

高活動性人體工學工作椅

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

游志雲副教授

李翔詣博士

清華大學工業工程研究所

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低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。

爲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。靠背亦分爲上下兩段，下段爲腰靠背用以持續的維持腰脊的前彎曲率 (lordosis)，上段爲胸靠背，作爲工作中上身間歇性後仰時的支撐。

本研究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爲椅面及靠背的高度、深度、角度、曲率等十一個參考尺寸。

依據十一項尺寸資料，本研究研製出一張原型椅，引起了廣泛的迴響。目前我們正在進行量產的試作與現場試用及評估，預計一年以後會向產業界推出，希望能夠降低我國勞工因坐姿所導致的筋骨肌肉疲勞及病變。

關鍵詞：椅子設計、工作椅、工作姿勢、人體工學

新竹市30043光復路二段一〇一號

TEL: (035) 720-417

FAX: (035) 722-685

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 including angle. The backrest consists of a lumbar support which shapes the lumbar into lordotic, 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.

Key words : Chair Design, Work Chair, Working Posture, Ergonomics

緒 言

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，或在辦公室內從事事務性的工作，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。

一般學者專家都認為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 (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(1)

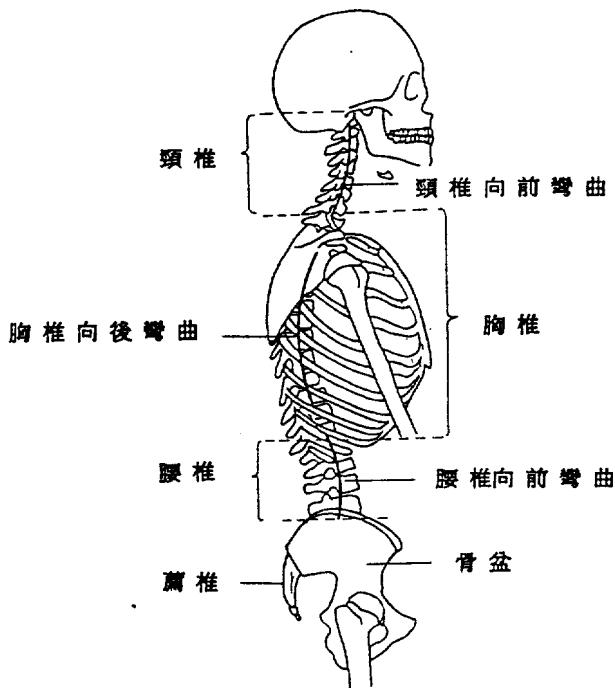
由於坐姿所導致的肌肉筋骨毛病，最直接的也是最嚴重的要算是下腰部的病痛，其次便是頸部與肩部的病痛。當我們站立時，軀幹與大腿之間的夾角是 180°，這個時候，我們可以發現脊椎呈多道彎曲，頸椎的弧向前彎曲 (lordotic)，胸椎的弧向後彎曲 (kyphotic)，腰椎又向前彎，而薦椎又向後彎 (見圖一)。此種脊椎的自然曲率是人類進化過程中慢慢演變的，由生物學的觀點來看，自然被認為是一個比較合理的姿勢。可是當我們坐下來時軀幹與大腿的夾角變成 90°，由於大腿對骨盆 (pelvis) 迴轉 90°，因此連接骨盆與大腿的臀肌群 (gluteus muscles) 以及大腿後側的腿後腱肌群 (hamstring 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 (見圖二)。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 (見圖三)。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。

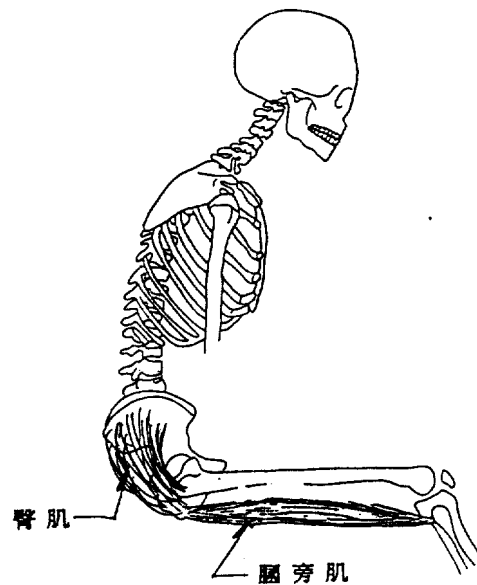
(II) 腰肌呈現拉展。當腰椎打直後，腰肌也同時被拉展了，根據肌肉伸縮的原理，當肌肉被拉展時，其收縮的效率便降低了，意即此時腰肌必須耗用較多的能量才能產生足夠的力量以克服腰脊的變形。由於體能的消耗較大，所以腰肌通常採取放任的態度，讓維持腰脊姿勢力量的工作由韌帶來承擔。

(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

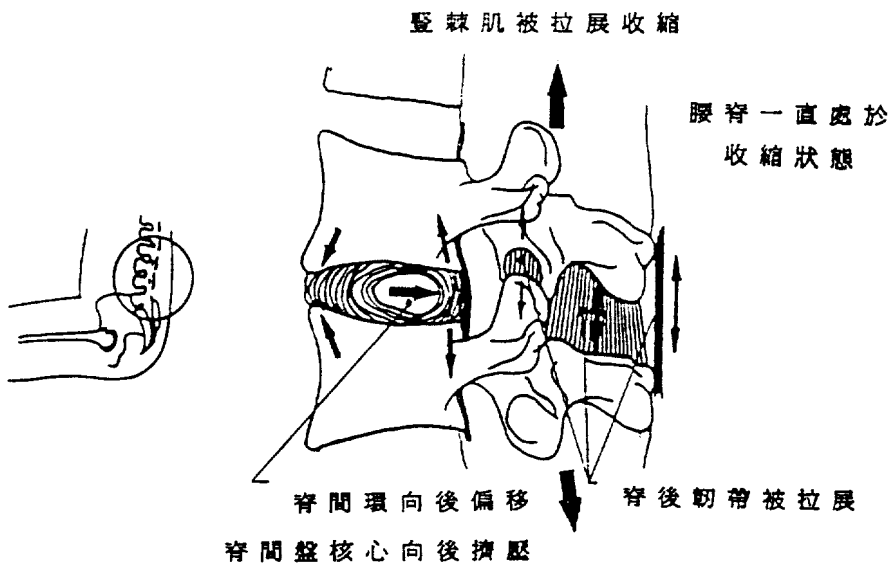
註(1): 有些患者其工作性質被同時歸屬於兩類之中，因此兩類統計數值之和非為 100%。



