

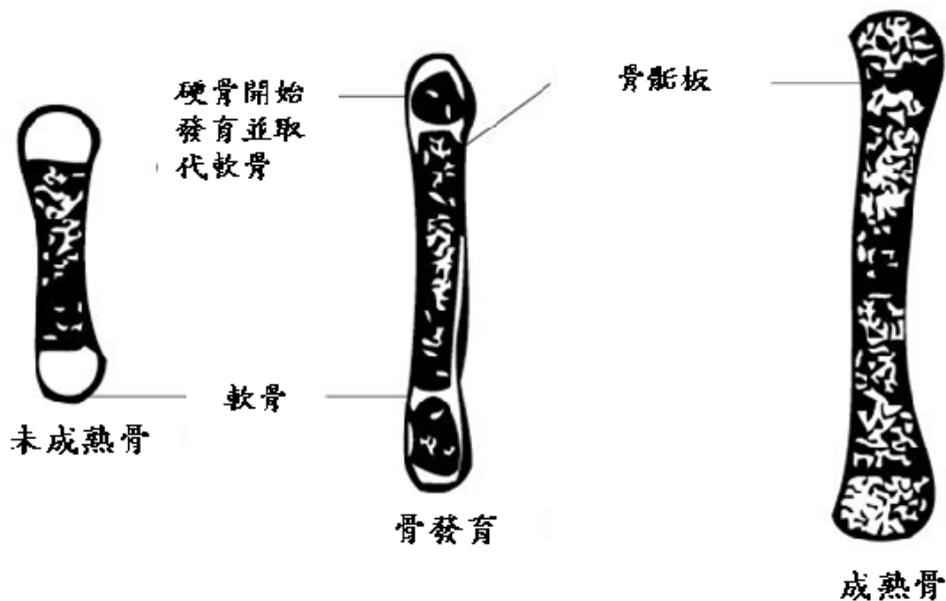
# 你的身高變化原因

鄭誠功 教授

國立陽明大學 醫學工程研究所

## 骨骼系統簡介

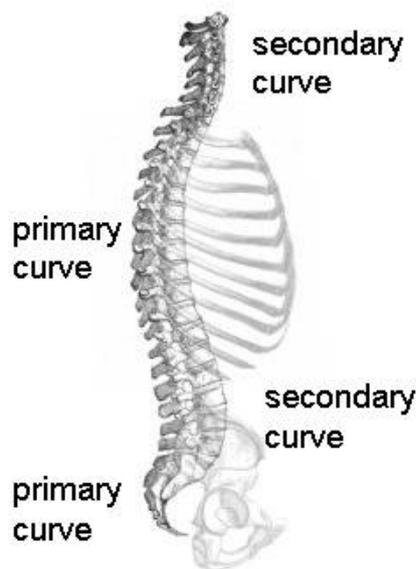
人體所有硬骨皆源於胚胎期的結締組織，是一種高度特化的組織，並經由兩種不同骨化方式發育至成熟，分別是膜內骨化及軟骨內骨化。在胎兒時期先由間質細胞所分化的軟骨母細胞(chondroblast)再形成軟骨性的硬骨雛形，之後軟骨進行鈣化及骨膜微血管延伸進入軟骨，這些微血管會形成初級骨化中心(primary ossification center)，骨化開始向兩側移動，由此過程產生的稱為骨幹(diaphysis)。而次發性骨化中心(secondary ossification center)會在骨骺端(epiphysis)發生，骨骺板(epiphyseal plate)將骨幹與骨骺分開，待人體成熟後，骨骺板漸被硬骨所取代，骨頭發育即減緩並逐漸成熟(圖一)。其中，骨骺板的閉合時期會依不同骨骼而有不同，如腳趾約在 11 歲骨化完畢，而手臂和腿的骨骺板約在女性 18 歲、男性 20 歲才閉合，當骨骺板閉合後即決定人體的四肢長度與身高。



