

骨質健康與營養

陳昭瑩^{1,2} 簡盟月² 鄭金寶^{3,*}

全世界都進入高齡化社會，臺灣也無法倖免。物理治療師的獨立執業與走入社區，並且跨入健康促進是現代的趨勢。在這個趨勢下，物理治療師將站在第一線，面臨提供社區民眾健康諮詢與提供老年人全面性健康照護的挑戰。骨質疏鬆是老年人口的一大健康問題，骨質保健與運動將是物理治療師進行社區衛教中很重要的主題之一。骨質受遺傳與環境因素影響，環境因素包括運動與飲食。具有飲食對骨質健康影響之知識，將可以提升物理治療師加強社區民眾與老年人骨質健康的能力，進而提升對他們的整體健康照護。本文彙整對骨質健康有影響的營養素。蛋白質，多元不飽和脂肪酸，複合碳水化合物(多醣類)，礦物質鈣與磷，微量元素氟、錳與銅，維生素B群、C、D、E、與K對骨質健康有正面的效果。脂質、單一碳水化合物(葡萄糖與蔗糖)、過多的鈉對骨質健康則是負面的影響。維生素A的攝取量，則是呈現倒U形反應：過量與過低的攝取量都會對骨質健康造成傷害。透過本篇的整理發現，不只是鈣質與維他命D，許多營養素都與骨質健康有關係。以營養學角度來說，平衡飲食絕對是促進骨質發育與維持骨質健康的不二法門。物理治療師若同時能掌握運動專長與基本的營養學知識，將能提昇其提供完整社區健康服務的能力。(物理治療 2016;41(1):20-27)

關鍵詞：骨質疏鬆、營養

前 言

台灣早在1993年進入高齡化社會，即65歲以上者佔人口7%；且老年人口比例逐年上升。根據內政部統計處中華民國104年6月的資料顯示，65歲以上者佔人口12.2%。衛福部國民健康署預估在2025年，65歲以上者達20%，臺灣進入超高齡社會；屆時，平均每5人中就有一位65歲以上老人。隨著超高齡的社會即將來臨，對於骨質疏鬆議題的關注是必然的趨勢。物理治療師在醫療照護的知識上，對於骨骼健康一定要有基本的認識。

骨骼是不斷進行再塑循環(remodeling cycle)的動態組織，在再塑循環中，破骨細胞進行吸收作用，造骨細胞進

行造骨作用；兩個作用間維持一個動態平衡(圖1)。當骨再塑作用失去動態平衡，如停經後的女性，會因為雌激素的快速減少而無法有效抑制破骨細胞的活性時，形成骨細胞吸收作用大於造骨作用，就會造成骨質流失的現象。¹

骨質疏鬆是一種系統性骨質流失的現象，導致骨骼礦物質密度降低進而增加骨折的危險性。影響巔峰骨量(peak bone mass)的因素可分為遺傳、內分泌及環境因子。環境因子包含營養與體能活動。其中遺傳因素的影響可能高達70-80%，²但是環境因素的影響力也很重要，因為環境效應是可改變的，而且增加骨質可降低發生骨折的風險。³

物理治療師獨立執業與走入社區，並跨入健康促進是社會趨勢，這個趨勢下物理治療師將站在第一線面臨民

¹ 台灣大學附設醫院物理治療中心

² 台灣大學醫學院物理治療學系暨研究所

³ 台灣大學附設醫院營養室

通訊作者：鄭金寶 臺灣大學附設醫院營養室 10002臺北市中正區中山南路7號

電話：(02)23123456 電子信箱：001705@ntuh.gov.tw

收件日期：104年8月1日 修訂日期：104年10月9日 接受日期：104年10月19日

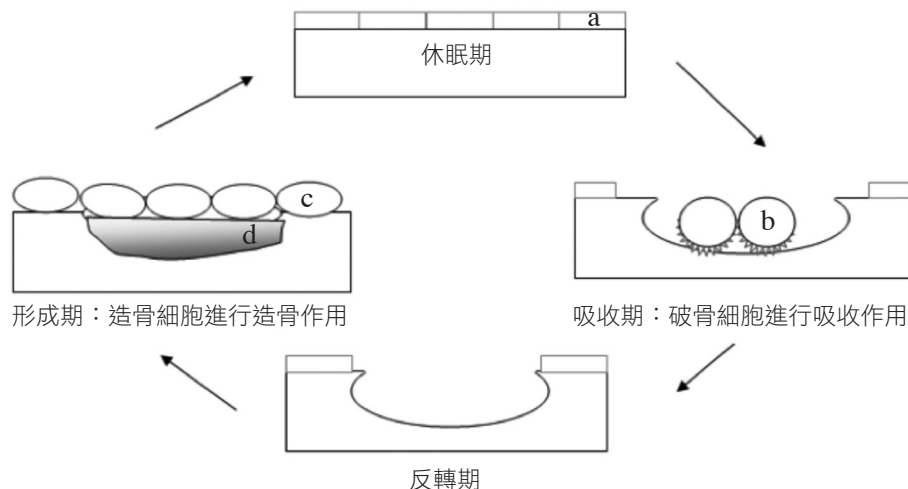


圖1. 骨再塑循環 (bone remodeling cycle)

