

第貳章 文獻探討

第一節 骨骼的結構和生長

一、骨骼的結構

人體全身共有 206 塊骨骼，是一種特殊的結締組織，它以鈣化的網狀膠質做為人體的支架。依外形可分為長骨、短骨、扁平骨和不規則骨等。骨頭結構可分成內外層，外層是「皮質骨」(cortical)，含有板層結構，其間含有細胞，因其結構緻密，又稱之為「緻密骨」(compact bone)；骨骼的內層則是「枝狀骨」，富含骨小樑 (trabecular)，其結構像海綿狀，因此又稱為「海綿骨」(spongy bone)。體內約有 80% 的骨量屬於皮質骨，但身體各部位的骨骼所含皮質骨與海綿骨的比例並不相同，例如脊椎骨含有 50 至 75% 的海綿骨，而股骨則只有約 20% 是屬海綿骨，且主要是分布在兩端。

二、骨骼的生長

人體中骨骼並非死的支架，而是有生命、有感覺的組織，事實上人體骨骼除了在生長期會持續的生長之外，同時也會不斷的進行新陳代謝。骨骼的生長可分為縱向及橫向，縱向生長是指骨骼長度的增加，橫向生長是指骨直徑、密度的增加。

骨骼的縱向生長，發生在兩個地方，一處在關節軟骨 (articular cartilage)，另一處是在生長板，骨骼於此二處之軟骨組織中進行間質成長 (intersitial growth)，然後再進行軟骨骨化 (endochondral ossification) (梁金銅，1990)。骨骼長度的增長也就是由生長板軟骨細胞經由分裂、增大和骨化的過程所致，只要這個過程不斷的進行，骨骼的長度便會持續的增加。骨骼的成熟主要是依生長板骨化的速度而定，這通常可藉由 X 光片的影像來判定。當骨骼生長板完全骨化，亦即閉合時，骨骼的縱向生長便中止而達成熟階段 (如圖 2-1-1)。

以長骨而言，骨骼的生長板分別位於長骨的兩端，通常有一端的生長板會比另一端的生長板有較多的骨骼縱向生長 (如圖 2-1-2)。例如：膝關節處的股骨及脛骨生長板，分別比其另一端的生長板產生較多的縱向生長；而在上肢骨的部份，橈骨、尺骨在腕部，

及肱骨在肩部產生較多的縱向生長 (Aldridge, 1993)。



圖 2-1-1：生長板 X 光片影像圖

(<http://www.dr-taller.com/menu-goldperiod/WhatIsGrowthPlate.asp>)

各關節對增高所佔比例

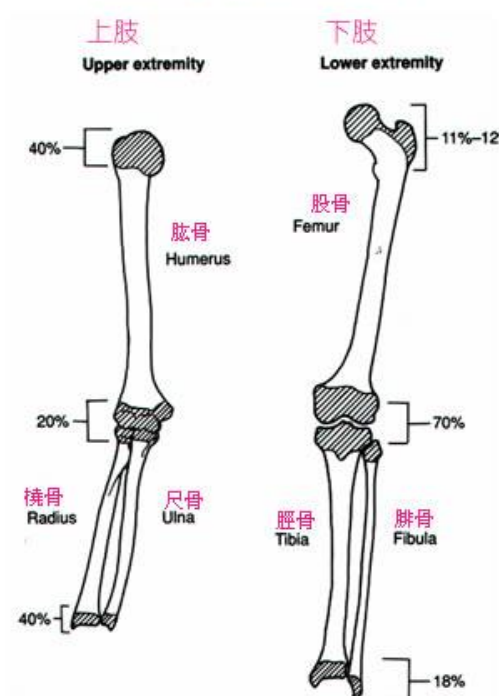


圖 2-1-2：各關節對增高所佔的比例圖

(<http://www.dr-taller.com/menu-goldperiod/WhatIsGrowthPlate.asp>)

骨骼的橫向生長是指骨直徑和密度的增長。骨骼由開始生長起，甚至到了成熟後，並非維持恆定不變，而是不斷的在進行新陳代謝，也就是不斷有新的骨基質（主要為鈣質）堆積到骨骼，同時不斷有舊的骨基質被吸收（即分解）到血液中，在正常情況下，堆積與吸收的速率是相同的，而使骨骼的結締維持恆定。骨頭的表面分別有「造骨細胞」(osteoblast, OB) 和「蝕骨細胞」(osteoclast, OC)，蝕骨細胞會將骨頭進行破壞與再吸收，而造骨細胞則負責形成新骨，骨骼會經由此一不斷的破壞和重建的過程來進行新陳代謝，此一過程稱為「骨骼重塑」(bone remodeling)。在骨骼生長階段，塑造是主要的作用型，而在骨骼停止生長的階段，則是以重塑為主要作用。在塑造時，造骨細胞持續的在某一骨骼區域作用達數年之久；而在重塑期間，造骨細胞僅在某處作用，時間短且不具連續性，因此骨骼增加的機制應該是在生長階段最旺盛（黃滄海，2005）。發生在同一位置的「骨質重塑」的週期，從開始到結束（包括挖出一個凹洞，填入膠原蛋白和礦物質）所花費的時間，會因年齡而有所不同，兒童與青少年大約要3至6個月，成人也需6至12個月，老年人則可能長達18個月（楊雅婷，2004）。