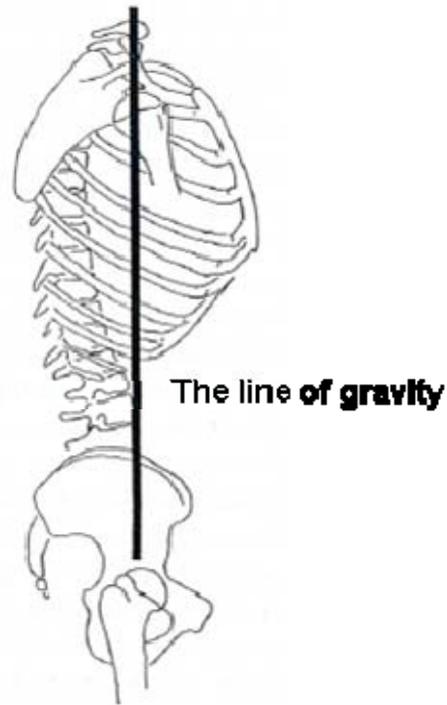
圖一、骨頭的生長過程。胎兒期骨骼主要為軟骨或纖維結締組織，出生後軟骨逐漸被硬骨取代，並且長骨會在兩端骨骺板持續生長延長直至骨骺板閉合。

在成人，即使骨骺板已閉合，造骨細胞和蝕骨細胞仍然持續進行活動。正常狀態下，兩邊的活動保持平衡消長，即造骨細胞形成一新骨元，蝕骨細胞就破壞一個。然而這種規律性的替換會隨著力學刺激而變化，承受壓力較大的部位，該處骨骼較為厚實，反之，較少承受經常性壓力的骨骼變得較薄且細，此一現象稱為重塑 (remodeling)。因此，規律性的運動對正常骨結構為一項重要的刺激。

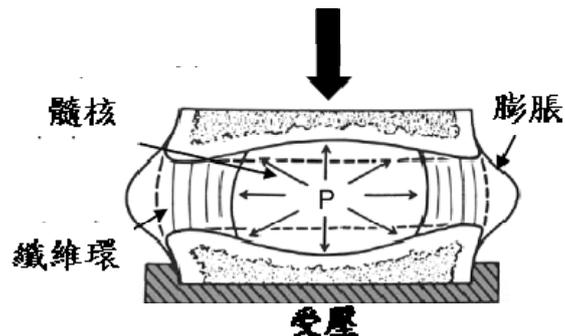
而人體發育成熟後，包含約 206~208 塊骨頭，大體可分為四肢骨與中軸骨。四肢骨包含肩帶、骨盆帶與附肢骨骼，中軸骨則為頭、頸與軀幹。其中，頸部與軀幹骨骼形成脊柱，由側面看脊椎有四個彎曲度，胸椎與薦椎稱為原始彎曲 (primary curves)，於胚胎發育晚期即出現。頸椎與腰椎則為次級彎曲 (secondary curves)，頸彎曲是嬰兒趴臥時抬頭而產生，腰彎曲則是為了站立而形成(圖二)。當人體站立時，上半身重量是由脊椎支撐並轉移至骨盆再到下肢，並且也因為胸彎曲形成彎矩負載，使得脊椎曲度增加(圖三) [1]。而脊椎椎骨之間是由具有纖維性的軟骨做連結，稱為椎間盤(intervertebral disc)，其內部包含大量水分並由具延展性的纖維環(annulus fibrosus)包覆，因而具備吸收衝擊的功能，如同避震器一般，在受到外力時會產生壓縮變形而將能量吸收，避免椎體承受過度壓力(圖四)。