休眠期：骨表面有一薄層的襯裡細胞 (lining cell, 圖1中a扁平狀細胞), 是休眠期沒有分泌功能的造骨細胞；吸收期：破骨細胞 (圖1中b有波浪狀皺摺邊緣的細胞) 進行骨吸收作用, 將骨蝕刻出凹槽；反轉期：由骨吸收期轉換到骨形成期的過渡階段；形成期：造骨細胞 (圖1中c橢圓形, 排列如柵欄) 進行分泌作用, 產生類骨質 (osteoid, 圖1中d區域部分, 是未礦物質化的基質)。

眾的健康諮詢。骨質保健與運動是物理治療師進行社區衛教中很重要的主題之一, 雖然現在中小型醫院裡都有營養師的諮詢門診, 但社區物理治療師可能無法獲得立即的跨領域團隊夥伴支援, 因此物理治療師必須對相關營養議題有初步認識, 才能提供民眾正確且有效的骨骼健康促進計畫。本文將針對骨質健康有影響的營養素進行整理與討論。

營養素有巨量營養素與微量營養素兩大類。營養素需求量以克為單位者, 稱為巨量營養素, 包括蛋白質、脂質、醣類三種; 主要是提供身體熱量的營養素。營養素需求量以毫克 (mg) 或微克 (μg) 為單位者, 稱為微量營養素, 包括維生素與礦物質。微量營養素對人類身體而言, 雖然需求量很少, 缺乏時, 對健康的影響頗大。⁴ 以下分別整理骨質健康有影響的巨量與微量營養素。

對骨質健康有影響的巨量營養素 蛋白質

蛋白質是組成骨骼組織有機構造中最主要的成分, 且蛋白質會影響類胰島素生長因子-1 (insulin-like growth factor (IGF)-1) 的濃度, 是促進骨質代謝反應中的造骨作用。⁵ 早期研究觀察到高蛋白飲食者有高鈣尿現象 (calciuria), 因此推論: 攝取過多蛋白質會使的體內的代謝酸性產物過多, 體內組織會釋出較多的鈣離子以達到體內代謝的酸鹼平衡, 因而推論高蛋白飲食 (>2克蛋白質/公斤體

重) 會加速骨質分解出鈣離子, 在骨質代謝中, 是提高對骨質的吸收反應, 所以會造成尿液中鈣濃度上升的現象。⁶ 因此有很長一段時間認為攝取過多的蛋白質會加速骨質流失。然而有大型的骨質疏鬆研究觀察發現, 蛋白質的攝取與減緩老年人的骨質流失有正面的相關。⁷ 目前有一派學者認為高蛋白飲食對體內鈣的代謝作用是提升腸道系統對鈣的吸收作用, 因為鈣離子再吸收多, 所以會觀察到高尿鈣的現象, 但是並不會因此造成骨中鈣的流失 (主要的副作用是對腎臟的負擔增加, 因此有腎臟疾病的人不宜)。反之, 在慢性腎臟病人所採用的低蛋白飲食 (0.7-0.8克/公斤) 環境下, 會使副甲狀腺素分泌增加, 進一步造成腸道對鈣質的吸收降低, 即使服用鈣片類之健康補充劑, 仍然會因為腸道的吸收能力下降而造成體內的鈣質不足。⁸⁻¹⁰ 有關高蛋白飲食對骨質健康的議題仍持續有爭論, 正反意見都有,¹¹⁻¹² 目前的共識是除了有腎臟功能疾病的患者外, 足夠的蛋白質攝取絕對是維護骨質健康的營養攝取。⁸

有關不同來源的蛋白質對骨質健康影響的議題爭議還是時有所聞。有關植物性蛋白質與動物性蛋白質對於骨質健康影響差異的研究結果, 目前認為蛋白質飲食對鈣質代謝的作用, 來自蛋白質會影響腸道對鈣質的吸收能力。而研究顯示不論來源為何, 足夠的蛋白質營養素的攝取, 都會讓腸道對鈣質的吸收提升, 對於骨質健康都是正面的效果。¹³

目前一致認為足夠與適量的蛋白質對骨質健康與骨質疏鬆預防的重要性與鈣質和維生素D一樣重要。含動物性蛋白質有牛奶、雞蛋、魚類、肉類、奶製品等；含植物性蛋白質主要是豆類（如黃豆、皇帝豆、碗豆等）。我國衛福部建議，每人每日蛋白質之攝取量應占總攝取熱量的12%（10-15%）。⁴