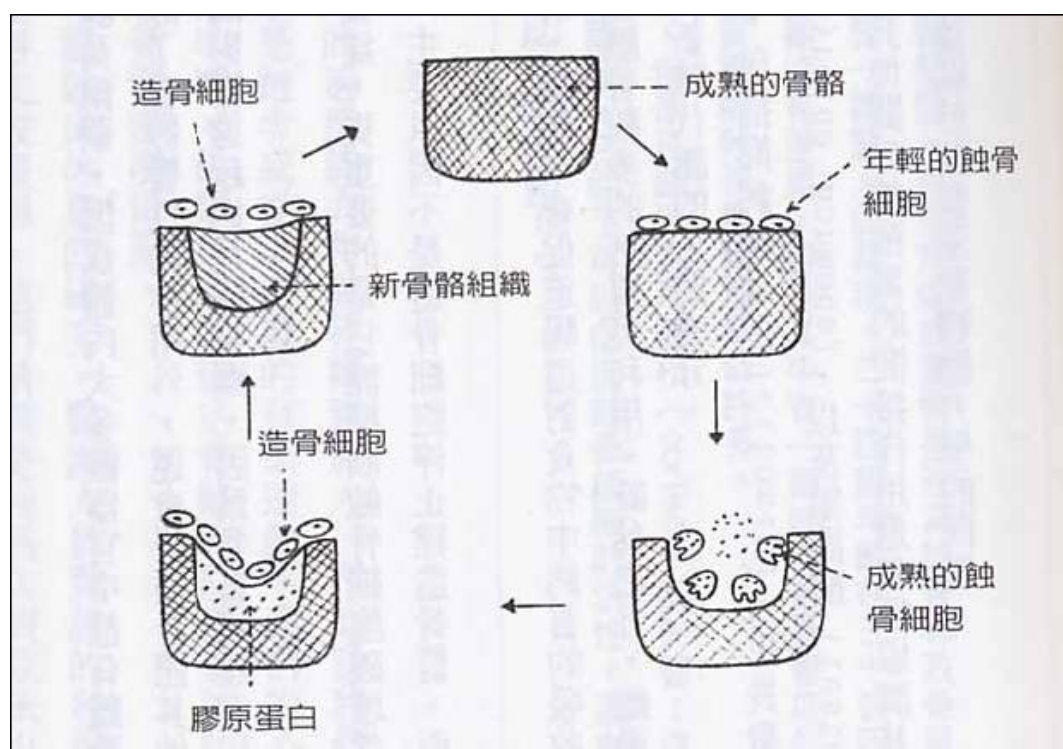


圖2-1-3：骨質重塑過程圖（連心瑜、陳芳智譯，2001）

正常人的骨質密度在兒童及青少年階段都會逐漸增加，在 25 至 30 歲時累積達到最高峰，此時期為人一生的「顛峰骨量」(peak bone mass)，30 歲過後蝕骨細胞的活性會大於造骨細胞，骨質破壞的速度超過生成的速度，隨著年齡的增加，骨質會不斷的流失。(如圖 2-1-4)