圖二、脊柱的曲度。主要分為原始彎曲與次級彎曲，其中原始彎曲為胎兒時期即形成，次級彎曲則是出生後因力學作用而逐漸產生。



圖三、軀幹直立時，重力線通過腰椎，因此產生一固定彎矩於胸椎[1]。

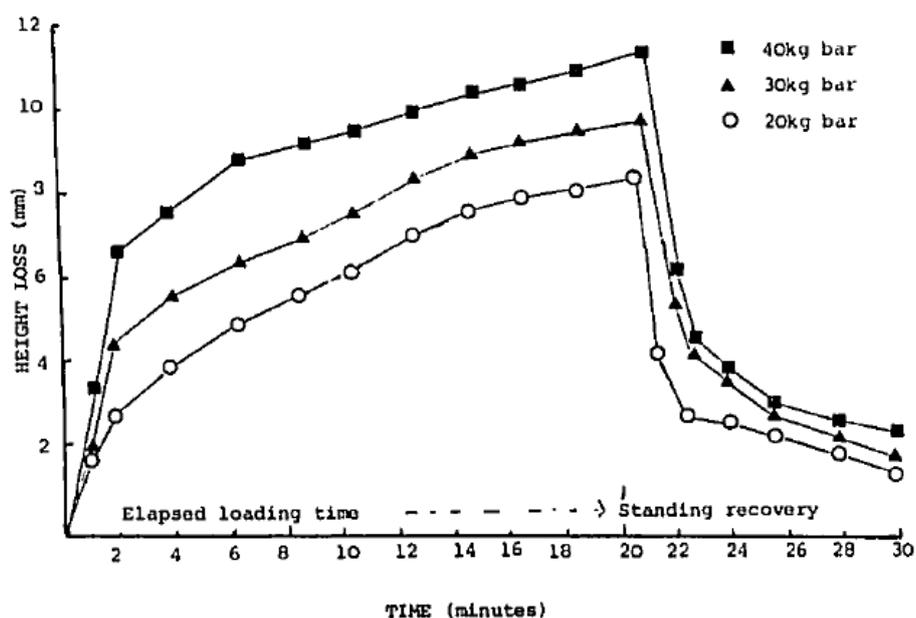


圖四、椎間盤受壓之表現。由於髓核內部約包含 70%水分，幾乎不可壓縮，因此椎間盤受壓後會向外膨脹，外部纖維環受力模式為張力。

### 身高變化

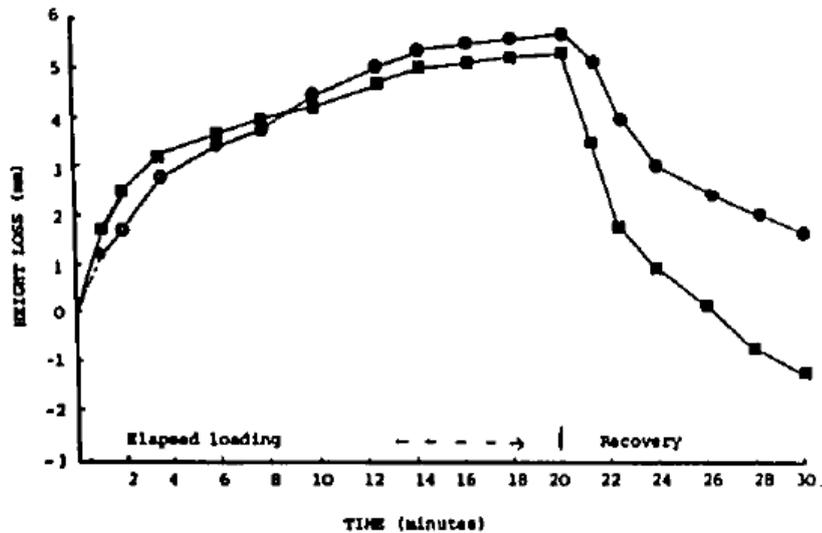
骨骼系統可以提供整個身體結構上的支撐，因此骨骼的長短也就決定了人體高度。大體上，成人的身體長度為依據下肢腿長、上半身長與頭、頸長度而定，其中脊柱整體高度即決定上半身與頸部的長度。就結構來看，脊柱本身除由多個椎節組成外，椎體間並以可壓縮之椎間盤作為連結，再加上脊柱有四個彎曲而使其具備柔軟度，因此，脊柱整體高度將隨著所受重量而產生些微變化，無法維持

固定值。就統計上而言，正常人一天內身高下降比率約為 1%<sup>[2,3]</sup>，亦即身高 170cm 的人會降低 1.7cm 左右，並且身高降低的程度會隨著脊椎所受重量越大而越顯著(圖五)。可以想見，BMI 較大的肥胖族群或是從事勞力工作的族群，身高的變化量將會較一般人大，然而在經過休息一段期間後，身高則將隨著時間逐漸回復。因此，我們可發現，經過晚上睡眠的恢復，清晨起床時身高將是一天中最高的時刻。

