

高活動性人體工學工作椅的 研究發展

A Research and Development of an Ergonomical Chair
for High Mobility Industrial Jobs

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

八十二年度研究計畫

高活動性人體工學工作椅的 研究發展

計畫主持人：游志雲 清華大學工業工程研究所副教授
研究人員：林彥宏 清華大學工業工程研究所碩士班
陳雅珮 清華大學工業工程研究所碩士班

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
國立清華大學工業工程研究所^{編印}

中華民國八十二年六月

高活動性人體工學工作椅的研究發展

摘 要

高活動性工作椅的設計是根據人體工學的原理，採用高坐姿及誘導式靠背來減輕坐姿所造成的肌肉緊張、脊柱打直變形等疲勞及病變，並且增加上半身前屈、後仰及扭轉的活動能力，其適用於如成衣縫紉、電子、文具、玩具等裝配作業，及郵局的信件分發等高活動性的工作。

為了達到高坐姿的要求，椅面設計成前後兩段式，後段水平椅面用來支撐骨盆所承載的上身體重。前段的前傾椅面用來維持大腿向下傾斜的角度，保持 105° 的軀幹—大腿夾角，降低骨盆迴轉及脊柱打直變形。靠背亦分為上下兩段，下段為腰靠背用以持續的維持腰脊的前彎曲率(lordosis)，上段為胸靠背，作為工作中上身間歇性後仰時的支撐。

本實驗利用自行設計製作的三度空間脊椎曲線量測儀精確的量測立姿、挺直坐姿、前彎坐姿、全仰坐姿、半仰坐姿等五種脊椎曲線及腿後輪廓線與坐骨粗隆的相對位置作為椅面及靠背的高度、深度、角度、曲率等十二個參考尺寸。

依據十二項尺寸資料，本計畫研製出一張原型椅引起了廣泛的迴響，然而，它畢竟只是張理論上的原型椅，在上市前仍須進一步的發展與評估。

關鍵字：椅子設計、工作椅、工作姿勢、人體工學

A Research and Development of An Ergonomical Chair for High Mobility Industrial Jobs

Abstract

The purpose of this high-mobility work chair is to minimize sitting-induced musculoskeletal disorders and to increase the mobility of the upper torso by making the operators adopt sit-stand postures. This work chair will be appropriate for industries, such as sewing, assembly and mail sorting of the post office.

To achieve this purpose, this chair was designed with special seat-pan and backrest features to accommodate the musculoskeletal geometry of the sit-stand posture. The seat-pan consists of a rear horizontal section which supports the upper body weight, and a thigh support which maintains a 105° torso-to-thigh inclined angle. The backrest consists of a lumbar support which shapes the lumbar into lordosis, and an upper thoracic support which supports the upper back during backward leaning.

To investigate the design parameters for this chair, spinal curves of five postures and a posterior thigh profile were collected using a 3-dimensional spinal curvature measurement device. These spinal curves and thigh profile were used to extract 12 basic design parameters and other measurements.

Based on the design parameters, a prototype chair was designed and constructed. It has attracted much attention from potential users and chair manufacturers. However it is only a laboratory prototype, further development, validation and assessment are still needed before it can be put on market.

Keywords: Chair design, Work chair, Working posture, Ergonomics

目 錄

第一章 緒 論.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 文獻回顧.....	2
1.4 工作椅的生物力學原理.....	12
第二章 材料與方法.....	17
2.1 所需人體計測尺寸.....	17
2.2 受試者.....	21
2.3 設備的配置與實驗程序.....	21
第三章 結 果.....	35
第四章 討 論.....	37
4.1 原型椅尺寸.....	37
4.2 與以前的推薦尺寸作比較.....	38
4.3 椅子設計的參考點.....	38
4.4 三度空間人體尺寸計測法.....	39
第五章 結論與建議.....	40
5.1 後續發展.....	40