圖一 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。



圖二 坐姿時，由於大腿的迴轉，使得腿後腓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。



圖三 當我們採取坐姿，腰椎打直以後，椎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。

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。

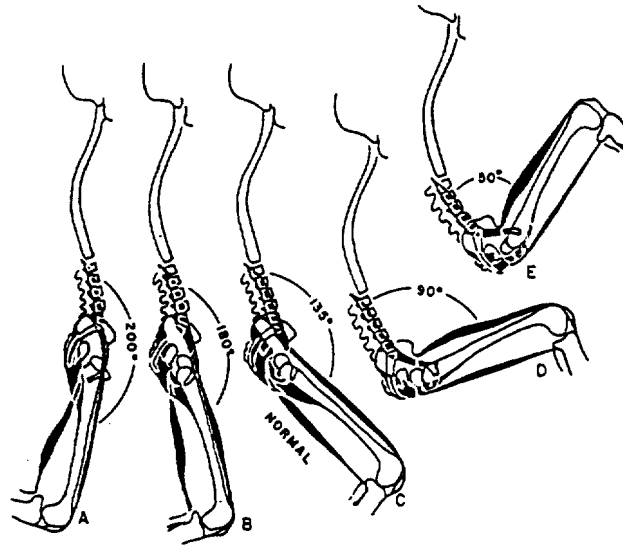
(IV) 中樞神經受到拉展。中樞神經是埋在中樞神經通渠 (spinal canal) 中，它是由脊柱 (spinal vertebral body) 與後端的拱突 (posterior arch) 所圍成的。由於採坐姿時，腰脊打直，使得中樞神經通渠的長度增長了，於是中樞神經也被拉長，一般而言此現象並不足以造成太大的傷害，然而當中樞神經通渠裡若有異狀突出物產生時，神經便會因過度的拉展而受到擠壓。

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，使肌肉筋骨的疼痛雪上加霜。

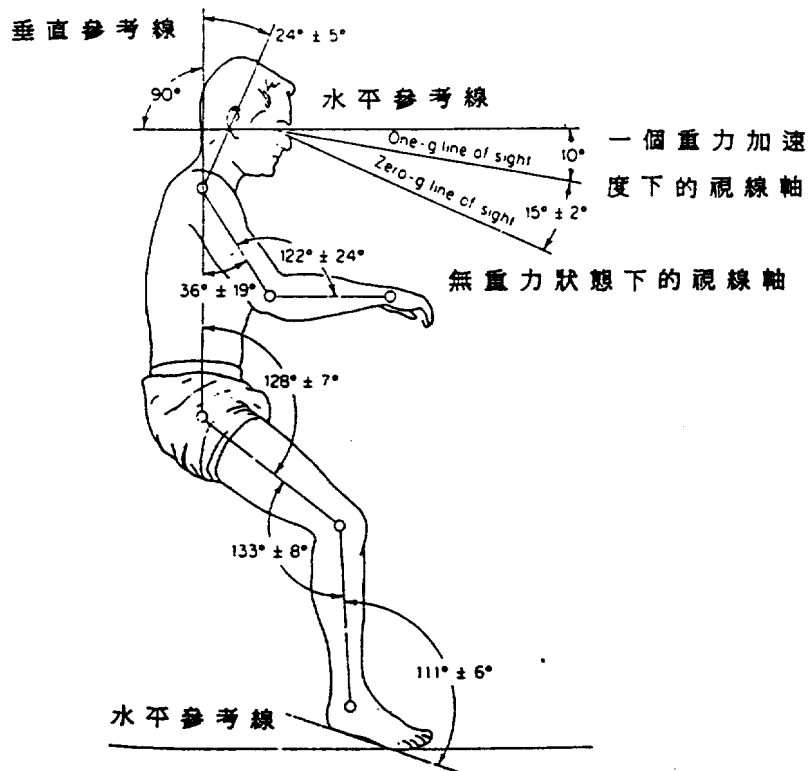
當我們站立時，我們腰椎相對於骨盆有 60° 的向前俯曲的活動能力(Kapandji, 1974)，這個活動能力可以使我們很輕易的從事一般性的俯身工作，如俯身裝配工件等。可是當我們坐下時，在骨盆向後迴轉的情況下，仍要保持上身於直立的狀態，因此腰椎必須對骨盆做 35° 的俯曲 (flexion)，這麼一來腰椎的俯曲能力就只剩下 25° 的範圍了。因此我們俯曲的能力就大大的受到限制，這對高活動性的工作，是一個很大的不利因素。在此要強調的是這 25° 的活動所須耗用的肌肉收縮以維持姿勢的耗能是很大的，其所衍生的筋骨應力累積更大，因此更加劇肌肉筋骨的疼痛。

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° 轉變爲 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 (見圖四)。因此他提出一個假設性的標準姿勢 (normal posture) 一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爲是過度向前彎曲的 (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 (見圖五)。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。

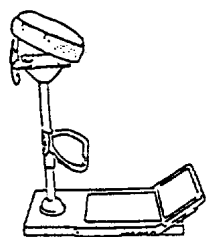
根據這種論點，我們應該可以設計一種椅子，以維持較佳的脊椎曲率。事實上，早在這種理論應泛受到重視之前，就有各種的工作用椅問世，較爲廣泛使用的有adjustable platform stool，和sit-stand stool (見圖六)。在這理論被提出之後，首先Mandal



圖四 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。



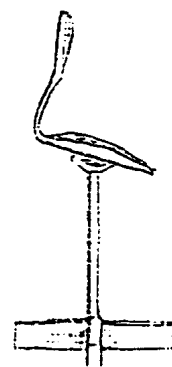
圖五 無重力狀態下之標準姿勢 (或休息姿勢)