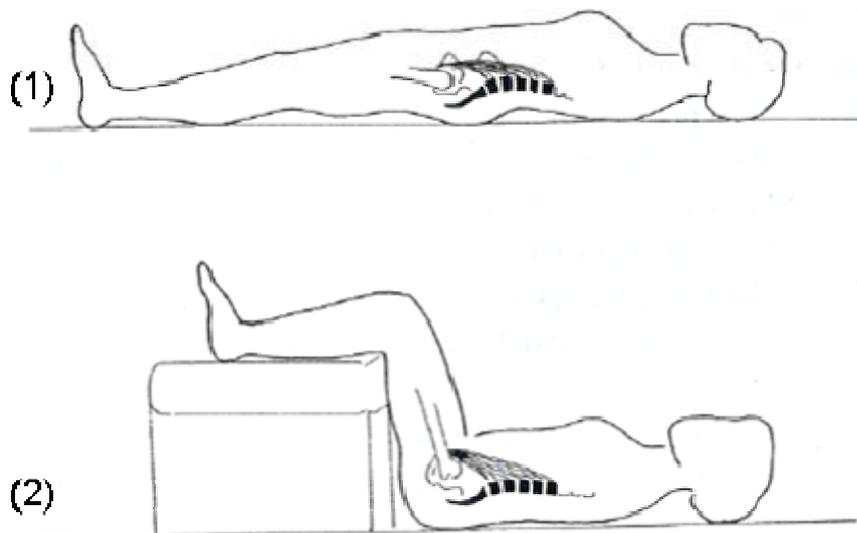


圖五、不同背負載重對於身高變化之影響<sup>[3]</sup>。脊椎負載越大則身高降低量越多。

而身高可回復的程度與速度也和身體休息時的姿勢相關，坐臥姿(fowler's position)相對站立而言，可快速回復損失的高度並且能回復到原始狀態(圖六)<sup>[3]</sup>。其原因在於坐臥姿勢下，身體為仰臥並且雙腳放高，此時膝關節與髖關節呈彎曲狀態，使得由髖關節連結到脊椎的肌肉得以放鬆，因此脊椎幾乎不受到外力而能夠逐漸恢復高度。相對地，站立時為使上半身維持直立狀態，脊椎周圍肌肉仍須產生貢獻來保持姿勢，並且再加上上半身的重量，使得脊椎無法達到幾乎不受力的狀態。而就算身體完全平躺，腰部肌肉也無法完全放鬆，使得腰椎仍然處於受力狀態(圖七)。



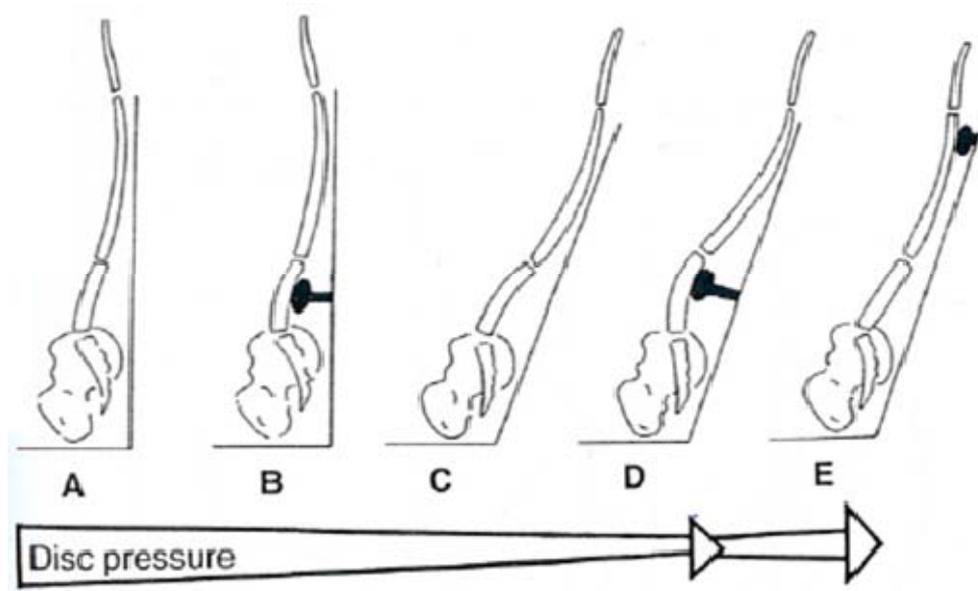
圖六、不同休息姿勢對於身高變化之影響[3]。(■:Standing recovery;●:Fowler posture recovery)