圖 例

1.1	坐姿時，脊椎呈多道彎曲，頸椎及腰椎向前彎曲 (Lordotic)	4
1.2	坐姿時，由於大腿的迴轉，使得腿後腱肌群與臀肌群產生拉伸的張力，導致骨盆向後迴轉，使脊椎的曲率產生變形。尤其是腰脊打直了或向後彎曲。	5
1.3	當我們採取坐姿，腰椎打直以後，脊間環承受較大的不對稱力作用，同時脊後韌帶、背肌以及中樞神經都被拉伸了。	6
1.4	當軀幹與大腿的夾角由 180° (B)轉變為 135° (C)時，腰椎的變形量很小，但是由 135° (C)轉變為 90° (D)時，變形量就嚴重得多了。	9
1.5	無重力狀態下之標準姿勢（或休息姿勢）	10
1.6	各種工作椅	11
1.7	採用高坐姿時，臀窩剛好與椅子的前緣吻合在一起，此時坐骨結節位於前緣後方約 3 ~ 4 公分的位置，因為壓力集中於臀窩，常常使得下肢麻痺。	13
1.8	坐姿的改變是以坐骨結節作為迴轉中心，轉動骨盆，進而帶動脊椎的曲率變化。直立坐姿的腰脊與坐骨結節的水平距離最小，而前彎坐姿的水平距離最大。	14
1.9	在使用腰靠背的情形下，我們可以採行全仰坐姿以及直立坐姿。這二個坐姿就是胸脊的活動範圍（在使用腰靠背的情形下）。在二者之間，我們可以採取一個中間值的半仰坐姿。	15
2.1	十二個椅子設計基本尺寸。	18
2.2	自製之三度空間脊椎曲率描繪儀	19
2.3	量測之設備	20
2.4	量測脊椎挺直時之畫面	22
2.5	量測脊椎彎曲時之畫面	23
2.6	五個脊椎曲線同時呈現之畫面	24
2.7	量測時在脊背上畫記號	26
2.8	量測時計算椅高	27

2.9	量測臀部縱深之尺寸.....	28
2.10	量測坐骨結節位置	29
2.11	量測大腿下緣曲線	30
2.12	量測立姿時的脊椎曲線	31
2.13	量測直立坐與前彎坐姿的脊椎曲線	32
2.14	量測仰姿的脊椎曲線.....	33
3.1	五個脊椎曲線與一個大腿後側曲線重疊的圖形，重疊點(0,0)就是坐骨結節的座標。(這是一個身高166公分的人的資料)	35
4.1	原型椅	37

表 格

3.1 統計後的基本尺寸資料.....	36
---------------------	----

第一章 緒 論

1.1 研究緣起

勞工密集的工業如成衣加工、電子裝配等的就業人口有逐漸高齡化的趨勢，這些就業人口多是長時間坐著工作，長時間坐著工作容易衍生各式各樣的下腰部筋骨肌肉疼痛及毛病，尤其隨著就業人口的高齡化，問題將逐一顯現；國外的相關研究指出，由於坐姿工作所引起的下腰部筋骨肌肉疼痛及毛病並不下於因為重體力工作所引致者，勞委會安全衛生處有鑑於此，遂於八十年三月起委託我們從事工作椅的研究調查。

初期的研究，目的在了解我國目前坐著工作的就業人口使用工作椅的情形，為期三個月的調查指出目前使用的工作椅為簡陋的一般椅子或板凳，全然無法滿足使用者工作姿勢之需要，當作業員工作時多將身體前移至椅子的前緣，根本無法使用靠背，更甚者有許多人因靠背妨礙其轉身等動作，索性將靠背拆除或破壞。於是乎，作業員的工作姿勢多呈大幅度的屈曲，導致腰椎的曲率變化高達 34° ，為極端不良的姿勢。八十一年八月勞委會安全衛生研究所成立，承繼三個月的研究，委託我們繼續研究，祈能開發設計一張合於國人使用的工作坐椅，同時由於各種行業有不同的工作姿勢要求，為求慎重起見，特別將椅子的使用對象限定在高活動性的工作，諸如成衣、電子裝配及郵局分信工作等，以祈降低往後所可能衍生的肌肉筋骨病痛，造福勞工。

1.2 研究目的

本計畫的目的是根據人體工學的原理採用高坐姿及誘導式靠背來減低由於長時間坐姿工作所造成的肌肉緊張、脊柱打直變形等疲勞及病變；同時藉由肌肉緊張與脊柱變形的減低，增加上身前屈後仰及扭轉的活動能力。