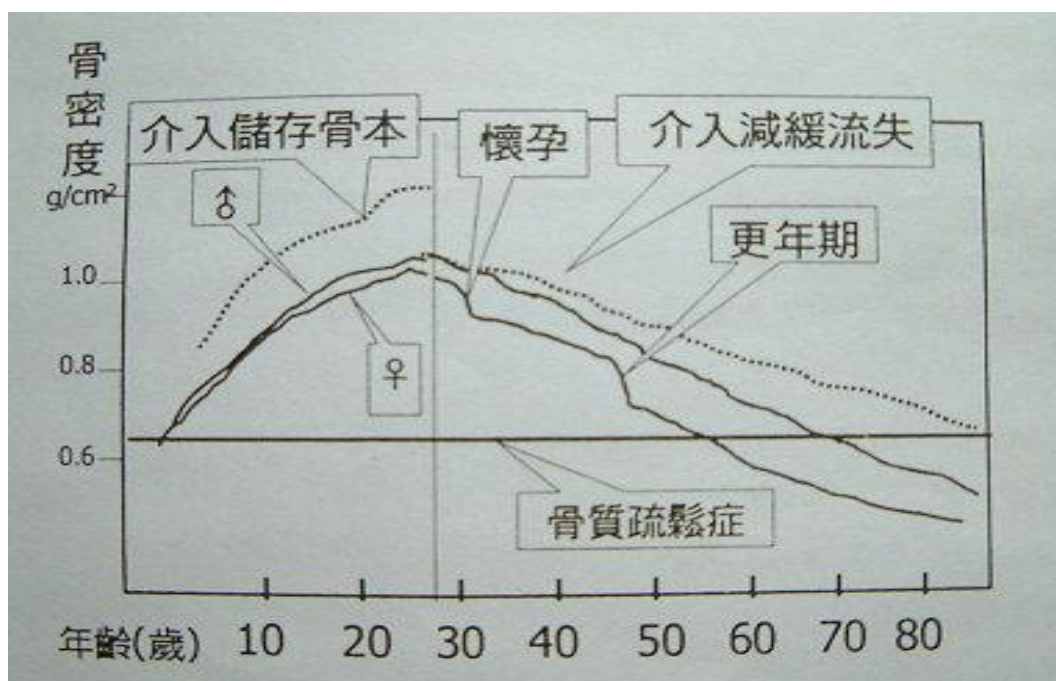


圖2-1-4：骨質密度與年齡相關因素圖（林瑞興，2004）

Saskatchewan 大學曾針對兒童骨質增長進行為期七年縱向的研究，此研究針對 200 位兒童進行骨量 (bone mineral content, BMC) 測量，每年一次為期七年，測量部位包括四個區域：全身、近端股骨、股骨頸及腰椎。由骨量增加的速度變化曲線，可看出最快速的增加期在出現的時間上有性別的不同；以全身骨量而言，女生高峰期出現的時間大約在 11 至 13 歲之間，而男生則大約比女生晚 1.4 年，但在最大增加率上，女生則比男生少了 20% (女生：318±58 克/年，男生：404±96 克/年)。而當研究者在去除掉男女生之間的體型差異後，發現男生在高峰骨質增生期的前後二年，比女生同樣在高峰骨質增生期的前後二年顯著的獲得更多的骨量。研究中也顯示平均有 26% 的成年全身骨量在高峰骨質增長的這二年期間被累積下來。由此可知，兒童和青少年階段對於累積成人骨量而言，是一個相對短且重要的時期 (Bailey, 1997) (如圖 2-1-5)。

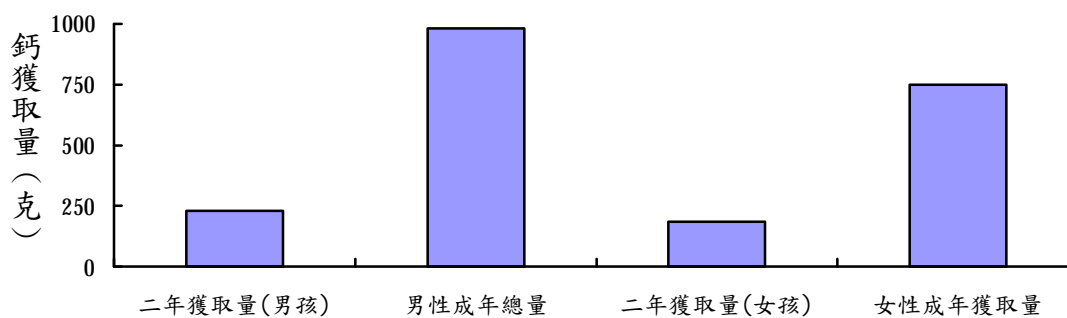


圖 2-1-5：二年與成年總骨質獲取量圖 (Bailey, 1997)

本節小結：骨頭結構可分成內外層，外層是「皮質骨」、內層是富含骨小樑的「海綿骨」。一個人從出生後骨骼會不斷的增長，骨質密度也會不斷的累積，大約 25 至 30 歲時便會達到一個人的顛峰骨量。此後蝕骨細胞活性超過造骨細胞，骨質便開始不斷的流失。而從研究中也發現，兒童和青少年階段對於累積成人顛峰骨量而言，是一個相對短且重要的時期，在此階段若能多從事運動，透過運動訓練對骨骼的刺激，將能有效的提高成人的顛峰骨量。

第二節 骨質疏鬆症與骨質密度檢測

一、骨質疏鬆症

骨質疏鬆症 (osteoporosis) 係指骨質中鈣的流失，全身性骨骼質量減少，使骨骼失去強度，骨頭變得疏鬆易脆且經不起撞擊，骨質結構因而佈滿了孔隙，使得內部骨小樑變得單薄，呈現中空疏鬆的現象，一旦嚴重至某種程度時，骨骼的支撐力相對減低，嚴重時會因為稍微碰撞即可能斷裂發生骨折，最常發生骨折的股骨骨折又約有 50% 的致死率，是受傷後致死率相當高的疾病。且由於骨質疏鬆症患者並無明顯的症狀，是一種容易讓大家忽視的疾病，所以又被稱為「沈默的殺手」。

骨質疏鬆症形成的原因一般可以分為「原發型」和「續發型」二種。而「原發型」又可分為 Type I—由於停經後所引起，稱之為「停經後骨質疏鬆症」；與 Type II—由於年紀老邁引起，稱之為「老年型骨質疏鬆症」。前者一般發生於婦女停經後由於「雌激素」(estrogen) 的分泌減少，骨細胞對機械性負荷的敏感性減弱，而造成骨質的加速流失；後者是由於老化，蝕骨細胞活性大於造骨細胞，造成骨質的流失。「續發型」骨質疏鬆症亦稱 Type III，是由某些特殊疾病所引起，如內分泌疾病（包括副甲狀腺、甲狀腺、性腺，以及腎上腺等功能異常）、營養不良、血液疾病、藥物，以及其他疾病所引起之骨質疏鬆症。

