量¹

	Vitamin B-6 (mg/d) (95% CI)	
	EAR	RDA
Men		
Plasma PLP ≥ 20 nmol/L	1.3 (1.05, 1.55)	1.56 (1.31, 1.72)
EALT-AC < 1.25	1.3 (1.03, 1.57)	1.56 (1.28, 1.83)
EAST-AC < 1.8	1.3 (1.02, 1.57)	1.56 (1.29, 1.83)
Mean	1.3	1.56
Women		
Plasma PLP ≥ 20 nmol/L	1.29 (1.10, 1.47)	1.54 (1.36, 1.72)
EALT-AC < 1.25	1.31 (1.12, 1.50)	1.57 (1.38, 1.75)
EAST-AC < 1.8	1.29 (1.10, 1.48)	1.55 (1.36, 1.74)
Mean	1.3	1.55

¹PLP, Pyridoxal 5'-phosphate; EALT-AC, erythrocyte alanine aminotransaminase activity coefficient; EAST-AC, erythrocyte aspartate aminotransaminase activity coefficient; Hcy, homocysteine; EAR, estimated average requirement; RDA, recommended dietary allowance; CI, confidence interval.

伍、討論

本研究結果顯示維生素 B-6 攝取量，在 31-50 歲年齡層的攝取量稍高於 2002 年衛生署所公佈的國人膳食營養素參考攝取量的 1.5 mg/d，這顯示國人在維生素 B-6 攝取量已達到建議攝取量，但此攝取量是否符合人體需求量仍須由維生素 B-6 的營養生化指標作為重要根據。

依據 NAHSIT (1993 – 1996) 所分析的國人維生素 B-6 的營養生化指標之結果顯示國人維生素 B-6 的營養狀況缺乏比率高達 32.4%。19-44 歲的男性及女性其血漿 PLP 的濃度分別為 41.4 ± 3.6 及 36.5 ± 2.8 nmol/L (37)。而本研究結果發現在 31-50 歲的男、女性血漿 PLP 的平均濃度分別為 52 及 47 nmol/L，這顯示國人維生素 B-6 的營養狀況已有明顯改善。

一般研究維生素 B-6 的飲食建議攝取量的典型研究模式是以耗損-補充的方法進行。在臺灣因無 human metabolic unit 的研究環境，因此若要進行嚴謹的營養素耗損-補充的研究並不容易。因此本研究以血漿磷酸吡哆醛 ≥ 20 nmol/L、血球丙胺酸轉胺酶活性係數 < 1.25 、及血球天門冬胺酸轉胺酶活性係數 < 1.8 為切點，求得半數健康研究對象的各項維生素 B-6 營養狀況指標值所對應的維生素 B-6 平均需要量(EAR)，進而求得維生素 B-6 建議量(RDA)為男性 1.56 mg/d 及女性 1.55 mg/d。此建議量雖然稍高於目前衛生署所公佈的成年男性及女性的維生素 B-6 建議攝取量 1.5 mg/d，但因僅高 0.06 及 0.05 mg/d，因此認為目前的建議攝取量應是適當的。

陸、結論與建議

雖然行政院衛生署於 2002 年公佈了國人膳食營養素參考攝取量，但學者、專家在討論研擬的過程中卻發現有關本土的營養素需要量之基礎研究資料非常欠缺，因此使得大部分的營養素建議量的訂定必須完全依賴美國、日本、中國大陸等國之資料及相關之研究報告。本研究以台灣地區 31-50 歲成年男性及女性為受試者，建立本土的營養素需要量之基礎研究資料。研究結果顯示目前的維生素 B-6 膳食營養素參考攝取量應是適當的。