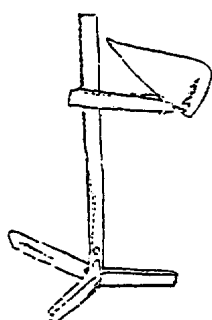
Platform stool



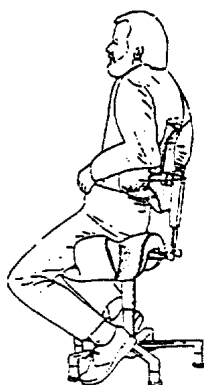
Sit-stand stool



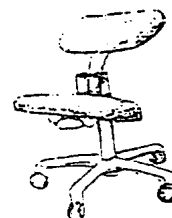
Mandal's chair



Palmgrem's Bike chair



Opswik saddle chair



Balan's chair

圖六 各種工作椅

設計了一種向前傾斜的高椅子，Hog 和Westnofa設計了一種人必須跪在椅子上的 Balan's chair，Congleton 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。

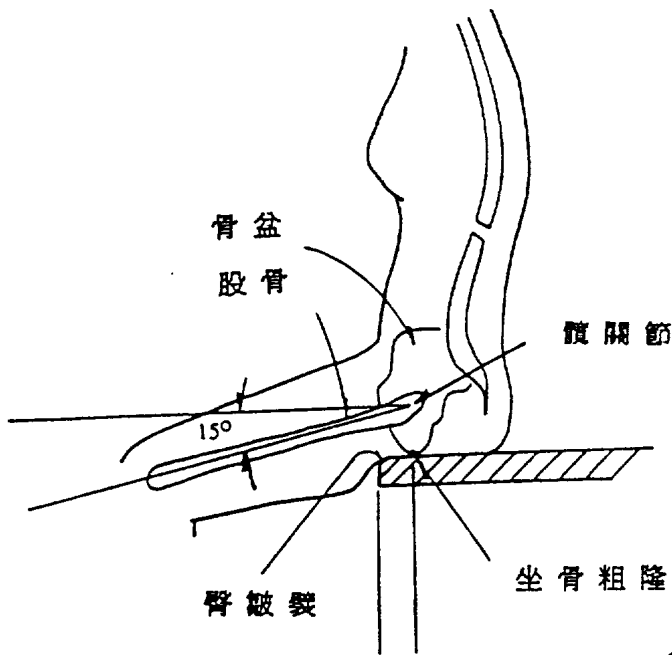
工作椅的生物力學原理

根據以往的研究報告以及本人的研究觀察心得，我們可以在地球的重力場下維持一個高坐姿的姿勢—軀幹與大腿的夾角是 105° 。它一方面可以得有較大的上身俯曲能力滿足工作的需求，一方面可以減除因坐姿所衍生的肌肉筋骨疼痛。然而我們要如何設計一種椅子來滿足『高坐姿』的要求呢？首先我們由生物力學上得到一些概念，我們上身的體重是藉由脊椎傳遞到骨盆，骨盆的坐骨粗隆最後將體重傳遞到椅子上，只要我們能夠支撐坐骨粗隆，那麼便可以支撐上身體重。Swearington 等人也指出，以坐骨粗隆為中心，3.7 公分半徑的方圓內便能夠有效地承擔上身的重量 (Swearington et al., 1962)。

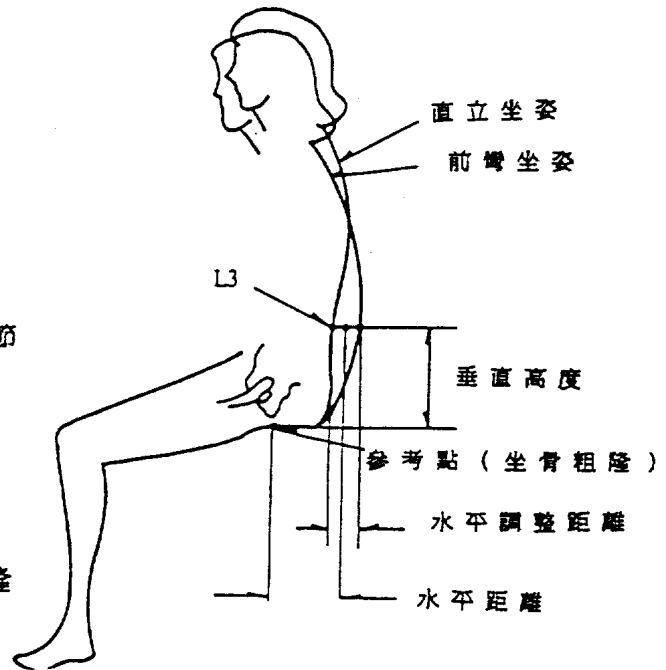
既然坐骨節結是支撐上身體重的支點，那麼我們應該以它作為椅子設計的參考點。椅面設計的第一目標是能夠平穩地支撐坐骨粗隆所承載的體重。前面已經談到，只要我們提供坐骨粗隆及其附近組織一個小小的椅面，就足以承載上身的體重。但是如此一來，這個椅面的前端會壓迫臀窩 (gluteal fold)，使下肢感覺麻木或疼痛 (見圖七)。如果將這個短小的椅面向前沿著大腿後端的曲線向下延伸，就能將臀窩附近的壓力分散至比較廣的區域，如此可以解決臀窩壓力的問題，同時也可以使得大腿維持向下傾斜 15° 的姿勢，這個延伸的椅面稱之為大腿支撐 (thigh support)，而後端的椅面叫做臀部支撐 (pelvic support)，如此一來，我們便可以平穩地支撐上身的體重，同時又能兼顧大腿向下 15° 的姿勢。

除了椅面設計以外，我們必須儘量保持脊椎於自然的曲率，使得脊椎上的應力得以減除或降低，但是腰脊的曲率不可能單靠腰肌的收縮力來維持，因為它的效率低，而且耗用的能量多，容易疲勞，唯一可行的方法是使用外力支撐，也就是靠背，以節省體力。