高活動性工作椅採用高坐姿的目的在於降低人體由於坐姿所產生的

向後迴轉及脊柱打直，脊柱打直後會引發多種脊椎疼痛及病變。爲了達到高坐姿的要求，椅面採用兩段式設計，前段前傾椅面用來維持大腿於向下傾的角度，保持 105° 的軀幹—大腿夾角，降低骨盆迴轉及脊柱打直變形，後段水平椅面用來支撐骨盆所承載的上身體重。採用誘導式靠背的目的在進一步強化脊柱於一種比較接近自然中性的脊柱曲率。經過精確量測各種姿勢下，脊柱的曲率與脊柱和骨盆的相對位置，詳細決定靠背寬度，使其恰好足夠支撐脊柱面又不影響上身的扭轉；靠背的位置、曲率以及厚度、彈性也是經過精確的測量恰好可以誘導脊柱於一個比較自然中性的曲率。另外，爲了使這個工作椅適用於廣大的就業人口，椅面的高度也有十公分的調節範圍，靠背的距離也有十公分的調整間距。

爲了設計這個椅子，先行設計製作出三度空間人體計測儀來量測站姿、直立坐姿、前彎坐姿、全仰坐姿及半仰坐姿等五個姿勢的脊椎曲的十二個相關尺寸，作爲椅子設計的基本尺寸依據。根據該尺寸，製作五個新的椅子原形。實際應用上，這些椅子將可適用於成衣縫紉、電子、文具、玩具等裝配作業，與郵局的信件分發等高活動性的工作；功能上，這些椅子將可增加上身活動能力，減輕肌肉筋骨的病痛，對防止慢性職業病，提高勞工福祉有積極的貢獻。

1.3 文獻回顧

隨著科技不斷的進步，工商業不斷的發展，越來越多的人必須長時間的坐著工作，其作業類型不論是屬於製造業的生產線工作，如製衣、電器、光學等，或在辦公室內從事物性的工作，如銀行、打字、電腦資料輸入等，均可能由於長時間的維持同一個固定的姿勢，造成肌肉筋骨過度的應力累聚而衍生各式各樣的肌肉筋骨毛病 (Musculoskeletal disorders)，輕微者造成筋肉疼痛，嚴重者必須開刀治療。其所造成的工時損失、醫療費用，以及勞工賠償的損失，光在美國一地就得耗用二百億美元，其所造成的社會成本不可謂少。

一般學者專家都認爲下腰部的毛病多與從事粗重的工作有關，如抬舉重物，然而流行病學的資料顯示：坐姿所導致的下腰部病痛，其致病率 (incident rate) 並不亞於因從事粗重類型之工作所導致者。Mogora 的

報告指出，非坐著工作的作業人員 (non-sedentary workers) 其致病率為 6 ~ 22%，而坐著工作的作業人員亦在 10 ~ 14%，兩者相差無幾 (L.Mogora, 1970)。Rowe(1983)的下腰部病痛患者之病歷統計指出，41% 的患者乃屬於粗重類型工作者，而 43% 的患者乃屬於坐著工作者。Floyd(1986)指出礦工的致病率為 69% 而坐著工作的人為 58%。〔註：有些患者其工作性質被同時歸屬於兩類之中。因此兩類統計數值之和非為 100%〕。