圖七、(1)平躺時，腰大肌被拉長使得腰椎受到部份負載；(2)髖、膝關節彎曲時，腰大肌被放鬆使得腰椎受力減少[4]。

再者，人體用以坐、臥的器具設計也對脊椎受力狀態有所影響，並進而造成上半身高度的改變。當人體垂直坐立時，在腰部給予支撐將可協助分擔上半身重量而減輕脊椎受力。而若是上半身倚靠在傾斜的椅背上，也可達到減輕脊椎受力的作用，甚至於腰部再加以支撐，促使其維持原始曲度，則能夠進一步降低脊椎負擔(圖八)。然而，若是支撐移至胸椎，將迫使腰椎傾向後突(kyphosis)，反而造

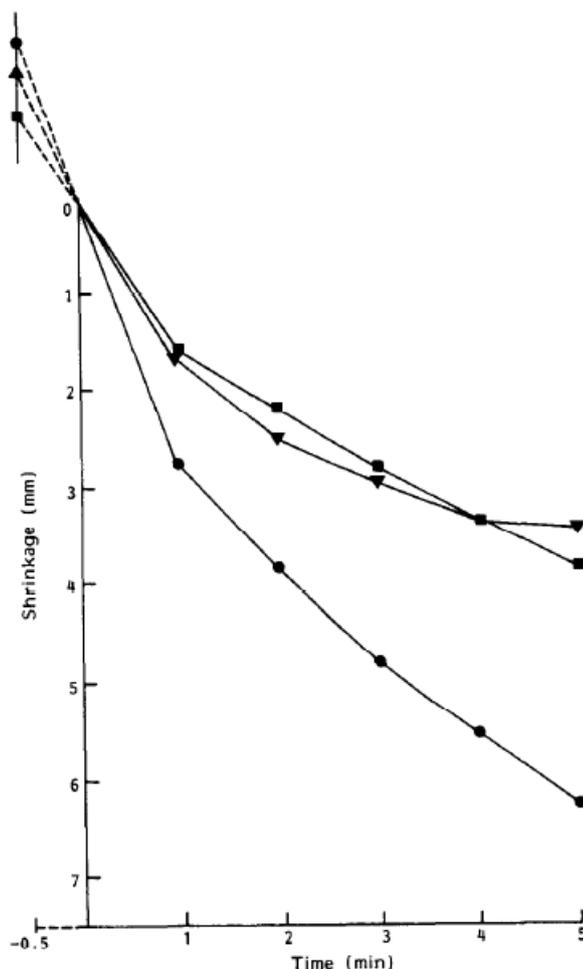
成脊椎受力的增加[5]。因此，使脊椎保持自然的彎曲度，才得以使肌肉放鬆並減輕脊椎負擔。另外，人體睡臥時床墊是否提供適當支撐也會影響脊椎受力。身體平躺時，上半身主要以頭部、頸部、背部與臀部為接觸面，這些部位必須提供足夠支撐以保持脊椎原始曲度。太軟的床墊雖然一開始會覺得相當舒適，然而身體將會過度陷入床墊，臀部、背部與腰部在沒有適當支撐下，造成周圍肌肉為了維持脊椎曲度長時間處於緊繃狀態，不僅導致肌肉酸痛，亦增加脊椎的負擔。然而，太硬的床墊雖可提供良好支撐，卻也可能因床墊過硬無法產生適合人體的曲線，而同樣讓肌肉無法放鬆，並增加脊椎受力。



圖八、背靠傾斜度與背部支撐與否對椎間盤壓力之影響[5]。當背靠傾斜約  $110^\circ$  並且提供腰部支撐將可使脊椎維持在自然的曲度，進而大幅減輕椎間盤壓力。

另外，年齡對於身高的變化程度也會有所影響。屬老年階段的族群(>60 歲)，其上半身長縮短的量與速度較青年與中年族群來的大。在從臥姿轉為坐姿的情況下，維持坐姿一分鐘左右，老年人上半身即會縮短約 3mm，而在五分鐘後則進一步縮短約 6mm[6](圖九)。而青年與中年族群的縮短量則約為 3mm~4mm 左右。另外，從圖九時間與身高下降的曲線圖中，我們可進一步發現在維持坐姿的