前面曾提到我們可以把坐骨粗隆當作椅子設計的參考點，而這個參考點對於靠背的設計也是非常重要的。坐在臀部支撐上，通常會自然地把臀窩對準臀部支撐的前緣，而坐骨粗隆當然便落在前緣後約 2-4cm 處 (見圖七)。既然坐骨粗隆在臀部支撐的位置已經大約固定了，我們便可以根據這個參考點作為靠背設計上的依據。須提到的是脊椎連接在骨盆後端的上方，當我們改變坐姿時，例如由前彎坐姿 (slumped sitting) 改為直立坐姿 (erect sitting)，事實上只是以坐骨粗隆作為迴轉中心來轉動骨盆，進而帶動脊椎曲率的變化，而坐骨粗隆本身是固定的，我們正好可以將它當作靠背設計的參考點，採用前彎坐姿時，腰脊與坐骨粗隆的水平距離最大，而採用直立坐姿時，其水平距離最小 (見圖八)。根據這兩個脊椎曲線與坐骨粗隆的空間位置及其活動範圍，我們不難設計一個有效的腰靠背。直覺上腰靠背的位置要安排在兩個曲線的中點位置，而其活動範圍正好當作腰靠背的水平調節幅度，至於其形狀大小與曲率半徑則必須參考量測得來的曲線資料，有了這樣一個腰靠背，腰脊的自然曲率就可以維持了。



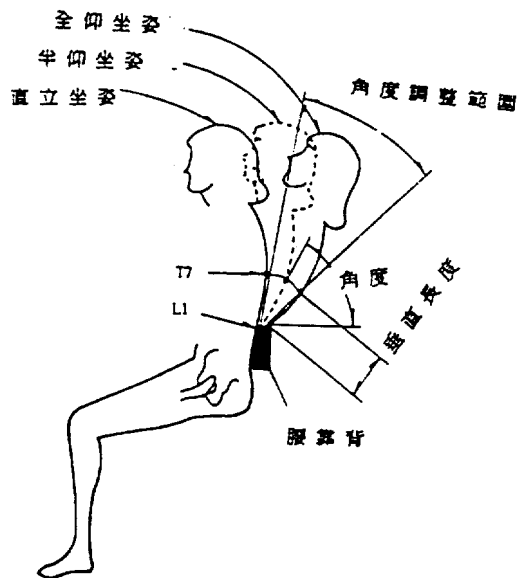
圖七 採用高坐姿時，臀窩剛好與椅子的前緣吻合在一起，此時坐骨粗隆位於前緣後方約2-4公分位置，因為壓力集中於臀窩，常常使得下肢麻痺。



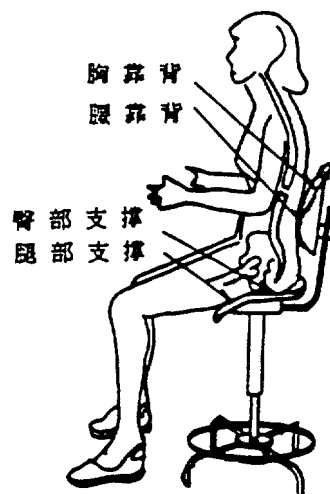
圖八 坐姿的改變是以坐骨粗隆作為迴轉中心，轉動骨盆，進而帶動脊椎的曲率變。化直立坐姿的腰脊與坐骨粗隆的水平距離最小，而前彎坐姿的水平距離最大。

再者，如果將腰靠背往上延伸壓胸處，則胸椎也可以得到間歇支撐，但是這個胸靠背不能設計太高，因為太高會妨害肩胛骨的活動，肩胛骨下緣的高度約在第七個胸脊的位置，因此胸靠背的高度只能達到第七個胸脊的位置。那麼其角度應該為何呢？如果我們放置一個腰靠背於理想處（如前所提及處），則便能夠保持一個直立坐姿及一個全仰的坐姿（fully extended sitting），這兩個胸脊的曲線可以決定一個胸脊活動的範圍（見圖九）。如果我們的胸靠背採用直立坐姿的曲線，則會干擾到後仰的活動，若是採用全仰的曲線，則使用的機會太少，比較合理的做法在兩者間找出一個中間值的曲線，以作為胸靠背設計的參考標準，這個胸靠背只是做為一個間歇性胸部支撐之用，它的使用時間是在胸部往後仰的一個瞬間，並不像腰靠背是恆常性的支撐。

根據上面的理論推演，我們可以用（圖十）這樣的椅子設計來達成工作時的理想姿勢。為了支撐高坐姿，椅面設計必須包含兩個功能單元，其一是臀部支撐，其二是腿部支撐。同樣的靠背的設計也必須包含兩個功能單元，其一是腰靠背，其二是胸靠背。