立姿時，脊椎呈多道彎曲，頸椎及腰椎向前彎曲 (Lordotic)，而胸椎與薦椎向後彎曲

由於坐姿所導致的肌肉筋骨毛病，最直接的也是最嚴重的要算是下腰部的病痛，其次便是頸部與肩部的病痛。當我們站立時，軀幹與大腿之間的夾角是 180° ，這個時候，我們可以發現脊椎呈多道彎曲，頸椎的弧向前彎曲 (lordotic)，胸椎的弧向後彎曲 (kyphotic)，腰椎又向前彎、而薦椎又向後彎 (見圖 1.1)。此種脊椎的自然曲率是人類進化過程中慢慢演變的，由生物學的觀點來看，自然被認為是一個比較合理的姿勢。可是當我們坐下來時軀幹與大腿的夾角變成 90° ，由於大腿對骨盆 (pelvis) 迴轉 90° ，因此連接骨盆與大腿的臀肌群 (gluteus muscles) 以及大腿後側的腿後腱肌群 (hamstring muscles) 受到大腿骨 (femur，股骨) 迴轉的影響而拉展，拉展產生張力，此張力使得骨盆向後迴轉於是造成腰脊打直 (見圖 1.2)。腰脊打直後便衍生出許多弊病，例如 (I) 脊間環 (intervertebral disc) 產生較大的不對稱壓力 (asymmetrical pressure)，(II) 脊後韌帶受到拉展，(III) 腰肌 (erector spinae) 呈現緊張，以及 (VI) 中樞神經受到拉展 (見圖 1.3)。以下便是針對這四種應力略作說明。

(I) 脊間環產生較大的不對稱力。當我們站立時，腰椎向前彎，由於生物進化的演變，脊間環的前緣較高，而後緣較低；脊間環的中心為一種軟質的物質，叫做脊間核 (nucleus)，此時脊核受到壓力是前後平衡的。可是當腰打直以後，脊間環的前緣變矮，而後緣變高了，這樣的改變使得脊間核的壓力前後不平衡，不平衡的壓力總是指向後端，此時脊間環的後緣，由於變高已經比較脆弱，又不斷受到脊間核不對稱壓力的壓迫，便可能造成脊間環的後緣變形、龜裂、穿孔，更進而讓脊間核擠壓到中樞神經上，造成神經疼痛或失去知覺。