柒、參考文獻

1. Leklem JE. Vitamin B-6 metabolism and function in humans. In: Leklem JE, Reynolds RD, eds: *Clinical and Physiological Applications of Vitamin B-6*. New York: Alan R Liss Inc., 1988: 3-28.
2. Sabbarao K, Kakkar VV: Thrombin induced surface changes of human platelets. *Biochem Biophys Res Commun* 1979; 88: 470-476.
3. Chang SJ, Mak OT: The optimal levels of vitamin B-6 in platelet function and blood coagulation of rabbits. *Nutr Res* 1999; 19: 65-73.
4. Chang SJ: Vitamin B-6 protects vascular endothelial injury by activated platelets. *Nutr Res* 1999; 19: 1613-1624.
5. Chang SJ: Vitamin B-6 antagonists alter the function and ultrastructure of mice endothelial cells. *J Nutr Sci Vitaminol* 2000; 149-153.
6. Selhub J, Jacques PF, Wilson PW, Rush D, Rosenberg IH: Vitamin status and intake as primary determinants of homocysteinemia in an elderly population. *JAMA* 1993; 270: 2693-2698.
7. Robinson K, Arheart K, Refsum H, Brattstrom L, Boers G, Ueland P, Rubba P, Palma-Reis R, Meleady R, Daly L, Witteman J, Graham I: Low circulation folate and vitamin B-6 concentrations: risk factors for stroke, peripheral vascular disease, and coronary artery disease. European COMAC Group. *Circulation* 1998; 97: 437-443.
8. Ubbink JB, Vermaak WJH, van der Merwe A, Becker PJ: Vitamin B-12, vitamin B-6 and folate nutritional status in men with hyperhomocysteinemia. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 47-53.
9. Verhoef P, Stampfer MJ, Buring JE, Gaziano JM, Allen RH, Stabler SP, Reynolds RD, Kok FJ, Hennekens CH, Willett WC: Homocysteine metabolism and risk of myocardial infarction: relation with vitamin B-6, B-12

- and folate. *Am J Epidemiology* 1996; 143: 845-859.
10. Chang S-J, Chang C-N, Hsu J-C, Lee Y-S, Shen C-H: Homocysteine, vitamin B-6, and lipid in cardiovascular disease. *Nutr* 2002; 18: 595-598.
 11. Riggs KM, Spiro A 3rd., Tucker K, Rush D: Relations of vitamin B-12, vitamin B-6, folate and homocysteine to cognitive performance in the Normative Aging Study. *Am J Clin Nutr* 1996; 63: 306-314.
 12. La Rue A, Koehler KM, Wayne SJ, Chiulli SJ, Haaland KY, Garry PJ: Nutritional status and cognitive functioning in a normally aging sample. *Am J Clin Nutr* 1997; 65: 20-29.
 13. Dror Y, Stern F, Nemesh L, Hart J, Grinblat J: Estimation of vitamin needs-riboflavin, vitamin B-6 and ascorbic acid-according to blood parameters and functional-cognitive and emotional indices in a selected well-established group of elderly in a home for the aged in Israel. *J Am Coll Nutr* 1996; 15: 481-488.
 14. Leklem JE: Vitamin B-6. A status report. *J Nutr* 1990; 120: 1503-1507.
 15. Leklem JE, Reynolds RD. Challenges and directions in the search for clinical applications of vitamin B-6. In: Leklem JE, Reynolds RD, eds: *Clinical and physiological Applications of Vitamin B-6*. New York: AR Liss, 1988:437-454.
 16. Food and Nutrition Board – Institute of Medicine. Vitamin B-6. In: *Dietary Reference Intakes. Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B-6, Folate, Vitamin B-12, Pantothenic acid, Biotin, and Choline*. National Academy Press, Washington, DC. 2000; 150-195.
 17. Shultz TD, Leklem JE: Urinary 4-pyridoxic acid, urinary vitamin B-6 and plasma pyridoxal phosphate as measures of vitamin B-6 status and dietary intake in adults. In: Leklem JE, Reynolds RD, eds. *Methods in Vitamin B-6 Nutrition*. New York: Plenum Press, 1981: 297-320.
 18. Stampfer MJ, Malinow MR, Willett WC, Newcomer LM, Upson B, Ullmann