人的一生中，骨頭生長最快速的時期分別是出生後到兩歲及青春期兩個階段，在 25 至 30 歲時，即累積達到骨量的最高峰。30 歲過後蝕骨細胞的活性會大於造骨細胞，此後，隨著年齡的增長，骨質密度呈現逐漸流失的狀態，流失速度每年約 0.3 至 0.5%，而女性會在停經後，由於失去雌激素的保護，而有一段骨質快速流失期，骨質流失速度加劇，以每年 2 至 3% 的速度流失，持續約八至十年，全身骨量終將減至顛峰期的 50% 左右，而骨骼的抗壓力則減至 25%，嚴重時會引起所謂的停經後骨質疏鬆症（楊樹昌，1998）；而在年紀更大之後，不論男女都會發生骨質疏鬆症，即所謂的老年性骨質疏鬆症（楊榮森，1993）。

世界衛生組織 (WHO, 1996) 對骨質疏鬆的定義如下：

- (1) 嚴重骨質疏鬆症 (severe osteoporosis): 與健康的常人相比較, 骨質密度小於 -2.5 個標準差以下, 且發生一次以上的骨質疏鬆性骨折。
- (2) 骨質疏鬆症 (osteoporosis): 與健康的常人相比較, 骨質密度小於 -2.5 個標準差以下, 但沒有發生過骨折。
- (3) 低骨質或骨質不足 (low bone mass or osteopenia): 與健康的常人相比較, 骨質密度介於 -1 至 -2.5 個標準差之間。
- (4) 正常 (normal): 與健康的常人相比較, 骨質密度大於等於 -1 個標準差以上。

根據 2001 年全民健保資料顯示, 65 歲以上男性每年髖部骨折約為 5000 個病例, 女性則為 7000 個病例, 而且髖部骨折人數逐年增加, 從每年 9500 個增至 12500 個 (楊再興、蔡克嵩, 2005)。也就是說, 約有三分之一的台灣婦女, 在其一生中會因骨質疏鬆而發生一次脊柱體、髖關節或腕關節的骨折, 男性也有五分之一的風險。楊再興更指出發生髖部骨折需開大刀, 長期臥床, 失去自主社會活動性, 第一年内死亡率比罹患癌症還要高, 女性達 15%, 男性高達 22%。此外, 骨折所衍生的成本單就最常見的大腿骨折為例, 每年醫療花費高達 165 億, 約佔健保總額的 1/20。由此可知, 骨質疏鬆症是一種常見且醫療費用昂貴的骨骼代謝疾病, 不僅影響到我們的生活品質, 亦會影響社會及醫療資源的分配, 更造成國家沈重的醫療負擔。

二、骨質密度檢測

骨質密度檢測的方式有許多, 一般常用的有雙能量 X 光吸收測量儀 (Dual Energy X-ray Absorptiometry, 簡稱 DEXA)、定量電腦斷層掃描攝影 (Quantitative Computerized Tomography, 簡稱 QCT)、核磁共振檢查 (Magnetic Resonance Imaging, 簡稱 MRI)、定量超音波骨質測量儀 (Quantitative Ultrasonography, 簡稱 QUS)。

目前標準的測量方法是利用雙能量 X 光吸收測量儀來測量骨質密度, 但雙能量 X 光技術比超音波技術昂貴, 且其設備體積龐大、移動不易, 故施測不易普及, 且有輻射暴露的危險; 近年來發展逐漸成熟的超音波技術, 其具有儀器體積小、攜帶方便、無輻射性、操作檢測容易, 且檢測費用便宜等優點。因此, 提供另一個方便有效的檢測方式, 來評

估我們的骨質密度。

此外，針對超音波與雙能量 X 光技術相關性的研究中，發現二者的測量結果有高度相關。Chen, Chen, Fung, Lin, & Yao (2004) 利用超音波測量技術測量 18 位受試者的脛骨幹，所得的聲波傳導速率和雙能量 X 光吸收測量儀測得的骨質密度有高度相關 ($r=.93$)；Graafmans, Lingen, Ooms, Bezemer, & Lips (1996) 對超音波測量值及骨質密度的比較發現，跟骨的聲波傳導速率和骨質密度有正相關 ($r=.76$)。Wear, Stuber, & Reynolds (2000) 測量 30 位受試者跟骨的聲波傳導速率和骨質密度，其相關也達 .84。

由以上的研究結果可得知，超音波技術可視為一種評估骨質可靠的方法。雖然，目前 WHO 仍未針對超音波骨質測試儀擬定一常模系統，故在超音波測量骨質的評估上，各廠商的量化標準尚未統一，各研究的結果因此無法直接比較，因此在研究時必須使用同一型儀器，同一位操作者，便可減少檢測的誤差。

本節小結：骨質疏鬆症係指骨質中鈣的流失，全身骨質密度減少，骨骼強度減弱。罹患骨質疏鬆症的人容易在外力的作用下造成骨折，且骨折後不易恢復，長期臥床的結果，不但會影響生活品質，也會造成社會的醫療負擔。研究顯示超音波技術為檢測骨質方便有效的方法，但在研究時必須使用同一型的儀器，以提高研究信度。

第三節 運動對骨質密度的影響

目前探討運動對於骨質密度影響可分為橫向研究與縱向研究二方面，橫向研究，主要是探討不同項目的運動選手與非選手之間骨質密度的差異；縱向研究，主要在探討運動訓練，對於骨質密度的影響。以下就分別從這二方面，做相關文獻的探討。