脂質

因為飽和脂肪酸會與鈣質在腸道內結合成無法吸收的化合物，導致鈣質的吸收能力下降；所以雖然沒有確實的證據顯示脂肪攝取會造成骨質健康影響，長期以來的傳統觀念上還是會建議減少脂肪攝取，是對鈣吸收與骨質有正面保護的效益。¹⁴ 直到2006年Corwin的一篇針對飽和脂肪酸攝取與骨質密度的流行病學調查（個案數達14850例），有了更進一步的證據發現此推論：在調整過年齡、性別、身高、體重、種族、能量與鈣質攝取、進行載重運動等因素後，年齡小於50歲的男性族群中，攝取飽和脂肪酸最高的與最低的組別相比，股骨頸的骨密度（bone mineral density, BMD）減少4.3%，達統計上有意義的數值。¹⁵

但是並非所有的脂質都對骨質有不好的影響。在動物實驗中發現：多元不飽和脂肪酸（polyunsaturated fatty acids），如魚油與亞麻籽油，可以抑制破骨作用提升造骨作用。¹⁶ 而在人體試驗中，也已經發現多元不飽和脂肪酸的攝取，會使體內骨再吸收的生物指標降低（serum concentrations of N-telopeptides, NTx）；証實可以對骨質有保護的效果。¹⁷

含脂質的食物來源可以分為可見脂肪與不可見脂肪。可見脂肪是用來製備或料理食物的各種油：動物性的豬油、牛油、雞油、奶油，以及植物性的大豆油、玉米油、葵花油、椰子油等。不可見脂肪則指含於食物中不易辨識的油脂，如各種肉類與奶製品中、花生、黃豆、芝麻、核仁等堅果食物中。我國衛福部建議，每人每日脂質攝取量應低於總攝取熱量的30%。⁴

單一碳水化合物（simple carbohydrate）

單醣（葡萄糖，monosaccharide glucose）與雙醣（蔗糖，disaccharide sucrose）

有關葡萄糖與蔗糖對鈣的代謝與骨質強度的研究有相當多，一致的結論都是會造成腎臟對鈣質分泌的增加與再吸收能力的降低，¹⁸ 並且動物實驗中也發現這對鈣質代謝的影響會進一步影響骨質的強度；餵食高蔗糖的實驗鼠，在調整過體重因素後，脛骨與股骨出現明顯的骨頭強度下降的現象，尤其是對雌鼠的影響更明顯。¹⁹ 進一步的研究

以高脂肪與高糖飲食看到更明顯影響，不論是短期的餵食（10週）或者是長達2年的餵養，²⁰ 都可以看到這種飲食攝取對長骨與脊椎骨骨密度的負面影響。²¹

複合碳水化合物（多醣，complex carbohydrate）

多醣對鈣質吸收的影響是正面的。研究發現，多攝取水果與蔬菜中的多醣，可以加強鈣質的吸收，同時蔬菜水果中的鉀，也可以協助中和體內的代謝酸性。²² 雖然還不是很清楚多醣對鈣質吸收的正面影響是否能對骨質代謝有達到影響的能力，但是已有研究發現，菊澱粉（多醣類）的攝取不僅在短短8周後（鈣同位素的測定），即可發現加強鈣質吸收的證據；且經過一年的飲食控制，攝取多醣組的男性青少年確實有較高的全身骨質量與骨質密度值。²³

根據衛福部的建議，醣類的攝取量應佔每日攝取總熱量的58%（50-65%），而且精製蔗糖的攝取量以不佔每日攝取總熱量的10%為原則，⁴ 應多選擇多醣類。全穀根莖類為主要的多醣類食物來源；至於牛奶、調味奶、乳酸菌飲料、乳酪等則含雙醣中的乳糖或蔗糖；高麗菜、甜菜與胡蘿蔔等蔬菜類含有少量的果糖及葡萄糖；水果類則含有蔗糖或果糖級單醣。

對骨質健康有影響的微量營養素

礦物質

鈣質（Calcium）

體內鈣99%以上都分佈在骨骼和牙齒中，主要以氫磷灰石結晶形式存在。體內有相當穩定機制可保留鈣和維持細胞外液中鈣濃度的機制，因為鈣生理學功能對維持生物體功能運作非常重要。當飲食鈣嚴重缺乏時，體內的副甲狀腺素分泌會上升，如此可造成三種影響，一會促使維生素D的活化，以加強體內對鈣的吸收；二是提高腎臟對鈣離子再吸收率；三是加速骨質分解，以釋出鈣離子，保持血鈣穩定。所以若是飲食攝取的鈣質不足，就會有骨質流失的風險。尤其是老人家、停經後婦女等有骨質流失的高危險群，若能攝取足夠的鈣質，已有證據顯示可以增加骨質密度、降低骨折的風險。²⁴⁻²⁵ 但是攝取過多鈣質可能會有抽筋、便秘等副作用；也有報告顯示可能有產生心血管疾病的風險，是值得注意的。²⁶⁻²⁷ 根據我國國人膳食營養素參考攝取量（Dietary Reference Intake, DRIs）之建議，每日不宜超過2500毫克。⁴

