

DISS. ETH NO.15772

**EFFECTS OF SEAT ANGLE ON COMFORT  
AND LOWER BACK PAIN AT WORK**

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of  
Doctor of Natural Sciences

presented by

**MARGARET CATHERINE GRAF**

M.Sc.Tech., University of New South Wales

born 18.9.1953  
in Australia

citizen of Aeschi bei Spiez, BE, and Australia

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Dr. Helmut Krueger, examiner  
Prof. Dr Ivars Udris, co-examiner  
Prof. Dr. Brigitta Danuser, co-examiner

# Abstract

Immobile, seated postures produce static loading of the biomechanical structures of the back, so they pose a potential risk factor for musculoskeletal discomfort and pain. Seated work has often been reported as being associated with lower back discomfort, however, few studies have been able to find correlations between spinal load and the incidence of pain and attempts to find a dose-response relationship have been unsuccessful. This may indicate that there is no direct causal link, or that multiple factors mediate the relationship. The amount of spinal load depends on body posture and the frequency and degree of movement, which are all at least partly influenced by chair design. If a chair design encourages seated movement, it should reduce spinal loading and, thereby, the risk of back pain and discomfort. Apart from seat design, factors such as the task undertaken while seated, the length of time seated and individual control of sitting duration and chair parameters may be important.

This dissertation aims to evaluate the influence of these proposed mediating factors on seated movement behaviour and lower back discomfort. The emphasis is on the relative importance of seat design, training in seat used and the nature of the task undertaken.

The methods used include measurements of EMGs (back muscles), foot force via foot-plates and spinal loading (via stadiometer). An observational tool for monitoring and evaluating seated postural behaviour was developed for the series of studies. Subjective values such as pain, discomfort and comfort are assessed by structured interviews and questionnaires. These were also used to measure beliefs and knowledge of subjects. One study required the development of an experimental chair, where the shape and seat slope could be manipulated by computer and all other important parameters of the chair could be individually adapted.

It was found from the studies that:

- Compared to slightly backward sloping seats ( $-2^\circ$ ), slightly forward sloping seats ( $4^\circ$  to  $6^\circ$ ) produce a tendency (not statistically significant) to less frequent kyphotic postures of the spine and a more even distribution of sitting positions (forwards, middle or backwards postures).
- A seat shaped with only the front portion sloping downwards produces similar body position behaviour to that observed on seats sloping forwards over the whole surface and this modification increases the frequency of posture change, whereas sloping the whole seat does not.
- Chairs with freely-moveable seat angles provide no substantial advantage in terms of spinal compression over a two-hour work period compared to fixed

seats. It was argued that a two-hour period is sufficient to conclude that there will be no difference at the end of a working day on spinal compression.

- Chairs with the so-called synchronized mechanism, a freely-moveable seat angle facility where the backrest angle is coupled to the seat angle, are more comfortable for subjects than chairs with fixed seat angles, although no significant differences were found between postural behaviour on them compared to on fixed seats.
- The matching of furniture adjustments to body proportions was generally found to be very poor in school pupils and adjustable chairs were not found to substantially improve the matching of furniture to body proportions compared to non-adjustable furniture. School pupils understand the mechanism for adjustment, but generally not know how to determine the correct settings.
- With adults, face-to-face training of subjects improves the adjustment of furniture to body proportions and confidence in using the seat angle adjustment possibilities (change of angle, fixed or free-swinging). It was concluded that training in the use of seat angle change mechanisms improves seated comfort.
- Clear postural behaviour differences were found between various work tasks. The task undertaken while seated was concluded to be a more powerful determinant of seated posture and position than the possibility for seat angle change. Work tasks which have been associated with a higher incidence of back discomfort were found to show less frequent and less marked postural change than more comfortable tasks.
- The studies support the view that comfort and discomfort are perceived separately and not as opposite poles of a single psychological construct.

The results indicate that future ergonomic studies on seating should focus less on the mechanical and design aspects of the chair and more on the system in which the chair is used. Task determinants are more important for avoiding back discomfort than the seat angle, however, the possibility for seat angle change improves back comfort as long as the subjects are trained in the use of the change mechanism.

# Zusammenfassung

Sitzende Arbeitshaltungen wurden immer wieder mit Rückenbeschwerden in Zusammenhang gebracht. Immobile Sitzhaltungen führen zu statischen Belastungen von biomechanischen Strukturen des Rückens, wodurch diese Haltungen zu potentiellen Risikofaktoren für muskuloskeletale Beschwerden und Schmerzen werden. Nichts desto trotz waren nur wenige Studien in der Lage, Korrelationen zwischen der Belastung und dem Beschwerdegrad aufzuzeigen, und Versuche, ein Dosis-Wirkungsverhältnis nachzuweisen, sind bis jetzt erfolglos geblieben. Dies könnte darauf hindeuten, dass keine kausale Verbindung besteht oder dass mehrere Faktoren bestimmend wirken. Der Belastungsgrad der Wirbelsäule hängt von der Sitzhaltung und dem Bewegungsgrad ab. Dieser sollte zumindest teilweise durch die Stuhlgestaltung bestimmt sein. Wenn nun die Stuhlgestaltung Sitzen in Bewegung fördert, sollte die Wirbelsäulebelastung und somit auch das Risiko von Rückenbeschwerden reduziert werden. Abgesehen vom Stuhldesign könnten auch Faktoren wie die Art der sitzenden Arbeitstätigkeit, die Dauer des Sitzens und die individuelle Kontrolle über die Sitzdauer und Stuhleinstellungen eine wichtige Rolle spielen.