- D, Tishler PV, Hennekens CH: A prospective study of plasma homocyst(e)ine and risk of myocardial infarction in US physicians. *JAMA* 1992;268:877-881
19. Boushey CJ, Beresford SA, Omenn GS, Motulsky AG: A quantitative assessment of fasting plasma homocysteine as a risk factor for vascular disease. Probable benefits of increasing folic acid intakes. *JAMA* 1995; 274: 1049-1057.
 20. Bautista LE, Arenas IA, Penuela A, Martinez LX: Total plasma homocysteine level and risk of cardiovascular disease: a meta-analysis of prospective cohort studies. *J Clin Epidemiol* 2002; 55: 882-887.
 21. Robinson K, Mayer EL, Miller DP, Green R, van Lente F, Gupta A, Kottke-Marchant K, Savon SR, Selhub J, Nissen SE: Hyperhomocysteinemia and low pyridoxal phosphate. Common and independent reversible risk factors for coronary artery disease. *Circulation* 1995; 92: 2825-2830.
 22. Verhoef P, Stampfer MJ, Buring JE, et al: Homocysteine metabolism and risk of myocardial infarction: relation with vitamin B-6, B12, and folate. *Am J Epidemiol* 1996; 143: 845 -859.
 23. Morrison HI, Schaubel D, Desmeules M, Wigle DT: Serum folate and risk of fatal coronary heart disease. *JAMA* 1996; 275: 1893-1896.
 24. Lee BJ, Lin PT, Liaw YP, Chang SJ, Cheng CH, Huang YC: Homocysteine and risk of coronary artery disease: Folate is the important determinant of plasma homocysteine concentration. *Nutr* 2003; 19: 577-583.
 25. Brattström L, Israelsson B, Norrving B, Bergqvist D, Thorne J, Hultberg B, Hamfelt A: Impaired homocysteine metabolism in early-onset cerebral and peripheral occlusive arterial disease. Effects of pyridoxine and folic acid treatment. *Atherosclerosis* 1990; 81: 51-60.
 26. Dudman NP, Wilcken DE, Wang J, Lynch JF, Macey D, Lundberg P: Disordered methionine/homocysteine metabolism in premature vascular disease. Its occurrence, cofactor therapy, and enzymology. *Arterioscler*

- Thromb* 1993; 13: 1253-1260.
27. Ubbink JB, van der Merwe A, Delport R, Allen RH, Stabler SP, Riezler R, Vermaak WJ: The effect of a subnormal vitamin B-6 status on homocysteine metabolism. *J Clin Invest* 1996; 98: 177-184.
 28. Miller LT, Leklem JE, Shultz TD: The effect of dietary protein on the metabolism of vitamin B-6 in humans. *J Nutr* 1985; 115: 1663-1672.
 29. Hansen CM, Leklem JE, Miller LT: Vitamin B-6 status of women with a constant intake of vitamin B-6 changes with three levels of dietary protein. *J Nutr* 1996; 126: 1891-1901.
 30. Lumeng L, Brashear RE, Li T-K: Pyridoxal 5'-phosphate in plasma: source, protein binding, and cellular transport. *J Lab Clin Med* 1974; 84: 334-43.
 31. Pannemans DL, van der Berg H, Westerterp KR: The influence of protein intake on vitamin B-6 metabolism differs in young and elderly humans. *J Nutr* 1994; 124: 1207-1214.
 32. 張素瓊、黃怡嘉、邱郁婷。年輕素食者與非素食者蛋白質攝取對維生素 B-6 營養狀況的影響。中華民國營養學會雜誌。2002; 27: 195-201.
 33. Guthrie HA, Scheer JC: Nutritional adequacy of self-selected diets that satisfy the four food group guide. *J Nutr Educ* 1981; 13: 46-49.
 34. Pao EM, Mickle SJ: Problem nutrients in the United States. *Food Technol* 1981; 36: 58-68.
 35. Jenkins RM, Guthrie HA. Identification of index nutrients for dietary assessment. *J Nutr Educ* 1984; 16: 15-18.
 36. Kant AK, Block G: Dietary vitamin B-6 intake and food sources in the US population: NHANES II, 1976-80. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 707-16.
 37. 行政院衛生署。1993-1996 國民營養狀況變遷調查 (Nutrition and Health Survey in Taiwan, NAHSIT, 1993-1996)。民國 87 年。