一般而言，鈣含量豐富的食物並不多見，西方食物中的牛奶、麵包、乾酪、沙丁魚等含鈣量較高；而東方的主食為米食類，含鈣量很少；主要攝取來源為深色蔬菜、乳製品、或者冰品飲料類的添加。

磷 (Phosphorus)

磷是體內僅次於鈣質的礦物質，在人體與鈣質形成磷酸鈣，是骨質與牙齒的主要成分。磷缺乏或者是過高都會導致鈣質的吸收不良，而導致骨質流失。磷廣泛的存在於自然界中，肉、魚、蛋、奶，以及豆類、穀類、蔬菜類等都含有豐富的磷；一般而言人體缺磷情形並不多見。⁴

鈉 (Sodium)

鈉離子在體內扮演的是維持細胞內為之滲透壓、水分與酸鹼平衡。當鈉過高時，腎臟會加強分泌作用，連帶會使鈣離子也被分泌流失，這是鈉離子過高對骨質的負面影響。²⁸ 一旦體內的鈉過高，若是沒有攝取足夠的鈣質，則體內會分解骨質來平衡鈣濃度，進一步將造成骨質流失。

我國 DRIs 的建議是每日攝取量不超過 2400 毫克 (約 1.2 茶匙量) 為最適當。目前膳食中鈉的攝取都是過高的問題，尤其是東方飲食文化中的醬油與味精，或者是在食物的加工與貯備過程中所加入的食鹽，都含有大量的鈉。我們應該鼓勵推行「淡食運動」，多攝取天然食物，避免加工與調理食品，以降低其中看不見的鈉量。⁴

氟 (Fluorine)

氟是微量元素 (Microelement, 需求量 <100 毫克/天)。體內大部分的氟是存在骨骼之中，對骨質的穩定與硬化十分重要。氟的攝取量高，骨質的密度亦較高。食物中氟含量很低，水中的氟是膳食中氟的主要來源。⁴

錳 (Manganese)、銅 (Copper)

錳與銅是微量元素，主要功能是做為代謝與合成反應的酶與催化劑。錳缺乏被認為會造成骨骼形成不良，⁴ 而銅缺乏會造成骨質脫礦化，⁴ 且研究發現當飲食習慣中有較高的錳與銅等微量元素時，與較高的骨質密度有正面的相關。²⁹ 膳食中主要錳的來源是蔬菜、水果、穀類、堅果類、豆類、茶葉與內臟。但是國人錳與銅攝取的量與建議值並無資料可供參考。⁴

維生素

對骨質健康有影響的維生素有維生素 A、D、E、K、B 群與 C 等，對骨質健康分別有正面與負面的作用，³⁰ 以下將分別介紹：

維生素 A

維生素 A 分為兩種，一種是來自動物性食物的維生素 A 酸 (Retinoids)，一種是來自植物性食物的類胡蘿蔔素

(Carotenoids)。類胡蘿蔔素不具毒性，但是維生素 A 酸攝取過量是有毒性的。常見的維生素 A 過多症是因為服用魚肝油或維生素 A 補充品，孕婦容易產下畸形胎兒，另外會有厭食、皮膚乾燥、脫皮、過敏、頭痛、肝臟與脾臟腫大、骨骼與關節疼痛、以及容易發生骨折。^{4,31} 也有學者研究發現過量與缺乏維生素 A 對骨質密度都有不良的影響。³² 但是目前維生素 A 對於骨質健康研究的證據目前並無定論，未來需要有更多的研究釐清其對骨質的功效與毒性。³⁰ 我國 DRIs 建議的攝取量為男性 600 μ g 視網醇當量 (retinol equivalent, RE)、女性 500 μ g RE；上限攝取量為 3000 μ g RE)。根據研究國人的攝取量皆高過 DRIs 之建議攝取量。⁴ 維生素 A 的食物來源為肉類、魚類、蛋與動物性油脂。