一、橫向—不同運動型式對骨質密度的影響

許多文獻指出運動訓練可以增進骨質密度，但不同項目或類型的運動對於骨質密度是否具有相同的效果，仍有待進一步的探討，許多研究就針對不同運動項目來比較運動員骨質密度的差異。

Cassell, Benedict, & Specker (1996) 以 7 至 9 歲的女子體操選手及游泳選手為研究對象，測量其身體的骨質密度。研究結果指出：體操選手的骨質密度顯著高於游泳選手及控制組，而游泳選手和控制組則無顯著差異。

Courteix 等 (1998) 比較 41 位 10 至 11 歲的健康女童，有 10 位游泳選手、18 位體操選手（每週平均訓練時數約 8 至 15 小時，持續三年的高強度運動訓練）和 13 位無接受運動訓練的控制組。研究結果指出：在年齡、身高和身體組成沒有差異的情況下，有接受運動訓練的孩童有較高的骨質密度，尤其是體操選手，比游泳選手和控制組明顯有更高的骨質密度。

林麗娟、洪甄憶和姚惟仁 (2004) 探討不同類型身體負載的運動習慣對青少年男女性骨質密度之影響，以 76 位男女為受試者，依性別、運動型態分成六組（男跑步組 12 位、男游泳組 17 位、男控制組 12 位、女跑步組 13 位、女游泳組 10 位、女控制組 12 位）。運動組之受試者，皆維持每週至少三次，並持續三年以上的跑步或游泳訓練。控制組則是在一年內無規律運動習慣者。研究結果指出：男性跑步組之骨量顯著高於其他各組，女性跑步組骨量則是顯著高於女性控制組及游泳組，並與男性游泳組及控制組的骨量無顯著差異。女性游泳組骨量除與女性控制組無顯著差異外，均顯著低於其他各組；男性游泳組的骨量與女性跑步組相似，亦顯著低於跑步組，高於女性游泳組及男女

性控制組，但與女性跑步組無顯著差異。最後結論建議：跑步運動為負載身體比例較高之運動型態，對於提升骨質密度的助益最大，而游泳運動對於手臂骨質密度的提升則有正面的助益。

江鎮村（2004）以69位獲得全縣前三名的少年為研究對象，其中棒球選手19位、足球選手16位、游泳選手15位，及一般非選手19位，以超音波骨質測量儀測量左腳跟骨骨質密度。研究結果指出：棒球、足球二組的骨質密度優於游泳選手和非選手，而游泳選手的骨質密度與非選手無顯著差異。最後結論建議：身體負重性的運動訓練對於國小男選手的骨質是有益的，而非負重性的游泳訓練對骨質的助益則不明顯。

Petterson, Nordstrom, Alfredson, Henriksson-Larsen, & Lorentzon (2000) 從年齡約 17 歲的跳繩隊和足球隊女生發現，跳繩隊在全身、腰椎 (lumbar spine)、肱骨 (humerus) 的骨質密度均比足球隊為高。骨質密度測量當時正好是跳繩隊競賽期間，這些跳繩隊每週跳繩訓練約 6.1 小時，訓練時間約六年；相同的，足球隊每週約訓練 5.1 小時，訓練時間約九年。另一方面跳繩隊在全身、股骨 (femur) 和股骨近端 (proximal femur) 的骨頭面積也比控制組和足球隊為多；特別在脛骨骨幹 (femur diaphysis) 的骨頭面積更比足球隊為高。

Dook, Henderson, James, & Price (1997) 曾經分析長期運動訓練達20年以上的 女性運動員 (42至50 歲)。Dook 將受試者分為四組：第一組為高衝擊性運動組 (high impact sport, 有網球和籃球; HIGH)；第二組為中等衝擊性運動組 (medium impact sport, 有跑步和曲棍球; MED)；第三組為非衝擊性運動組 (nonimpact sport, 有游泳; NON)；第四組則為控制組 (nonsport control group; CON)。研究結果指出：高衝擊性運動組 (HIGH) 的全身及局部骨質密度，顯著高於非衝擊性運動組 (NON) 或控制組 (CON)；而中等衝擊性運動組 (MED) 的全身及局部骨質密度，則只有比控制組 (CON) 高。與控制組 (CON) 相較起來，所有運動組的手臂骨質密度都顯著較高，且各組之間並無明顯手臂肌力的差異。最後結論建議：對更年期的婦女而言，長期運動且從事較高衝擊性的運動將會有較高的骨質密度。

Warner, Shaw, & Dalsky (2002) 針對20至40歲的年齡層，挑選16位長期騎腳踏車

爬山的人、14位長期在平地上騎腳踏車的人及15位沒有運動習慣的對照組，比較三組的骨質密度。研究結果指出：平地騎腳踏車組的全身骨質密度與對照組沒有差別；但騎腳踏車爬山組在下肢的骨質密度卻明顯比對照組高，說明騎腳踏車爬山較能給予下肢骨頭負荷，而有效的提昇腳部骨質密度。

二、縱向—運動介入對骨質密度的影響

許多證據顯示骨骼要承受超過日常生活所負荷的強度，才能有助於刺激骨質的增長。因此，除了比較不同運動項目運動員骨質密度的差異外，許多研究也利用了一些運動的介入，來探討運動介入對於骨質密度的影響。