Die vorliegende Studie evaluiert, aufbauend auf mehreren Detailstudien, den Einfluss einiger der bestimmenden Faktoren des sitzenden Bewegungsverhaltens und des Rückenkomforts. Der Schwerpunkt wurde auf die relative Bedeutung der Sitzgestaltung, auf die Schulung und auf die Anforderungen der Arbeitsaufgaben gelegt.

Die zum Zweck der Studien verwendeten Messungen beinhalteten EMGs (Rückenmuskulatur), Druckmessungen der Fussbelastung (mittels Messplatten) und Messen der Wirbelsäulenbelastung (mittels Stadiometer). Eine Beobachtungsmatrix wurde für die Studienreihe entwickelt. Diese Matrix erlaubte das Beobachten und das Evaluieren von Sitzhaltungen. Die Methoden zur Beurteilung und Auswertung von subjektiven Werten, d.h. Komfort und Diskomfort, Wissensstand und Meinungen umfassten strukturierte mündliche Befragungen und Fragebögen. Eine Studie erforderte die Entwicklung eines experimentellen Stuhles, bei dem Sitzform und Sitzneigungswinkel mittels Computer justiert und alle anderen wichtigen Parameter des Stuhles individuell adaptiert werden konnten.

Es wurde gefunden:

- Verglichen mit leicht nach hinten geneigten Sitzflächen ( $-2^\circ$ ) tendieren leicht nach vorne geneigte Sitzflächen ( $4^\circ$  bis  $6^\circ$ ) zu einer gleichmässigeren Verteilung der Sitzhaltungen (nach vorne, mittig, nach hinten) und zu einer geringere Häufigkeit von kyphotischen Haltungen.

- Eine Sitzform, an denen nur der vordere Teil nach vorne neigt, bewirkt ähnliche Sitzhaltungsmuster wie bei den Sitzen auf Stühlen mit der ganzen Sitzform nach vorne geneigt. Zudem bewirkt es eine Zunahme der Häufigkeit der Haltungsänderungen.
- Das Arbeiten auf Stühlen mit frei verstellbaren Sitzwinkelneigungen im Vergleich zu denen mit einer fixierten Sitzneigung ergibt keinen nennenswerten Vorteil in Bezug auf die gesamte Kompression der Bandscheiben.
- Stühle mit dem sogenannten Synchron-Mechanismus – eine freibewegende Sitzneigung mit angekoppelter Rückenlehne - wurden als komfortabler beurteilt als nicht-klippbare Sitze, obwohl keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Bewegungshäufigkeit oder Sitzhaltungen festgestellt wurden.
- Das Anpassen an die Körperproportionen durch verstellbare Schulmöbel erwies sich im Allgemeinen als unzureichend und im Vergleich zu nicht-verstellbaren Schulmöbeln ergaben verstellbare Stühle keine Hinweise auf wesentlich verbesserte Anpassungen. Die SchülerInnen begreifen zwar die Funktionsweise des Verstellmechanismus, wissen aber nicht, wie die korrekten Einstellungen zu bestimmen sind.
- Die Schulung einer Gruppe von Erwachsenen verbesserte die Anpassung der Möbel auf deren Körperproportionen und deren Selbstvertrauen in Bezug auf die Benutzung der Sitzneigungsverstellung. Es wurde gezeigt, dass eine Schulung über die Benutzung der Sitzneigungsverstellung den Sitzkomfort verbessert.
- Unterschiedliche Arbeitsaufgaben zeigten deutliche Unterschiede im Sitzhaltungsmuster auf. Die Studien kamen zum Schluss, dass die Arbeitsaufgabe auf die Sitzhaltung stärker bestimmend wirkt, als die Möglichkeit die Sitzneigung zu ändern. Arbeitsaufgaben, die mit einer höheren Häufigkeit von muskuloskeletalen Beschwerden vorkamen, wiesen weniger häufige und weniger deutliche Körperhaltungsänderungen auf.
- Die Studien unterstützen die Meinung, dass Komfort und Diskomfort separat wahrgenommen werden. Sie scheinen nicht Gegenpole eines einzigen psychischen Konstruktes zu sein.

Die Resultate weisen darauf hin, dass sich zukünftige ergonomische Studien über sitzende Tätigkeit weniger auf die mechanischen und gestalterischen Aspekte konzentrieren sollten, sondern den Fokus auf das Umfeld richten müssten, wo die Stühle eingesetzt werden. Die Aufgabeneigenschaften wirken eher bestimmend auf die Vermeidung von Beschwerden als die Sitzneigung, wobei die Möglichkeit der Sitzneigungsverstellung den Komfort verbessert, sofern die Personen in deren Nutzung geschult wurden.