維生素 D

維生素 D 主要功能是維持體內的鈣與磷的恆定作用。作用的機轉包括維生素 D 可以刺激小腸對鈣與磷的再吸收，也可以促進腎臟對鈣與磷的再吸收。當維生素 D 缺乏時，會刺激副甲狀腺素分泌增加，進而促進骨質的再吸收以釋出鈣離子來維持血鈣濃度恆定。所以維生素 D 缺乏會導致鈣流失。補充維生素 D 與鈣質已經是對停經後婦女預防與治療骨質疏鬆的標準治療方式。³³ 維生素 D 是脂溶性，與維生素 A 一樣，當攝取過量時會產生毒性。根據我國 DRIs 定的攝取上限為 50 微毫克 (一微毫克 = 40 國際單位)。⁴

維生素 D 食物來源為魚肝、魚油。

維生素 E

維生素 E 是體內最主要的脂溶性抗氧化物。活性氧與自由基可能是造成人體許多疾病與老化的重要原因，包括骨質。研究發現氧化壓力會加速骨質的再吸收過程。³⁴ 研究發現抗氧化維生素 E 對骨質的保護效果 (髖關節骨折的比例) 在有抽菸的族群中最明顯，但是對不曾吸菸的人則沒有效果。³⁵

維生素 E 食物來源為小麥胚芽油與棕櫚油等植物油。

維生素 K

維生素 K 是骨骼再塑過程中，造骨作用中礦物化過程中所必需的維生素，³⁶ 一個追蹤長達 10 年的研究發現，在調整過維生素 D 與鈣質的攝取量後，飲食中維生素 K 攝取較低者，髖關節骨折比例較高。³⁷ 但是 2013 年一篇統整分析結果發現，食用維生素 K 補充品後，對於增加骨質密度與降低骨折風險的證據不足，還需要進一步的臨床研究。³⁸ 我國 DRIs 建議攝取量 19 到 50 歲的男性為 120 微克、

女性為 90 微克；因為並未有副作用報告，所以維生素 K 並未訂有攝取上限值。⁴

維生素 K 食物來源為肝臟與綠色蔬菜，如青花菜、甘藍、包心菜、蘆筍。

維生素 B 群

維生素 B2 的功能主要是擔任輔酶的角色，與體內的新陳代謝與能量釋出反應有關，若是缺乏維他命 B 群，尤其是其中的葉酸 (Folic acid)，會造成體內合成必需胺基酸

的功能降低，導致代謝過程的中間產物留滯體內，如同半胱胺酸 (homocysteine, Hcy)。近幾年有研究發現 Hcy 血中濃度高與老年性之骨質疏鬆有關。³⁹⁻⁴⁰ 維他命 B 群的攝取被認為與降低 Hcy 值有關的維生素。⁴¹ 也有研究發現在調整過骨質、營養、活動與腎臟功能等因素後，高 Hcy 值與老年女性股骨骨質流失有正相關。⁴² 雖然也有研究並沒有得到一致的結論，⁴³ 因此未來還需要更多的臨床研究的投入。

維生素 B1 的主要食物來源為畜產肉品，其次為深色蔬菜、新鮮水果、米麥製品等。維生素 B2 則主要食物來

表 1. 對骨質健康有影響的營養素 (以成年人每日需求為例)

營養素	食物來源	對骨質健康/建議攝取量
巨量營養素		
蛋白質	牛奶、雞蛋、魚類、肉類、奶製品、豆類 (如黃豆、皇帝豆、碗豆等)	正面/攝取總熱量的 10-15%；(注意，慢性腎臟病人必須減少蛋白質的攝取。)
多元不飽和脂肪酸	魚油、亞麻籽油	正面/攝取總熱量的 1-2%
複合碳水化合物 (多醣類)	全穀根莖類	正面/攝取總熱量的 50-65%
脂質	各種烹飪用油等。 不可見脂肪則指含於食物中不易辨識的油脂，如各種肉類與奶製品中、花生、黃豆、芝麻、核仁等堅果食物中等。	負面/攝取總熱量的 30% 以下
單一碳水化合物 (葡萄糖與蔗糖)	牛奶、調味奶、乳酸菌飲料、乳酪等含雙糖中的乳糖或會添加蔗糖；高麗菜、甜菜與胡蘿蔔等蔬菜類含有少量的果糖及葡萄糖；水果類則含有蔗糖或果糖級單糖。	負面/不超過攝取總熱量的 10%
微量營養素		
礦物質		
鈣	牛奶、麵包、乾酪、沙丁魚	正面/1000 毫克
磷	磷廣泛的存在於自然界中，肉、魚、蛋、奶，以及豆類、穀類、蔬菜類等都含有豐富的磷	正面/800 毫克，國人飲食中已充足
氟	食物中氟含量很低，水中的氟是主要來源	正面/3.0 毫克
銅、錳、	綠色蔬菜：菠菜、萵苣、穀類、內臟與堅果類	正面/需求少於 100 毫克
鈉	醬油與味精，或者是在食物的加工與貯備過程中所加入的食鹽，都含有大量的鈉	負面/攝取量 <2400 毫克 (約 6 克食鹽，國人食鹽攝取量女性 8.9 克，男性 11.4 克)
維生素		
B 群	B1：畜產肉品，其次為深色蔬菜、新鮮水果、米麥製品等。 B2：乳製品與全穀類食品。	正面/多攝取蔬菜水果與全穀類食物及可充足獲得
C	水果與蔬菜	正面/100 毫克，國人攝取量超過建議值
A	肉類、魚類、蛋與動物性油脂	倒 U 形反應，過與不及都不好/男性 600µgRE、女性 500µgRE，國人攝取量超過建議值
D	魚肝、魚油	正面/攝取上限 50 微克 最低有效骨值防治劑量為 800 國際單位
E	小麥胚芽油與棕櫚油等植物油	正面/國人飲食中不缺
K	綠色蔬菜、肝臟	正面/男性 120 微克、女性 90 微克