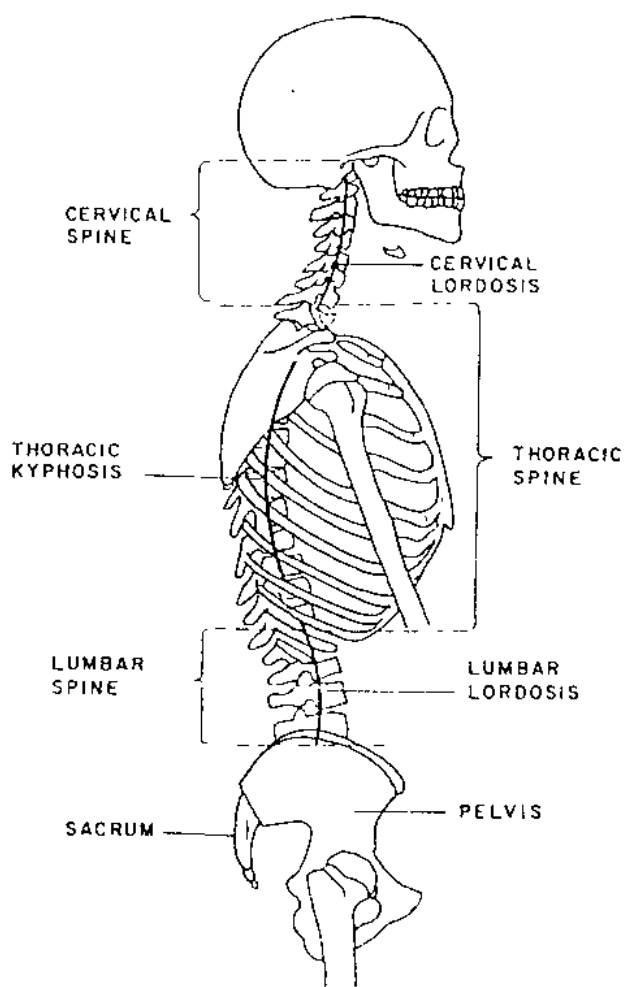


圖 1.1 坐姿時，由於大腿的迴轉，使得腿後腱肌群與臀肌群產生拉展的張力，導致骨盆向後迴轉，終於使的脊椎得曲率產生變形。尤其是腰脊打直了或向後彎曲。

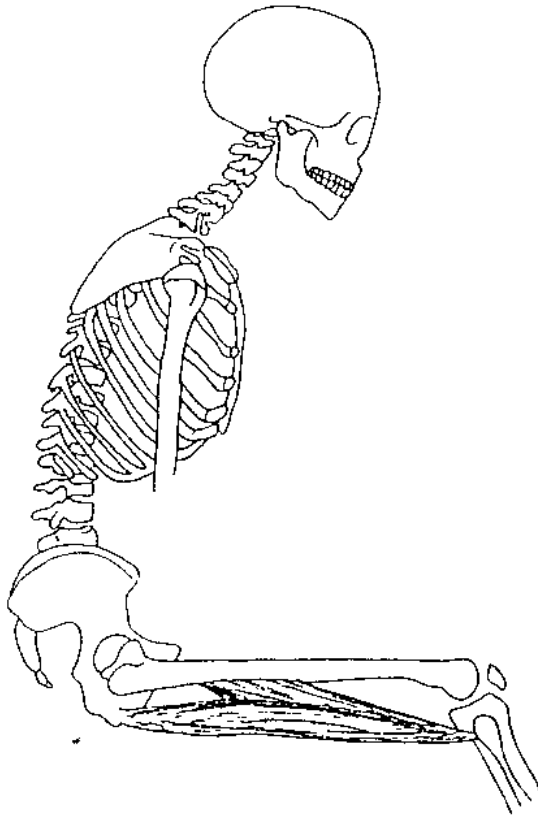


圖 1.2 當我們採取坐姿，腰椎打直以後，脊間環承受較大的不對稱力作用，同時脊後韌帶、背肌以及中樞神經都被拉展了。

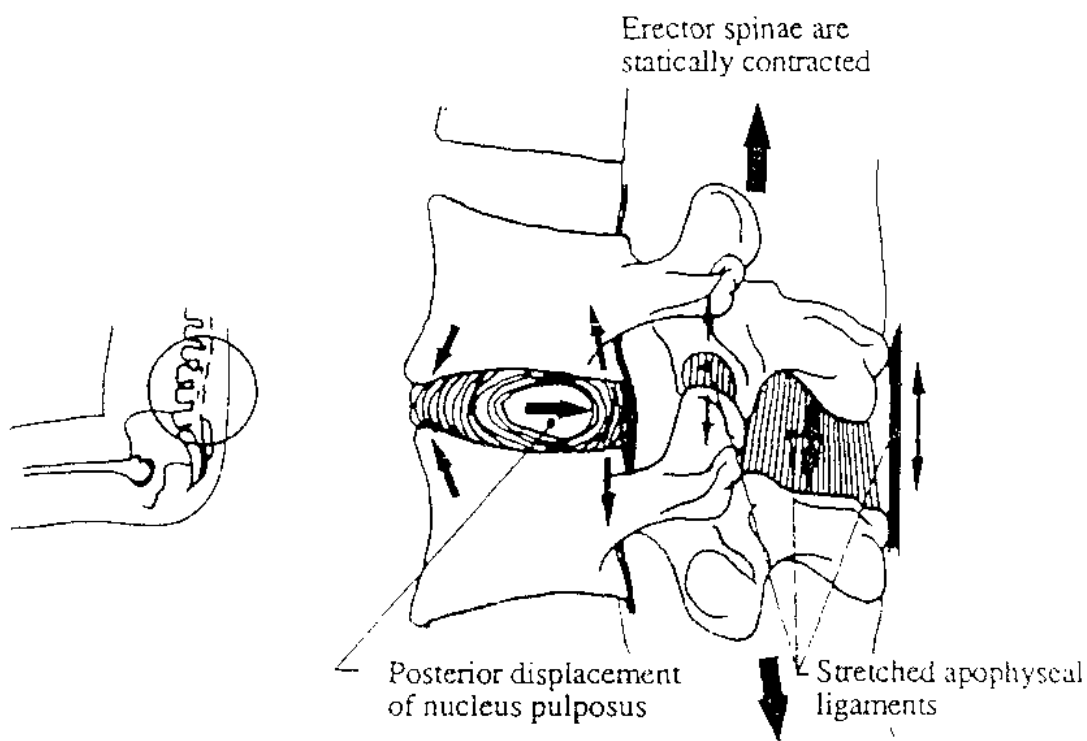


圖 1.3 當我們採取坐姿，腰椎打直以後，脊間環承受較大的不對稱力作用，同時脊後韌帶、背肌以及中樞神經都被拉展了。

- (II) 腰肌呈現拉展。當腰椎打直後，腰肌也同時被拉展了，根據肌肉伸縮的原理，當肌肉被拉展時，其收縮的效率便降低了，意即此時腰肌必須耗用較多的能量才能產生足夠的力量以克服腰脊的變形。由於體能的消耗較大，所以腰肌通常採取放任的態度，讓維持腰脊姿勢力量的工作由韌帶來承擔。
- (III) 脊後韌帶受到拉展。當採立姿時，腰椎後端的韌帶 (posterior ligaments) 都是鬆弛的，然而由於腰椎打直後，脊後韌帶就被拉直了。脊後韌帶是用來限制腰椎的活動角度，以免活動角度過大而傷及脊間盤，可是當我們採行坐姿時，爲了節省肌肉出力的關係，維持姿勢的力量往往由脊後韌帶來承擔，於是脊後韌帶便常常被拉展至其最大限度，因而造成彈性疲乏，使得纖維斷裂或自根部脫落造成疼痛。
- (IV) 中樞神經受到拉展。中樞神經是埋在中樞神經通渠 (spinal canal) 中，它是由脊柱 (spinal vertebral body) 與後端的拱突 (posterior arch) 所圍成的。由於採坐姿時，腰脊打直，使得中樞神經通渠的長度增長了，於是中樞神經也被拉長，一般而言此現象並不足以造成太大的傷害，然而當中樞神經通渠裡若有異狀突出物產生時，神經便會因過度的拉展而受到擠壓。