圖九 在使用腰靠背的情形下，我們可以採用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。

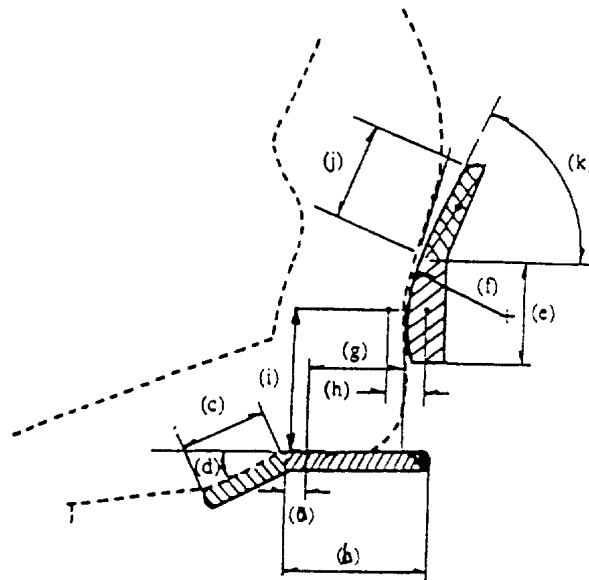


圖十 根據理論，能夠支撐高坐姿的椅子示意圖。椅面設計包含兩個功能單元：臀部支撐與腿部支撐。靠背的設計也包含兩個功能單元：腰靠背與胸靠背。

實驗方法

為了符合這樣的功能要求，我們必須測量下列十一個基本尺寸（見圖十一）

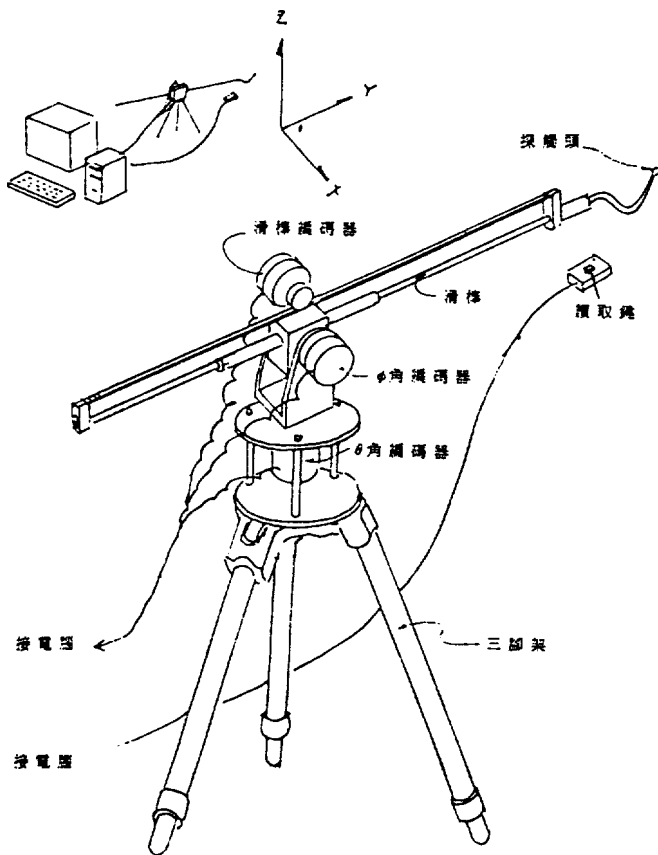
- (a) 坐骨粗隆在臀支撐上的位置(Location-Isch tuber)－臀窩至坐骨粗隆 (ischial tuberosity) 的距離。坐骨粗隆是椅子的參考點，所以我們必須掌握它們在椅子上的位置。
- (b) 臀部支撐的縱深 (Depth-Pelvic sup.)－臀窩 (gluteal fold) 至臀部後曲線最凸出點的距離。
- (c) 腿支撐的縱深 (Depth-Thigh sup.)－臀窩至腿後曲線中點的斜向距離。
- (d) 腿支撐的角度 (Angle-Thigh sup.)－臀窩至腿後曲線中點的傾斜角度。
- (e) 腰靠背的垂直長度 (V. length-Lumb sup.)－腰脊的實際長度，從T12-L1椎間盤中點至 L5-S1 椎間盤中心，這個尺寸是由直立坐姿和前彎坐姿的腰脊長度的平均值。



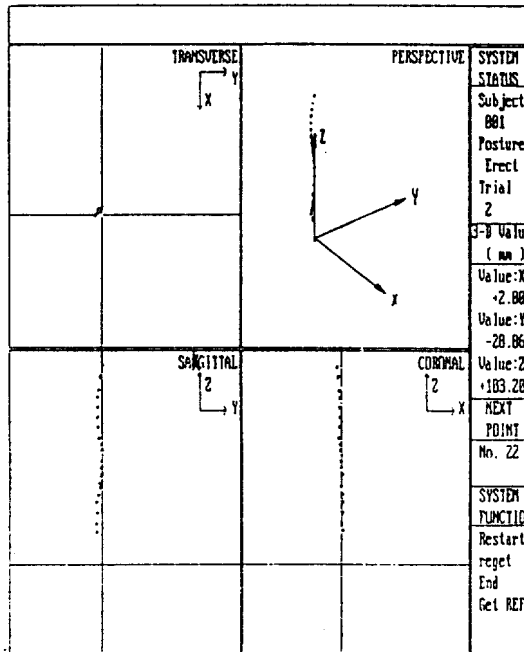
圖十一 十一個椅子設計基本尺寸

- (f) 腰靠背的曲率半徑 (Radius-Lumb sup.) — 理想的腰靠背曲率半徑，由站姿的L1，L3和L5三個棘後突起 (spinal process) 決定的半徑。
- (g) 腰靠背與坐骨粗隆的水平距離 (H. distance-Lumb sup.) — 坐骨粗隆到第三腰脊L3棘後突起的位置，這個距離是直立坐姿和前彎坐姿的平均值。
- (h) 腰靠背與坐骨粗隆的水平調整距離 (H. adjustment-Lumb sup.) — 為因應不同體形的人體尺寸，腰靠背的前後距離必須能夠調整。而這個尺寸就是直立坐姿與前彎坐姿的L3水平位移量。
- (i) 腰靠背與坐骨粗隆的垂直高度 (V. height-Lumb sup.) — 腰靠背前緣中心，距離坐骨粗隆的高度。這個尺寸是由前彎坐姿和直立坐姿的值平均。
- (j) 胸靠背的垂直長度 (V. length-Thor. sup.) — 胸靠背理想垂直角度。胸靠背的上緣位於第七節胸脊 (T7) 。這個尺寸是由半仰坐姿的T7和T12-L1椎間盤中心決定。
- (k) 胸靠背的角度 (angle-Thor. sup.) — 胸靠背向後仰的角度。由半仰坐姿的T7和 T12-L1 椎間盤中心決定。

為了取得上述十一個基本尺寸，我們必須量測五個姿勢的脊椎曲線及一個大腿後側的曲線以及它們的空間位置，這五種姿勢分別為站立，直立坐姿、前彎坐姿、全仰坐姿、半仰坐姿 (semi-extended sitting) 。量測的用具包括：