源為乳製品與全穀類食品。

維生素C

維生素C是很好的抗氧化還原劑，且在體內扮演輔酶的角色，有促進膠原蛋白合成的功能，與骨基質形成、骨母細胞(Osteoblast)分化皆有相關。⁴⁴有關維生素C攝取量與骨質密度相關性的研究結果並不一致，且可以發現維生素C對骨質的影響受很多環境因素的交互作用，包括抽菸與否、鈣質的攝取量、是否進行停經後荷爾蒙治療、維生素E的攝取量等等。⁴⁵⁻⁴⁷這些都需要再更進一步的臨床觀察與研究。

維生素C的主要食物來源為水果與蔬菜。

結 論

巨量營養素中的蛋白質、多元不飽和脂肪酸與複合碳水化合物(多醣類)的攝取，對骨質健康有正面的效果；脂質與單一碳水化合物(葡萄糖與蔗糖)對骨質健康則是負面的影響。在微量營養素中的礦物質，以鈣、磷、氟、與錳的攝取，對骨質是正面的影響；而鈉則是造成骨質流失的營養素。在維生素方面，維生素D是一致認為對骨質健康是正面的影響；維生素A的攝取量，則是呈現倒U形反應：過量與過低的攝取量都會對骨質健康造成傷害；維生素B群、C、E、與K則是有部分證據顯示與骨質健康有關係，但是證據並不一致。

透過本文的整理發現(表1)，除了熟知的鈣質與維生素D，相當多的營養素都與骨質健康有關，以營養學角度來說，均衡飲食絕對是維持骨質健康的不二法門。物理治療師若能掌握影響骨質健康的營養學知識，配合運動處方，相信可以給與民眾更完整的骨骼保健衛教，達到骨骼健康，活躍老化的目標。

參考文獻

1. Harada SI, Rodan GA. Control of osteoblast function and regulation of bone mass. *Nature* 2003;423:349-55.
2. Eastell R, Lambert H. Diet and health bones. *Calcif Tissue Int* 2002;70:400-4.
3. Unnanuntana A, Gladnick BP, Donnelly E, Lane JM. The Assessment of Fracture Risk. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:743-53.
4. 謝明哲、胡淼琳、楊素卿、陳俊榮、徐成金、陳明汝。實用營養學。五版。台北：華杏出版社；2014。
5. Heaney RP, Donald K Layman DK. Amount and type of protein influences bone health. *Am J Clin Nutr* 2008;87(suppl):1567S-70S.
6. Bengoa JM, Sitrin MD, Wood RJ, Rosenberg IH. Amino acid-induced hypercalciuria in patients on total parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr* 1983;38:264-9.
7. Hannan MT, Tucker KL, Dawson-Hughes B, Cupples LA, Felson DT, Kiel DP. Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: The Framingham Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res* 2000;15:2504-15.
8. Calvez J, Poupin N, Chesneau C, Lassale C, Tome D. Protein intake, calcium balance and health consequences. *Eur J Clin Nutr* 2012 ;66:281-95.
9. Kerstetter JE, O'Brien KO, Insogna KL. Dietary protein, calcium metabolism, and skeletal homeostasis revisited. *Am J Clin Nutr* 2003; 78(suppl):584S-92S.
10. Kerstetter JE, O'Brien KO, Insogna KL. Dietary protein affects intestinal calcium absorption. *Am J Clin Nutr* 1998;68:859-65.
11. Delimaris J. Adverse Effects Associated with Protein Intake above the Recommended Dietary Allowance for Adults. *ISRN Nutr*. 2013;2013:126929.
12. Pasiakos SM. Metabolic advantages of higher protein diets and benefits of dairy foods on weight management, glycemic regulation, and bone. *J Food Sci* 2015;80: Suppl 1:A2-7.
13. Bonjour JP. Dietary protein: An essential nutrient for bone health. *J Am Coll Nutr* 2005 Dec;24(suppl):526S-36S.
14. French CE. The interrelation of calcium and fat utilization in the growing albino rat. *J Nutr* 1942;23:375-84.
15. Corwin RL, Hartman TJ, Maczuga SA, Graubard BI. Dietary saturated fat intake is inversely associated with bone density in humans: Analysis of NHANES III. *J Nutr* 2006;136:159-65.
16. Sun D, Krishnan A, Zaman K, Lawrence R, Bhattacharya A, Fernandes G. Dietary n-3 fatty acids decrease osteoclastogenesis and loss of bone mass in ovariectomized mice. *J Bone Miner Res* 2003;18:1206-16.
17. Griel AE, Kris-Etherton PM, Hilpert KF, Zhao G, West SG, Corwin RL. An increase in dietary n-3 fatty acids decreases a marker of bone resorption in humans. *Nutr J* 2007;6:2.
18. Lemann J Jr, Lennon EJ, Piering WR, Prien EL Jr, Ricanati ES. Evidence that glucose ingestion inhibits net renal tubular reabsorption of calcium and magnesium in man. *J Lab Clin Med* 1970;75:578-85.
19. Tjaderhane L, Larmas M. A high sucrose diet decreases the mechanical strength of bones in growing rats. *J Nutr* 1998;128:1807-10.
20. Li KC, Zernicke RF, Barnard RJ, Li AF. Effects of a high fat-sucrose diet on cortical bone morphology and biomechanics. *Calcif Tissue Int* 1990;47:308-13.
21. Zernicke RF, Salem GJ, Barnard RJ, Schramm E. Long-term, high-fat-sucrose diet alters rat femoral neck and vertebral morphology, bone mineral content, and mechanical properties. *Bone*