上述四種組織均長著爲數頗多的末梢神經，因此過度的應力往往會刺激到末梢神經，難怪我們在長時間的坐姿後會感到腰酸背疼。坐姿除了會衍生肌肉筋骨的疼痛之外，還會降低身體的活動能力，使肌肉筋筋骨的疼痛雪上加霜。

當我們站立時，我們的腰椎相對於骨盆有 60° 的向前俯曲的活動能力 (2.Kapandji,1974)，這個活動能力可以使我們很輕易的從事一般性的俯身工作，如俯身裝配工件等。可是當我們坐下時，在骨盆向後迴轉的情況下，仍要保持上身於直立的狀態，因此腰椎必須對骨盆做 35° 的俯曲 (flexion)，這麼一來腰椎的俯曲能力就只剩下 25° 的範圍了。因此我們俯曲的能力就大大的受到限制，這對高活動性的工作，是一個很大的不利因素。在此要強調的是這 25° 的活動所須耗用的肌肉收縮以維持姿勢的耗能是很大的，其所衍生的筋骨應力累積更大，因此更加劇肌肉筋骨的疼痛。

既然坐姿會衍生出這麼多的弊病，那麼是否便從此以後我們就不需

要坐椅子了呢？我想，吾人毋需如此悲觀，只要上述所提到的弊病能夠減除或降低，椅子的好處總是多於壞處的。約在 40 年前，有個骨科醫生名叫 Keegan，發現當我們的軀幹與大腿間的夾角若是由 180° 轉變為 135° 時，腰椎變形（打直或向後彎）的程度便不嚴重，然而在小於 135° 以內時，腰椎變形率就嚴重多了（見圖 1.4）。因此他提出一個假設性的標準姿勢 (normal posture)——軀幹與大腿的夾角呈現 135° 的姿勢。而站立時的腰椎曲率被他認為是過度向前彎曲的 (lordotic)，而坐姿的腰脊則是過度的打直或向後彎曲 (kyphotic)。這個假說在二十年以後被證實了，太空實驗證明，人在無重力的狀態下休息時（身體肌肉與骨節均在鬆弛的情形下），軀幹與大腿的夾角維持在 128° 左右（見圖 1.5）。這個姿勢也就是解剖學上所說的休息姿勢或標準姿勢 (resting posture or normal posture)，雖然這種姿勢只存在無重力狀態下，但是如果在我們身處的重力環境下，適當的保持這種坐姿，便能夠一方面減輕筋骨的應力，一方面達到最大的身體活動能力。