38. 張素瓊。維生素 B-6 每日營養素建議攝取量及其說明。第五修訂版。行政院衛生署，pp. 56-70。
39. 李寧遠、朱裕誠、張志平、謝明哲、高美丁：民國七十五年至七十七年台灣地區膳食營養狀況調查，中華營誌。1991; 16: 39-60.
40. 行政院衛生署。每日營養素建議攝取量及其說明。第五修訂版。民國 82 年 8 月。
41. 行政院衛生署。國人膳食營養素參考攝取量及其說明。修訂第六版。民國 92 年 9 月。
42. Donald EA, McBean LD, Simpsons MHW, Sun MF, Aly HE: Vitamin B-6 requirement of young adult women. *Am J Clin Nutr* 1971; 24: 1028-1041.
43. Shin HK, Linkswiler H: Tryptophan and methionine metabolism of adult females as affected by vitamin B-6 deficiency. *J Nutr* 1974; 104: 1348-1355.
44. Miller LT, Leklem JE, Shultz TD: The effect of dietary protein on the metabolism of vitamin B-6 in humans. *J Nutr* 1985; 115: 1663-1672.
45. Kretsch MJ, Sauberlich HE, Skala JH, Johnson HL: Vitamin B-6 requirement and status assessment: young women fed a depletion diet followed by a plant- or animal-protein diet with graded amounts of vitamin B-6. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 1091-1101.
46. Huang YC, Chen W, Evans MA, Mitchell ME, Shultz TD: Vitamin B-6 requirements and status assessment of young women fed a high-protein diet with varying levels of vitamin B-6. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 208-220.
47. Ribaya-Mercado JD, Russell RM, Sahyoun N, Morrow FD, Gershoff SN: Vitamin B-6 requirements of elderly men and women. *J Nutr* 1991; 121: 1062-1074.
48. Meydani SN, Ribaya Mercado JD, Russell RM, Sayhoun N, Morrow FD, Gershoff SN: Vitamin B-6 deficiency impairs interleukin 2 production and lymphocyte proliferation in elderly adults. *Am J Clin Nutr* 1991; 53:

1275-1280.

49. Chang SJ, Huang YC, Hsiao LJ, Lee YC, Hsuen SY: Determination of vitamin B-6 estimated average requirement and recommended dietary allowance for children aged 7-12 years using vitamin B-6 intake, nutritional status and anthropometry. *J Nutr* 2002; 132: 3130-3134.
50. Chang SJ, Hsiao LJ, Hsuen SY: Assessment of vitamin B-6 estimated average requirement and recommended dietary allowance for adolescents aged 13-15 years using vitamin B-6 intake, nutritional status and anthropometry. *J Nutr* 2003; 133: 3191-3194.
51. Talwar D, Quasim T, McMillan DC, Kinsella J, Williamson C, O'Reilly DS: Optimisation and validation of a sensitive high-performance liquid chromatography assay for routine measurement of pyridoxal 5-phosphate in human plasma and red cells using pre-column semicarbazide derivatisation. *J Chromatogr B* 2003; 792: 333-343.
52. Woodring MJ, Storvick CA: Effect of pyridoxine supplementation on glutamic-pyruvic transaminase, and in vitro stimulation in erythrocytes of normal women. *Am J Clin Nutr* 1970; 23: 1385-1395.
53. Araki A, Sako Y: Determination of free and total homocysteine in human plasma by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J Chromato* 1987; 422: 43-52.