- 1995;16:25-31.
22. New SA, Robins SP, Campbell MK, Martin JC, Garton MJ, Bolton-Smith C, et al. Dietary influences on bone mass and bone metabolism: Further evidence of a positive link between fruit and vegetable consumption and bone health? *Am J Clin Nutr* 2000;71:142-151.
 23. Abrams SA, Griffin IJ, Hawthorne KM, Liang L, Gunn SK, Darlington G, et al. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. *Am J Clin Nutr* 2005;82:471-6.
 24. Jackson RD, LaCroix AZ, Gass M, Wallace RB, Robbins J, Lewis CE, et al. Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of fractures. *N Engl J Med* 2006;354:669-83.
 25. Tang BM, Eslick GD, Nowson C, Smith C, Bensoussan A. Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: A meta-analysis. *Lancet* 2007;370:657-66.
 26. Bolland MJ, Grey A, Avenell A, Gamble GD, Reid IR. Calcium supplements with or without vitamin D and risk of cardiovascular events: reanalysis of the Women's Health Initiative limited access dataset and meta-analysis. *BMJ* 2011;342:d2040.
 27. Li K, Kaaks R, Linseisen J, Rohrmann S. Associations of dietary calcium intake and calcium supplementation with myocardial infarction and stroke risk and overall cardiovascular mortality in the Heidelberg cohort of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study (EPIC-Heidelberg). *Heart* 2012;98:920-5.
 28. Nordin BE, Need AG, Morris HA, Horowitz M. The nature and significance of the relationship between urinary sodium and urinary calcium in women. *J Nutr* 1993;123:1615-22.
 29. Karamati M, Yousefian-Sanni M, Shariati-Bafghi SE, Rashidkhani B. Major Nutrient Patterns and Bone Mineral Density among Postmenopausal Iranian Women. *Calcif Tissue Int* 2014;94:648-58.
 30. Ahmadi H, Arabi A. Vitamins and bone health: Beyond calcium and vitamin D. *Nutr Rev* 2011;69:584-98.
 31. Melhus H, Michaelsson K, Kindmark A. Excessive dietary intake of vitamin A is associated with reduced bone mineral density and increased risk for hip fracture. *Ann Intern Med* 1998;129:770-8.
 32. Promislow JHE, Goodman-Gruen D, Slymen DJ, Barrett-Conner E. Retinol intake and bone mineral density in the elderly: The Rancho Bernardo Study. *J Bone Miner Res*. 2002; 17:1349-58.
 33. National Osteoporosis Foundation. Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. Washington, DC: National Osteoporosis Foundation; 2013.
 34. Kin HJ, Chang EJ, Kim HM, Lee SB, Kim HD, Su Kim G, et al. Antioxidant α -lipoic acid inhibits osteoclast differentiation by reducing nuclear factor- κ B DNA binding and prevents in vivo bone resorption induced by receptor activator of nuclear factor- κ B ligand and tumor necrosis factor- α . *Free Radic Biol Med* 2006;40:1483-93.
 35. Zhang J, Munger R, West NA, Cutler RD, Wengreen JH, Corcoran DC. Antioxidant intake and risk of osteoporotic hip fracture in Utah: An effect modified by smoking status. *Am J Epidemiol* 2006;163:9-17.
 36. Hauschka PV. Osteocalcin: the vitamin K-dependent Ca^{2+} -binding protein of bone matrix. *Haemostasis* 1986;16:258-72.
 37. Feskanich D, Weber P, Willet WC, Rockett H, Booth SL, Colditz GA. Vitamin K intake and hip fractures in women: A prospective study. *Am J Clin Nutr* 1999;69:74-9.
 38. Hamidi MS, Gajic-Veljanoski O, Cheung AM. Vitamin K and Bone Health. *J Clin Densit* 2013, 16; 409-13.
 39. van Meurs JB, Dhonukshe-Rutten RA, Pluijm SM, van der Klift M, de Jonge R, Lindemans J, et al. Homocysteine levels and the risk of osteoporotic fracture. *N Engl J Med* 2004;350:2033-41.
 40. McLean RR, Jacques PF, Selhub J, Tucker KL, Samelson EJ, Broe KE, et al. Homocysteine as a predictive factor for hip fracture in older persons. *N Engl J Med* 2004;350:2042-9.
 41. 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: 2693-8.
 42. Zhu K, Beilby J, Dick IM, Devine A, Soos M, Prince RL. The effects of homocysteine and MTHFR genotype on hip bone loss and fracture risk in elderly women. *Osteoporos Int*. 2009;20:1183-91.
 43. Cagnacci A, Baldassari F, Rivolta G, Arangino S, Volpe A. Relation of homocysteine, folate, and vitamin B12 to bone mineral density of postmenopausal women. *Bone* 2003;33: 956-9.
 44. Sugimoto T, Nakada M, Fukase M, Imai Y, Kinoshita Y, Fujita TL. Effects of ascorbic acid on alkaline phosphatase activity and hormone responsiveness in the osteoblastic osteosarcoma cell line UMR-106. *Calcif Tissue Int*. 1986; 39:171-4.
 45. Hall SL, Greendale GA. The relation of dietary vitamin C intake to bone mineral density: results from the PEPI study. *Calcif Tissue Int* 1998;63:183-9.
 46. Wolf RL, Cauley JA, Pettinger M, Jackson R, Lacroix A, Leboff MS, et al. Lack of a relation between vitamin and mineral antioxidants and bone mineral density: results from the Women's Health Initiative. *Am J Clin Nutr* 2005;82:581-8.
 47. Sahni S, Hannan MT, Gagnon D, Blumberg J, Cupples LA, Kiel DP, et al. High vitamin C intake is associated with lower 4-year bone loss in elderly men. *J Nutr* 2008;138:1931-8.