期間，脊椎的受力大小並沒有改變，然而身高下降的程度並非維持在固定量。亦即受到持續性的固定外力作用下(constant loading)，身高損失的量會隨著時間逐漸增加，並非如一般彈性體保持在固定的變形量，而這樣的特性則必須由人體組織的力學性質來一探究竟。

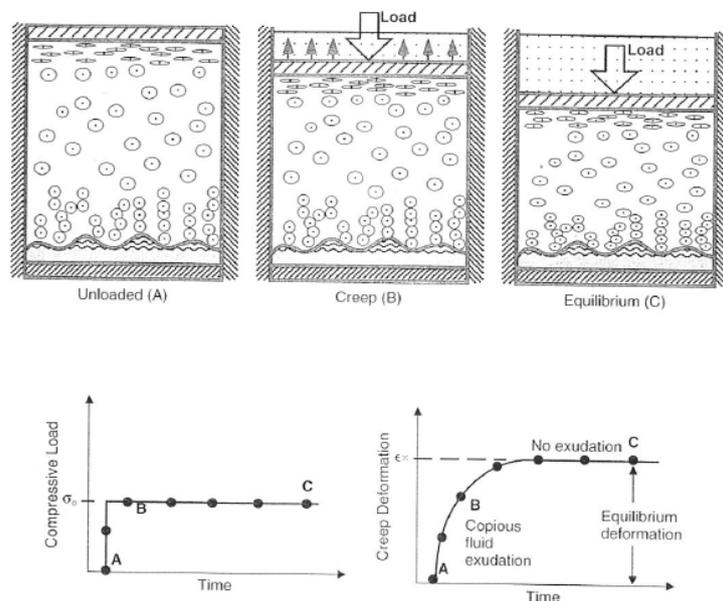


圖九、不同年齡層的身高下降變化(■:20-25 歲;▼:40-45 歲;●:60-65 歲) [6]。由圖可知，60 歲左右的族群其身高縮減量與縮減速度明顯較年輕一輩更為快速。

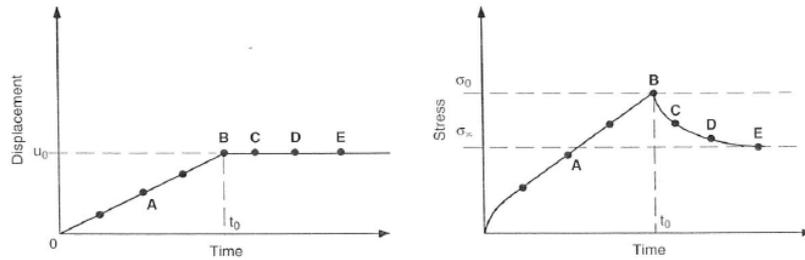
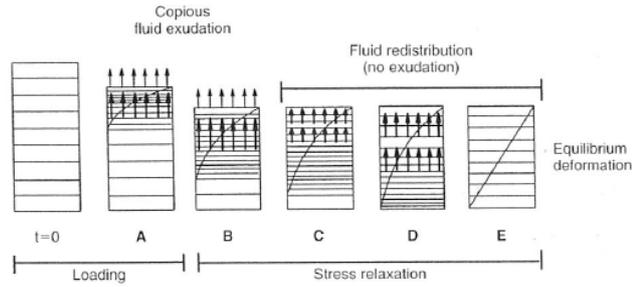
### 人體組織的力學性質

人體所有組織皆為黏彈材料(軟組織與硬組織)，如皮膚、肌肉、韌帶、骨骼、軟骨等，而黏彈材料的力學性質與時間變化相關(time dependent)，其與彈性體的差異在於彈性體於彈性限度內受力後會立即產生變形，而力量卸除後則立即回復到原始狀態。然而，黏彈材料於受力或變形後的內部狀態將隨時間而有所變化。

這些變化包含潛變(creep)與應力鬆弛(stress relaxation)兩種特性，其中潛變指的是當一黏彈物體受到固定外力持續作用下，其變形量將隨著時間而逐漸增加，最後會趨於定值(圖十)。而應力鬆弛則是在固定變形狀態下，黏彈物體內部的應力會隨時間而均勻分布其中，最後會趨於定值(圖十一)，而此現象就如同由上方給予固定變形量於層層堆疊的吸水海綿，起始時越上層的海綿變形量越大，然而持續一段時間後可發現每一層海綿的壓縮量趨於一致。而這樣的特性特別容易由含水量較高的關節軟骨與椎間盤所表現出來。因此，包含多個椎間盤的脊柱也將明顯表現出該黏彈性質。