而想要利用運動對骨頭產生機械性的負荷，大前提下最好是在短時間以不尋常的運動型態實施，以產生高壓力的負荷，而且此負荷最好是有規律性和連續性的反覆衝擊局部的骨頭。而跳躍運動正是利用跳躍者想把身體帶高，蹬地往上跳躍及著地一剎那，對下肢骨頭產生一種高衝擊式運動（侯宏志、蔡佳良，2002）。所以，也有許多研究設計高衝擊性運動，來評估運動介入的效果。

Johannsen, Binkley, Englert, Neiderauer, & Specker (2003) 挑選28位兒童，從事每天25下、每週五天、高度45公分的木箱跳躍運動；另外26位為對照組，運動介入十二週後，測量兩組的骨量。研究結果指出：運動組在全身及腳部的骨量都比對照組高。

Witzke & Snow (2000) 以25位平均年齡 14.6 ± 0.5 歲的女孩接受每週三次、每次30至45分鐘，為期九個月的增強式訓練 (plyometric training)；並以28位與運動組有相同年齡及初潮為控制組，並要求控制組維持平常的生活作息。研究結果指出：運動組與控制組的全身骨量的增加量，分別為3.7% 和 3.6%，股骨頸為4.5% 和 2.4%，腰椎（第2至4節）為6.6% 和 5.3%，股骨為3.4% 和 2.3%，股骨大轉子 (Greater trochanter) 為3.1% 和 1.9%。最後結論建議：長期的增強式訓練可以增加顛峰骨量。

Winters & Snow (2000) 也利用 29 位 30 至 45 歲的女性受試者，接受木箱跳躍式訓練和下肢阻力 (resistance) 訓練一年。其中，所謂的木箱跳躍訓練是每位受試者須脫鞋以雙腳跳上一個 12 吋的木箱上，然後跳下木箱，再以雙腳在平地左右各跳躍一次，

如此動作反覆施行約每週 100 下，訓練期為一年。研究結果指出，實驗前後在股骨大轉子和股骨頸約增加 $2.7 \pm 2.5\%$ 和 $1.2 \pm 3.2\%$ ，而對腰椎的骨質密度則未達顯著差異。

Bassey, Rothwell, Littlewood, & Pye (1998) 針對 25 位停經前和 24 位停經後的婦女，分別實施六個月和十八個月的垂直跳躍訓練，訓練內容為每週 6 天、每天 5 次、每次 10 下的垂直跳躍訓練。其平均跳躍的高度分別約為 8.9 和 8.5 公分，研究者從測力板發現，此跳躍高度對於停經前和停經後的婦女的地面反作用力分別是三和四倍的體重。研究結果指出，停經前婦女的股骨骨質密度大約增加 2.8%、股骨大轉子約增加 3%、腰椎（第 2 至 4 節）約增加 1.5%；而停經後婦女的骨質密度則皆未達顯著差異。

Heinonen 等 (1996) 曾將各種不同的跳躍運動進行地面反作用力的分析，再將一些衝擊量較高的動作，編成 20 分鐘的有氧運動和階梯運動，並以 98 位 35 至 45 歲停經前、坐式生活的女性為受試者，分為運動組和控制組；運動組以上述運動方式進行每週 3 次、為期 18 個月的訓練。研究結果指出：運動組的下肢骨質密度有顯著增加，其中髌部、股骨、脛骨和跟骨的骨質密度增加量隨位置的不同而有所差異，研究發現在下肢遠端處的骨質密度，其增加量也較大，因為跳躍動作最高的衝擊部位在足後跟，然後依續是腳踝、膝蓋和髌部。因此，此現象也符合骨骼對於最大機械負荷能產生最大反應的理論。

但並非所有項目的運動介入對於骨質密度皆有益處，Caulley 等 (1986) 針對停經後的婦女實施每週 11 公里，連續三年的走路訓練。研究結果指出：訓練組骨質流失的情形和控制組並無兩樣，最後結論認為：單純的走路訓練，對骨頭產生的刺激強度太小，所以對於減緩停經婦女的骨質流失並無助益。

本節小結：綜合以上研究，可以發現運動對於骨質密度的影響，具有運動型的特殊性。研究顯示，具負重性、阻力性或衝擊性的運動項目，如跑步、籃球、足球、跳繩、體操等，皆能有效的提高骨質密度；而無負重性或低衝擊性的運動項目，如游泳、騎腳踏車、走路等，對於提高骨質密度的效果並不明顯。另一方面，運動對於骨質密度的影響，也具有部位的特殊性，高負重、高衝擊性的運動會讓承重和受衝擊部位的骨骼產生較大的形變，也較能刺激骨質的增生。因此，運動對於這些部位骨質密度的益處也愈大。

第四節 運動對兒童和青少年骨質密度的影響

一些縱向的研究顯示，青春期早期到青春期的這段時間，是人體身體發育最快速的時候，也是骨質生長的黃金時段，所以儲存骨本要從小開始。而適當的運動可以增進骨骼的發展，因為許多研究中均顯示，運動對骨骼所產生的機械性負荷，對於增進骨質有正面的益處。所以，兒童時期良好的運動習慣是決定將來長大後骨量多寡的關鍵。