Bone Health and Nutrition

Chao-Ying Chen^{1,2} Meng-Yueh Chien² Chin-Pao Cheng^{3,*}

Similar to the rest of the world, Taiwan has inevitably entered into an era of aging society. The contemporary trends of physical therapy practice are independent private practice and being engaged in community health promotion services. As such, physical therapists are in the front line facing challenges of providing health consultation to people dwelling in the community and providing holistic health care to the aging population. Osteoporosis is a major health problem in the aging population. Bone health and exercise are most important topics for community physical therapists when delivering community health education programs. Bone health is influenced by genetic and environmental factors; the latter includes physical activity and nutrition. Having basic knowledge of nutrition related to bone health could enhance the ability of physical therapists to provide holistic care and health promotion to the aging population. This paper reviews the topics of nutrients related to bone health. Protein, polyunsaturated fatty acids, complex carbohydrates, calcium, phosphorus, fluorine, manganese, copper, vitamin B complex, vitamin C, vitamin D, vitamin E and vitamin K have positive influences on bone health. Fat, glucose, sucrose and sodium have negative influences on bone health. Excessive vitamin A, as well as insufficient vitamin A, may be associated with compromised bone health. Many nutrients, not just vitamin D and calcium, are associated with bone health. Adequate and balanced nutritional status is critical to the development and maintenance of a healthy skeletal system. In addition to having the expertise in exercises, having knowledge about nutrition for bone health could enhance the competency of physical therapies to provide holistic health care to the community. (FJPT 2016;41(1):20-27)

Key Words: Osteoporosis, Nutrition

¹ Physical Therapy Center, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

² School and Graduate Institute of Physical Therapy, College of Medicine, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

³ Department of Dietetics, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

Correspondence to: Chin-Pao Cheng, Department of Dietetics, National Taiwan University Hospital, No. 7, Chung-Shan S Rd, Zhongzheng Dist., Taipei 10002, Taiwan

Tel: 886-2-23123456 E-mail: 001705@ntuh.gov.tw

Received: August 1, 2015 Revised: October 9, 2015 Accepted: October 19, 2015