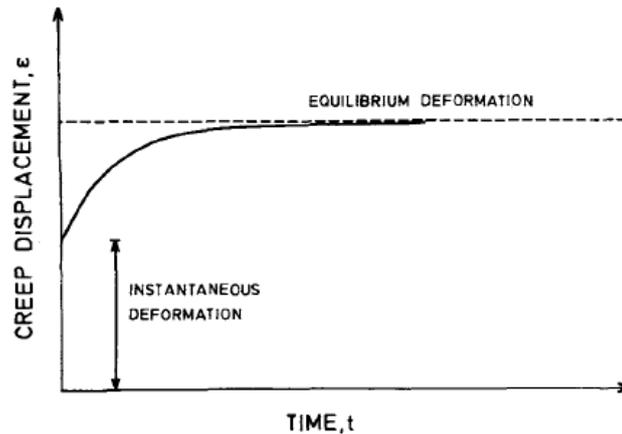


圖十、給予固定壓力下，軟骨變形量與時間之關係[4]。壓力施加後，軟骨內部水分逐漸排出，因此變形量亦隨之增加最後達到一定值。



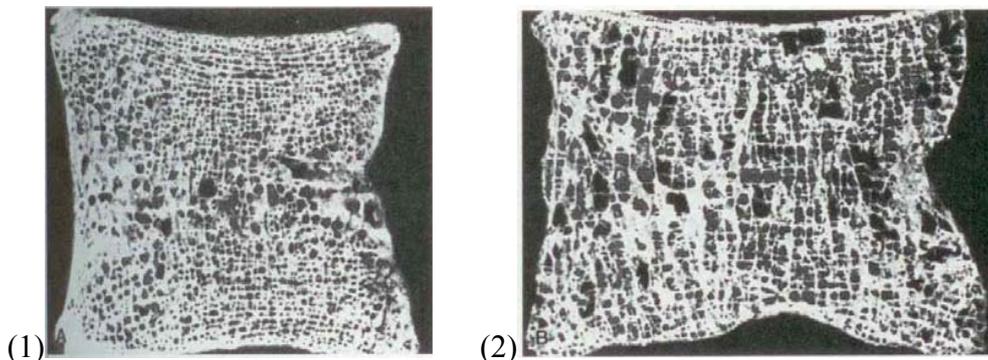
圖十一、給予固定變形下，軟骨內部應力與時間之關係[4]。起始時，軟骨內部應力隨變形量逐漸增加。當變形量維持固定後，軟骨內部水分不再排出並重新均勻分布，此時應力亦均勻分散於其中。

過去針對腰椎的力學測試即發現，在給定固定軸向壓力下，椎間盤一開始會有瞬間變形產生，之後變形量隨著時間逐漸增大，最後達到一個定值(圖十二)，因此可充分解釋早晚身高為何會產生些許變化。另外，經由測試不同退化程度的腰椎發現，隨著椎間盤退化程度增加，其材料性質也跟著下降，並且年齡也對椎間盤力學性質有所影響。因此，在潛變的表現上，年齡較大者潛變率亦越大，並且椎間盤退化越嚴重，潛變率也隨之增加[7]。這個現象充分說明前述老年族群的身高下降速率較快，並且下降的量也會較年輕族群多。