圖十二 自製之三度空間脊椎曲率描繪儀



圖十三 五個脊椎曲線同時呈現之畫面

(1) 一個三度空間的人體尺寸計測器 (3-D AM)，它用以快速地量取尺寸及空間位置 (見圖十二)。這個儀器是利用球座標的原理來量測空間上的點座標 (L , θ , ϕ) 其中 L 是距離, θ 是水平轉動的角度, ϕ 是仰角。分別以三個精密的編碼器 (encoder) 量測。編碼器的規格為 3600 PPR (Pulse Per Round), 每個峰值訊號 (pulse) 可做四等分切割, 再透過介面卡讀取編碼器資料, 繼而轉換為 L , θ , ϕ 的數值球座標。這個數值球座標再由電腦程式轉變成一般三度空間的座標 (x , y , z)。轉換後其精密度在 3mm 以內, 重覆量測的誤差在 1mm 以內。三度空間的脊椎曲線描繪儀不僅可以間斷讀取單點的座標, 也可以讀取一個連續的空間曲線。此描繪儀在使用前必須經過垂直校正, 校正後其精密度在 3 mm 以內, 足以作為脊椎曲線描繪之用。

驅動此三度空間曲線描繪儀的軟體是一以 Quick Basic 語言寫成的程式, 此程式可將該描繪點的座標資料載入電腦中, 並以三視圖及立體圖的方式呈現, 方便在量測進行中觀察量測之結果。(見圖十三)

- (2) 一個坐骨粗隆支撐用的溝槽椅子 (ischial seat), 是用來固定坐骨粗隆用的。(見圖十四)
- (3) 一個臀部支撐量測台 (pelvic support measurement-device), 是用來量測坐骨粗隆與臀部支撐上的位置, 以及臀部支撐縱深的兩種尺寸。

- (4) 一個像單車坐墊 (bike seat) 的測量台，是用來量測站立姿勢的脊椎曲線與坐骨粗隆的關係。
- (5) 一個腰靠背，此腰靠背中間有一個夾縫，它是用來量測全仰與半仰坐姿的脊椎曲線之用。

受試者

本實驗共測試了四十七位被測試人，都是女性縫紉從業人員，年齡介於23至52歲間，他們的工作年資在1年和22年之間，平均是10年；身高介於146至166公分，平均為157公分；體重介於41公斤至75公斤間，平均體重為54公斤。其中有二個人曾在脊椎方面有過毛病。

實驗程序

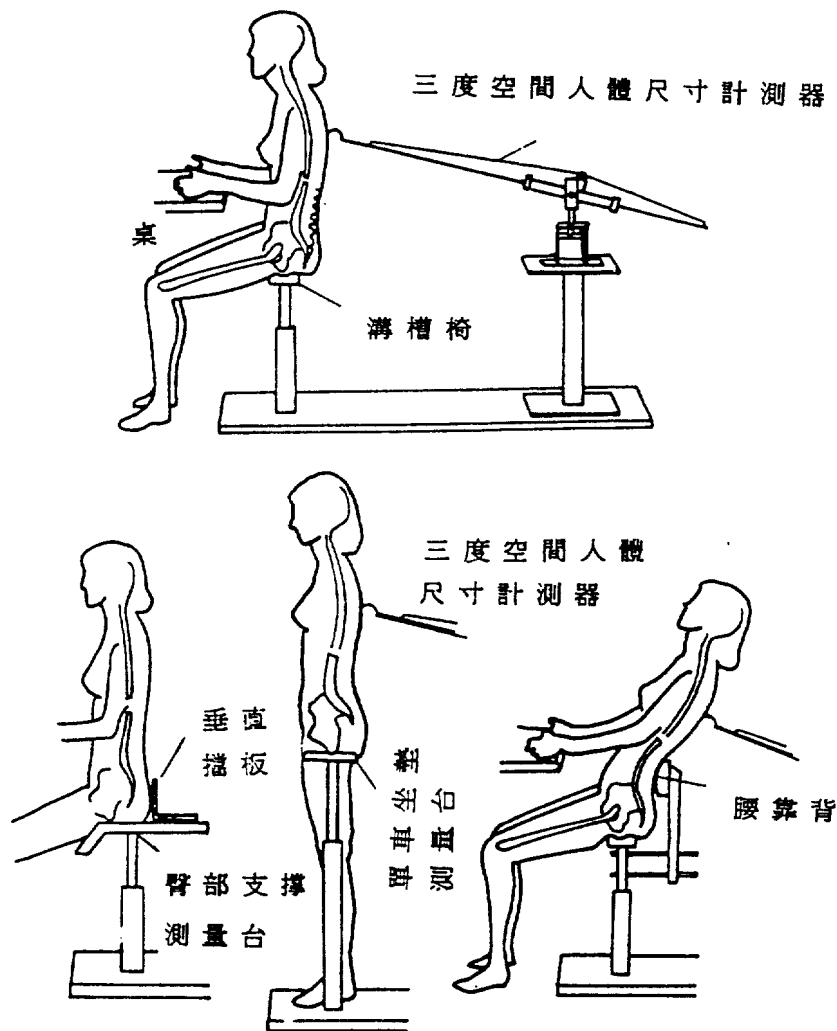
資料收集之前的準備工作如下。將設備調整至適合受試者的身體尺度後，調整受試者的姿勢，並在其棘後突刺 (spinal process) 及大腿中線 (posterior thigh) 上各標上22點記號，然後我們調整溝槽椅子以及臀部支撐設備的高度，幫助受試者來維持大腿向下傾斜15°之姿勢。我們先教受試者做挺直坐姿，稍後又進行前彎坐姿；此時，受試者的下臂須水平休息於桌面上，而上臂要與肩膀成垂直，眼睛注視桌面上與眼相距40公分的一幅畫上，我們持續讓受試者練習此一動作直到他能自行重複這些姿勢為止。

做完上述的準備後，我們用臀部支撐測量器來量測臀部支撐縱深以及參考點位置。首先我們準備了一塊平坦的軟黏土並要求受試者把臀窩對準臀部支撐之前緣，坐於此黏土上，並以一塊垂直木板移觸臀部最突出處，測量木板至臀部支撐之前緣即可決定臀部縱深之尺寸。接著我們請受試者站起，此時黏土上印有兩個坐骨凹痕，我們各在凹痕上滴上一滴小水銀，當水銀滑至凹痕最深處時，在那兒做一個記號，測量凹痕至臀部測量設備前端的圓形鐵管中心之距離，並將此兩距離加以平均即可決定臀部支撐參考點的位置。以上程序，我們再重複進行兩次。