Lloyd, Petit, Lin, & Beck (2004) 針對80位白人年輕女性，進行從12歲起追蹤10年的問卷調查。研究結果指出：青春期的運動量和下肢的骨質密度有正相關，也就是說運動量越多，骨質密度也會越高。

此外，Vicente-Rodriguez等 (2003) 也針對青春期前9至10歲的健康白人男孩為對象，比較53位每週至少踢3小時足球的足球選手，和51位沒有運動習慣對照組的骨質密度。研究結果指出：足球組在股骨及腰椎處的骨質密度，都比對照組高。

Dyson, Blimkie, Davison, Webber, & Adachi (1997) 以16位接受體操訓練二年以上之7至11歲學童作為受試者，測量其骨質密度。研究結果指出：受體操訓練者的股骨頸骨質密度，高於未受訓練者。

Courteix, Jaffré, Obert, & Benhamou (2000) 選擇青春期前的年齡層，針對10位平時接受高衝擊負重訓練的女體操選手和14位無運動習慣的對照組，比較他們三年後的骨質發育。研究結果指出：體操組有較高的骨質密度，這也說明在青春期前的運動訓練，能提昇青春期晚期的骨質。

Nichols, Sanborn, & Love (2001) 以67位年齡14至17歲的女孩為研究對象，其中46位為實驗組，21位為控制組，實驗組接受每次30至45分鐘、每週三天、持續15個月的阻力訓練，控制組則維持坐式生活。研究結果指出：顯示實驗組股骨頸的骨質密度顯著增加，而控制組則沒有改變。最後結論建議：接受阻力運動訓練有助於增進青春期少女的骨質密度。

Witzke & Snow (2000) 以25位平均年齡 14.6 ± 0.5 歲的青少年為研究對象，接受每週三次、每次30至45分鐘的九個月的彈跳式訓練，同時以28位同年齡青少年為控

制組（已有初潮）。研究結果指出：實驗組股骨頸的骨質密度增加量高於控制組（4.5% vs 2.4%）、腰椎骨（第2至4節）骨質增加量也優於控制組（6.6% vs 5.3%）。最後結論建議：長期的彈跳訓練對青春期女生的骨質密度有促進的效果。

黃竹中（2006）針對9至11歲的兒童為對象，探討跳躍訓練對於男童骨骼發展的影響。研究將男童分成籃球、跳繩與控制組，接受每週三天、每次40分鐘的訓練，經過12週的訓練之後，比較其骨長度、骨質密度與骨量的變化。研究結果指出：籃球、跳繩兩訓練組的脛骨長度、脛骨骨質密度、全身骨量均顯著高於控制組；其中籃球訓練組在坐高、腰椎骨長度、腰椎骨量和全身骨量上的訓練效果顯著高於跳繩訓練組和控制組；而在脛骨骨量上的效果，只有籃球訓練組顯著高於控制組。

部分研究也探討運動對不同發展時期之青少年的影響，Haapasalo等（1998）的研究指出青少年網球選手和發育程度相近的對照組比較肱骨質密度，研究結果指出：第一階段（Tanner Stage）（9.4歲）網球員的肱骨質密度沒有比較好，但在第二期（10.8歲），第三期（12.6歲），和第四期（13.5歲）的網球選手比起對照組有較高的肱骨質密度。直到第五期（15.5歲）其差別漸趨向平穩。

Mackelvie, Mckey, Khan, & Crocker（2001）的研究則是針對青春期前與青春早期（Tanner Stage II & III）女孩，在經過七個月漸增式訓練（plyometrics）後，探討其骨量及骨質密度的變化。研究結果指出：在青春早期的女孩，骨質密度有明顯增加，但在青春期的女孩則沒有明顯改變。

吳俊德（2004）探討運動訓練對兒童骨質密度之影響，以60位10至13歲國小男童為研究對象，包括羽球選手14位、籃球選手12位、游泳選手15位及對照組19位，其中運動組皆已受過1.5年以上的專業運動訓練（每週3至5小時），研究使用Achilles express 超音波骨質密度測定儀，測量跟骨的骨質密度。研究結果指出：接受運動訓練兒童的骨質密度顯著高於同年齡未接受運動訓練兒童。而進一步分析，在運動組方面，籃球選手的骨質密度最高，且與游泳選手的骨質密度有顯著差異，而羽球選手的骨質密度則只有較高的傾向。

美國運動醫學會在2004年發表的年度聲明「身體活動與骨骼健康」中也指出，造

成骨質疏鬆危機的一項主要因素，在於兒童及青少年期間能達到多少的顛峰骨量。

本節小結：綜合上述，大多研究顯示運動訓練對於兒童和青少年的骨質密度有正面的影響。經過運動訓練或是有規律運動習慣的兒童和青少年，會比未訓練或無運動習慣擁有更高的骨質密度。這也可能是因為此階段的兒童和青少年，正處於骨質增長的高峰期，若能透過運動訓練的刺激，在此時期盡量提高其骨質密度以貯藏足夠骨本，便能應付老年時骨質的流失，也是預防骨質疏鬆症的有效策略。

第五節 運動對體適能的影響

一、體適能定義

教育部體育大辭典（1984）說明：體適能為身體適應能力的簡稱，可從不同的層面加以解釋。從生活層面而言，體適能是積極適應生活的身體能力；從人體機能而言，體適能是指人類身心特質中的全體機能，表現為運動能力、工作能力或抵抗疾病的能力；以結構而言，體適能包型態、機能、運動等適應能力。