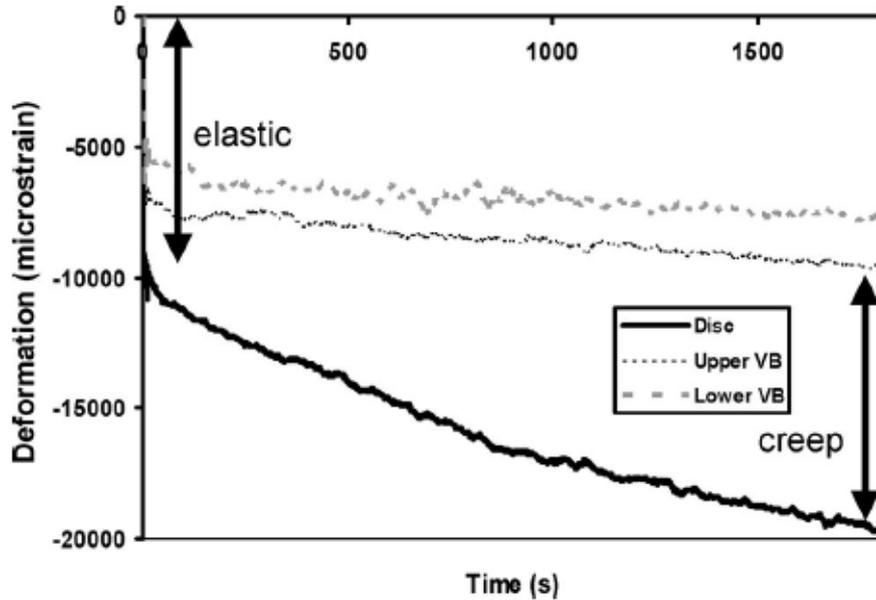


圖十二、腰椎椎間盤的潛變特徵[7]。外力剛施加時，椎間盤會產生瞬間變形。而當外力持續一段時間後，其變形量則隨時間逐漸增加並趨於定值。

上述的力學試驗主要闡述椎間盤於固定外力下，產生潛變效應而使得椎間盤高度降低，進而導致人體身高產生變化。然而，當老化或女性更年期時，人體骨質將變的較為疏鬆(圖十三)，因此充滿骨小樑的椎體力學性質亦將有所改變。近期研究指出，在承受壓力下，老化椎體的彈性變形為鄰近椎間盤的 1.5 倍，並且潛變約為鄰近椎間盤的 3~4 倍(圖十四) [8]。而在椎體與椎間盤的高度變化方面，不論上椎體或下椎體其高度損失量皆較椎間盤大。因此，對年輕族群而言，身高的變化應主要集中於椎間盤高度的改變。而隨著人體老化，椎間盤與椎體抵抗壓力的能力降低，兩者將同時導致身高的改變。



圖十三、(1)正常椎體與(2)骨質疏鬆之椎體[4]。當骨質疏鬆發生後，椎體內部的骨小樑結構變得較為細長甚至部分消失。



圖十四、椎體與椎間盤之變形與時間關係[8]。

## 總結

決定人體上半身高度的脊柱對身高變化的影響程度相當關鍵，而由於人體組織屬黏彈材料，即便處在較為放鬆的坐、臥姿勢下，脊柱仍須承受到上半身重量，因而導致脊柱高度隨著時間而降低。同時，不同的坐臥姿勢與背靠角度也會影響脊椎周圍肌群作用，而可能增加脊椎負擔。另外，椎間盤退化、老化或女性更年期帶來的骨質疏鬆也將影響脊椎的力學性質與潛變率，造成身高變化較大。就統計上來說，正常人平均一天的身高變化約為 1.9mm，因此，我們可以藉此推測，身高量測時若較前一年或年輕時降低過多，這可能是由於骨質疏鬆亦或椎間盤或關節軟骨退化所導致。

## 參考文獻

1. Asmussen E, Klausen K, Form and function of the erect human spine. *Clin Orthop Relat Res* 25:55-63, 1962.
2. Puky P de, The physiological oscillation of the length of the body. *Acta Orthop Scand* 6:338-347, 1935.
3. Tyrrell AR, Reilly T, Truop JD, Circadian variation in stature and the effects of spinal loading. *Spine* 10(2): 161-164, 1985.
4. Nordin M, frankel VH, Basic biomechanics of the musculoskeletal system Third edition, 2001.
5. Andersson GBJ, Ortengren R, Nachemson A, Elfstrom G, Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. 1. Studies on and experimental chair. *Scand J Rehabil Med* 6:104-114, 1974.
6. Magnusson M, Hult E, Lindstrom I, Lindell V, Pope M, Hansson T, Measurement of time-dependent height-loss during sitting. *Clin Biomech* 5:137-142, 1990.
7. Keller TS, Spengler DM, Hansson TH, Mechanical behavior of the human lumbar spine. I. Creep analysis during static compressive loading. *J Orthop Res* 5(4):467-478, 1987.
8. Pollintine P, van Tunen MS, Luo J, Brown MD, Dolan P, Adams MA, Time-dependent compressive deformation of the ageing spine: relevance to spinal stenosis. *Spine* 35(4):386-394, 2010.