要描繪大腿中線 (posterior thigh) 的曲線時，是請受試者坐於溝槽椅子上，用三度空間人體計測器 (3-D AM) 來描繪。當然測量前設備必須先作檢查，包括在溝槽椅上舖滿並攤平黏土及查看三度空間人體測量儀的刻度，確保其原點及儀器位置都未曾偏移。然後請受試者以挺直坐姿坐於溝槽椅子上，並以三度空間人體計測器來描繪大腿上的22個記

號，並將這些記號的位置存入電腦，接著我們請受試者起立以顯現坐骨粗隆所印出之凹痕，測量這兩個凹痕即可取得參考點之測量值。測量的程序為將水銀滴入凹痕，待其靜止於最深處時作上記號，並以3-D AM來加以量測，依此，電腦會幫我們平均左右兩凹痕的位置以決定出參考點來。此一參考點即取代舊有之原點，形成一個新的座標系統，電腦會把大腿部22個記號的位置轉入此一新座標系統中並儲存起來以作將來分析之用。此一測量程序同樣也再被重複兩次。

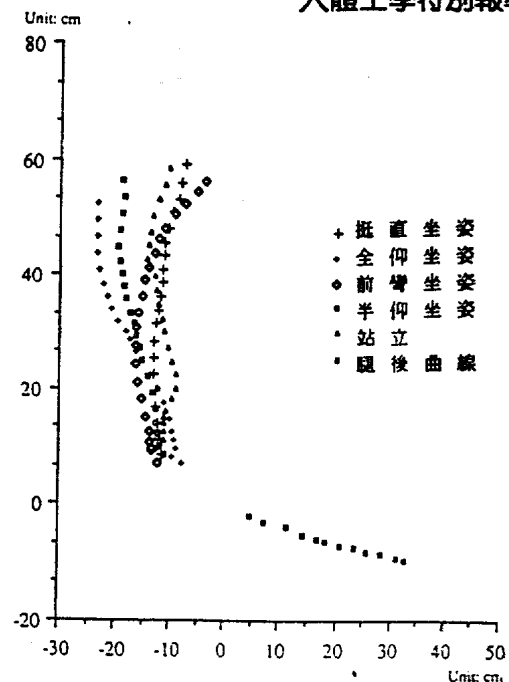
測量五種脊椎曲線的方法和測量大腿後側曲線的方法頗為類似，我們請受試者做出我們想量測之姿勢，仍以3-D AM來描繪脊椎上的22個記號，以量取站立、挺直坐姿、前彎坐姿、全仰坐姿及半仰坐姿之脊椎曲線（圖十五）。必須提及的是立姿脊椎曲線是在單車座



圖十四 量測之設備



圖十五 量測直立坐姿與前彎坐姿的脊椎曲線



圖十六 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)就是坐骨粗隆的座標。(身高166公分的人的資料)

墊椅上量測的，量測之前先將座墊的高度調整，使座墊恰好頂住受試者的坐骨粗隆；而挺直坐姿及前彎坐姿脊椎曲線是坐在溝槽椅子上完成的。另外全仰坐姿及半仰坐姿脊椎曲線則是坐在溝槽椅子上，並在一個試驗用的腰靠背來支撐下完成測量。

實驗結果

本實驗共完成了47名被測試人的人體計測，對每一受試者都作了五個姿勢（站立、挺直坐姿、前彎坐姿、全仰坐姿及半仰坐姿）的脊椎曲線與一個腿後中線的曲線測量。有了這些原始資料，就可據以決定椅面設計與靠背設計的尺寸。我們將所有六個曲線的資料都以坐骨粗隆為參考重疊畫於一張圖上，如圖十六所示的就是其中一位 166 公分的被測試人的資料。

在我們進行11個基本尺寸的分析之前，必須先確定坐骨粗隆是否可以當做椅子設計的參考點。我們的研究有一個隱含的假設，其前題是認為坐骨粗隆在這個椅子上的位置是固定的。正因為如此，才可以利用它們來做椅子的參考點。有鑑於此，我們必須實證坐骨粗隆是否會固定在一个很小的範圍內，而其精確度足以做為參考點。

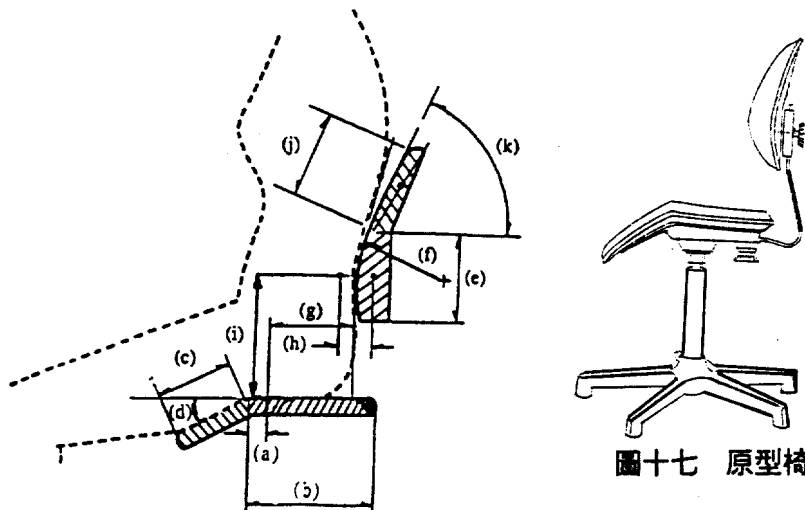
參考點位置尺寸的分析是使用描述性及相關性統計分析 (descriptive and corre-

lation) 來進行的。結果顯示，參考點尺寸（坐骨粗隆與臀部支撐前緣之距離）的幅度為 1.2 公分至 5.4 公分，平均值為 2.8 公分，標準差為 1.2 公分；而就單一受試者而言，兩次重複測量所得數據之相關係數為 0.6，偏差的幅度介於 0.3 公分與 2.1 公分之間，平均值為 1.0 公分，標準差為 0.7 公分；同時用迴歸分析來評估體型與尺寸之間的關係，所得之結果並不顯著。所以可以肯定坐骨粗隆在新椅子上的位置相當固定，顯示用坐骨粗隆來當作椅子參考點是可行的。