方進隆（1995）指出：體適能是由身體幾組或幾種不同特質的體能所組成，其與日常生活或身體活動的品質或能力相關，又因對象和需求不同，分為競技體適能和體適能二者。前者又稱運動適能，是運動員或體能狀況優異者所追求的體能，其需要高強度的訓練；後者是指一般人促進健康、預防疾病、增進日常生活工作或學習所需的體能，包含有氧適能、肌肉適能、柔軟度與身體組成。

林正常（1997）定義體適能為身體適應能力，即為心臟、血管、肺臟與肌肉有效率運作的能力，能完成每天的活動而不至於過度疲勞，且尚有足夠體能應付緊急狀況。其亦說明體適能可分為兩項，一為與運動技巧有關的體適能，包括敏捷性、協調能力、速度、反應時間、瞬發力；另一為與健康有關的體適能，包含肌力、肌耐力、柔軟度、心肺耐力、身體組成等要素。

二、運動介入對體適能的影響

美國運動醫學會（2000）指出規律有氧運動對各項體適能之影響如下：

（一）對心肺耐力的影響

有氧適能是心肺功能的重要指標，也是身體工作的能力。一個有氧能力好的人，能提高最大攝氧量，增加氧的利用率，使心臟、肺臟、血管能傳送更多的氧氣到身體的組織，產生更多能量供給身體活動及創造之用，而不會使疲勞提早出現。而透過有規律、適當強度、較長持續時間的運動，如：走路、跳舞、跳繩、騎腳踏車、游泳、溜冰及爬階梯等，皆可有效提升心肺耐力。

(二) 對肌力、肌耐力的影響

規律有氧運動的實施，對肌力、肌耐力有很大的助益，特別是處於成長期階段的兒童。在適度的阻力範圍下，採超負荷原則，循序漸進的訓練，對於肌肉適能的增強有幫助。可選擇身體的手臂、肩膀、背部、胸部、腹部、臀部、大腿等部位，進行每週二至三天、每次8至10個部位、每個部位8至12次的循環，在這樣的阻力訓練下，肌力與肌耐力便會逐漸增強。

(三) 對柔軟度的影響

人體上的柔軟度，主要以下背部及後大腿最為重要，柔軟度不佳，會增加長期慢性下背疼痛的危險，降低日常生活及活動能力的表現，尤其年紀越大，這種現象更加普遍。因此運動時若能透過身體的手臂、肩膀、軀幹及臀部等部位的伸展運動，以每週2至3次的頻數，每一個動作停留10至30秒的時間，每一個部位做3至4次的循環，如此便可有效改善柔軟度。

(四) 對身體組成方面的影響

書中指出，在美國現今有超過百萬人屬於體重過重或肥胖者，而肥胖者經常伴有高血壓、第二型糖尿病、冠狀動脈心臟病、膽疾、骨關節炎、呼吸系統疾病及癌症等疾病。為了有效減輕肥胖，需要從事低強度、持續性較久的有氧運動及有助肌肉適能的身體活動，並配合低卡路里的食物攝食，如此才能有效控制肥胖。

本節小結：體適能為身體適應生活、促進健康、預防疾病所需具備的基本體能。而有氧運動為促進體適能最有效的運動方式，本研究採用的跳繩運動同時具備有氧和高衝擊性二大的特點，希望能透過這二個優點，同時增進學童的骨質密度與體適能。

第六節 文獻總結

骨質疏鬆症是一種無聲無息的疾病，雖然其沒有明顯的症狀，但它卻是威脅老年人生命的疾病之一。人從出生後骨質密度也會不斷的累積，大約 25 到 30 歲時便會達到一個人的顛峰骨量。從研究中發現，兒童和青少年階段對於累積成人顛峰骨量而言，正處於骨質增長的高峰期，是一個相對短且重要的時期，故在成長階段就應具有預防骨質疏鬆的概念，而不是在停止成長甚至是骨質開始流失的時候，才開始面對問題。

目前探討運動對於骨質密度影響可分為橫向研究與縱向研究二方面，橫向研究，主要是探討不同運動選手、或與控制組之間的差異；縱向研究，主要在探討運動訓練，對於骨質密度的影響。綜合許多研究發現，運動對於骨質密度的影響有二：一為運動型的特殊性，研究顯示負重性、阻力性或衝擊性的運動項目較能有效提高骨質密度。二為運動部位的特殊性，研究顯示負重或衝擊性高的運動，有助於提高承重部位或受衝擊部位的骨質密度。因此，在兒童和青少年階段若能多從事具負重性、阻力性或衝擊性的運動項目，將能有效的提高成人時的顛峰骨量，如此便能及早貯存足夠骨本，應付老年時骨質的流失，也是預防骨質疏鬆症的有效策略。

跳繩是一項簡便易從事的運動，具有器材取得容易，不受天候、場地及年齡限制的優點，且從事跳繩運動能改善手腳的協調能力、身體的平衡及節奏感。

故本研究選擇以跳繩為運動方式，來研究其對學童的骨質密度的影響，希望能找出一種簡便有效的運動方式，來提高兒童骨質密度以及促進其體適能。