根據這種論點，我們應該可以設計一種椅子，以維持較佳的脊椎曲率。事實上，早在這種理論廣泛受到重視之前，就有各種的工作用椅問世，較為廣泛使用的有 adjustable plat-form stool，和 sit-stand stool（見圖 1.6）。在這理論被提出之後，首先 Mandal 設計了一種向前傾斜的高椅子，Hog 和 Westnoga 設計了一種人必須跪在椅子上的 Balan'schair，con-gleton 設計了椅面凹凸明顯的 neutral posture 椅子把人緊緊的包裹在椅子裡，Opswik 設計了馬鞍形椅子，Palmgren 設計了腳踏車坐墊形的椅子。這些椅子都能很有效的防止骨盆向後迴轉，因而保持一個較佳的腰椎曲率。可是這些椅子都尚未被廣泛接受，因為有些椅子雖然可以一方面保有站立的姿勢，一方面減輕腳的用力，這種椅子可以用於站立型態的工作，如演講，銀行櫃台工作等，然而仍須耗用相當程度的腳力來維持姿勢，因而無法用於像縫紉等需要用腳來操控機器的工作。有些椅子則會造成人向前滑下，並在臀部產生難以忍受的剪力累積，有些椅子則反而造成腰椎過度的向前彎（Lordotic，註：過度的 Lordotic 也是不良的），以及膝蓋上便受很大的壓力，有些椅子則由於過度凹凸有致，以致於姿勢完全無法改變，況且造成排汗排熱的困擾。

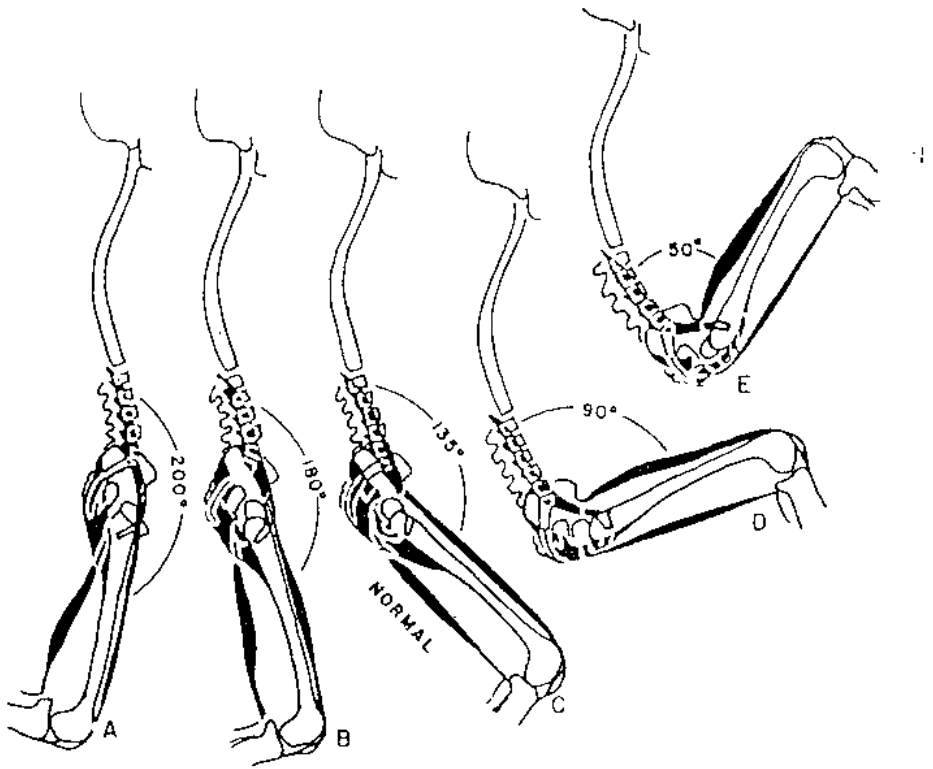


圖 1.4 當軀幹與大腿的夾角由 180° (B) 轉變為 135° (C) 時，腰椎的變形量很小，但是由 135° (C) 轉變為 90° (D) 時，變形量就嚴重得多了。