椅子設計的另外 10 個尺寸是用描述性統計分析來進行的。所得結果，包括這些尺寸的平均值、標準差、第五百分點、第五十百分點，以及第九十五百分點等各類資料均詳列於表一，表中並列有推薦尺寸以及比較尺寸。推薦尺寸是吾人根據人體工學原則所決定之尺寸，以第五百分點為下限推薦值，代表這個尺寸可使體型比第五個百分點為大的人都可以

表一：統計後的基本尺寸資料

	平均值	標準差	5 th	50 th	95 th	建議尺寸	
A 坐骨粗隆在臀支撐上的位置	147.20	17.26	121.00	144.00	174.75	95 th	174.75
B 臀部支撐的縱深	28.34	12.65	11.50	25.00	53.75	50 th	25.00
C 腿支撐的縱深	131.02	8.52	117.00	130.00	146.00	50 th	130.00
D 腿支撐的角度	26.86	9.01	8.17	28.50	37.21	50 th	28.50
E 腰靠背的垂直長度	141.71	15.82	114.89	141.78	168.41	50 th	141.78
F 腰靠背的曲率半徑	603.49	240.92	447.61	553.63	717.70	5 th	447.61
G 腰靠背與坐骨粗隆的水平距離	118.86	13.54	98.50	117.75	148.75	50 th	117.75
H 腰靠背的水平調整距離	38.51	19.32	9.89	40.27	59.60	95 th	59.60
I 腰靠背與坐骨粗隆的垂直距離	245.36	23.09	204.41	242.60	282.13	50 th	242.60
J 胸靠背的垂直距離	136.60	15.94	105.88	135.71	165.69	5 th	105.88
K 胸靠背的角度	66.55	4.28	58.22	67.07	72.75	50 th	67.07



使用；反之，第九十五百分點的尺寸為上限推薦尺寸，代表體型比九十五個百分點為小的人都能使用；而第五十百分點的推薦尺寸，代表是給一般體型的人所使用的。而比較尺寸則是比較本實驗所得結果與過去研究之推薦值兩者之差異（詳見表一）。

原型椅

本研究根據實驗結果，我們做出了一張原型椅，見圖十七。臀部支撐縱深為14.7公分，大腿支撐縱深為13.1公分，傾斜角度為水平以下 26.8° 。腰部支撐縱高為14.1公分，弧面的曲率半徑為60.3公分。腰部靠背的中點位於坐骨粗隆後方11.8公分，及其上方24.5公分處，胸部靠背為腰部靠背向上之延伸，大約延伸13.6公分，而向後傾斜 24.5° 。除此之外，腰部靠背至少應有前後調整6.0公分之餘裕。

目前這個工作椅只是理論的雛型，在正式量產推出之前仍應經過周詳的試用評估，以確定此工作椅被大眾接受的程度。後續的研究必須完成量產前的生產原型。我們目前正在評估選擇一個配合意願高的廠商，配合我們把正式生產原型設計出來，並完成二百張椅子的量產試作。

評估的方式將包含主觀性評估與客觀性評估兩大類。評估對照組是原來的工作椅，實驗組是本高活動性工作椅。主觀性評估採用問卷以主觀量表來衡量，即受試者在試用前針對原工作椅填具評估表（此為對照組），試用一段時期後針對此高活動性工作椅填具評估表（此為實驗組），以評估表中的分析結果作為受試者主觀性的喜好評比。客觀性評估以受試者使用原工作椅（此為對照組）與使用此高活動性工作椅（此為實驗組）進行測試。測試方式分兩種進行：第一種是比較兩組使用靠背的情形，測試方法是在椅子的靠背桿上裝置壓力應變器以量取他們使用靠背的時間比率。第二種是比較兩組使用者的腰脊曲率變化情形，測試方法是在受試者的第十節胸脊與第三節薦脊上裝置傾斜儀，以量測脊椎曲率的形狀。除了主、客觀性的量化評估之外，在試用期間將仔細觀察和拍攝錄影帶來記錄受試者使用椅子的情形，以及可能發生的椅子損壞及使用時的不安全行為，並收集資料作為量產此工作椅的修正依據。

我們衷心希望這個椅子能夠對勞工朋友在工廠中的工作安全與舒適性有所幫助，並且能夠減低勞工朋友工作中的筋骨肌肉疲勞及病變。

誌 謝

我們衷心感謝勞委會勞工安全衛生研究所施所長鴻志先生、楊副所長瑞鐘先生、葉組長文裕、李博士正隆、陳副研究員志勇等對本研究計劃的肯定及支持，同時我們也非常感謝石組長東生促成這個計劃，以及感謝清華大學工業工程研究所林琦貞小姐在我們這個計劃中毫無怨言的協助。

另外我們也要感謝紡織中心林組長雲光、王淑珍小姐的鼎力協助，和海外製衣公司周阿桂協理、沈主任惠足小姐、嘉裕製衣公司袁副廠長祝平先生、徐主任在百忙之中仍對我們大力支持。

最後我們要感謝新傳公司紀總經理尚德先生和高廠長在椅子的試作、打樣及材料供應上的多方協助。

參考文獻

- [1] Mogora A ; Investigstion of the relation between low back pain and occupation. Industrial Medicine 39(11) : 451-471,1970.
- [2] Kapandji IA;The physiology of joints. Vol.3 London and Edinburgh : churchill , Livingston, 1974.
- [3] Swearingen JJ, Wheelwright CD, Darner JD;An analysis of sitting areas and pressure of man. (U.S. Civil Aero-Medical Research Insitute, Oklahoma City), Rep. NO.62-1,1962.
- [4] Akerblom B; Chair and sitting.in Floyd and Welford Ed. Symposium on Human factor in Equipment Design.London : Lewis HH & Co. Darcus HD and Weddell A.G.M.(1947). Some anatomical and physiological principles concerned in the design of seats for naval war-weapons. British Medicine Bulletin 5:31-37,1947.
- [5] Keegan JJ; Evaluation and improvement of sitting. Inc., 1962.
- [6] Floyd WF , Robert DF ;Anatomical Physiological and Antropometric Priciples in the Design of Office Chair and Tables. (by Floyd, W.F. and Roberts, D.F.) London : British Standards Institution,1958.