

Incomodidad y Soporte Lumbar en Asientos de Conducción

Luis Ortiz¹, Fernanda Maradei¹, Laura Guerrero¹ y Paula Galvis¹

¹ Escuela de Diseño Industrial, Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.

(ortizpintoluis@gmail.com; mafermar@uis.edu.co)

Resumen. Una postura de conducción sostenida y prolongada es asociada con problemas musculoesqueléticos de las piernas y la espalda baja. El asiento debe permitir la reducción de la presión que el cuerpo ejerce sobre el asiento, mantener la curva lordótica y reducir la incomodidad. Por lo tanto, se buscó estudiar cómo un cambio en la prominencia de un soporte lumbar de una silla de conducción afecta la percepción de incomodidad, la presión y fuerza entre el cuerpo y el asiento. 30 individuos masculinos fueron registrados durante el uso aleatorio de 5 prominencias de 10, 20, 30, 40 y 50 mm respectivamente. Los resultados sugieren que la prominencia del soporte lumbar tiene influencia en la incomodidad (p -valor <0.05), a diferencia de la presión promedio, fuerza y el área de contacto (p -valor >0.05). El soporte de 30 mm tiene la mejor relación entre presión ejercida del cuerpo, fuerza y percepción de incomodidad, por el contrario, el soporte con peor desempeño fue el de 50 mm.

1 Introducción

Durante la actividad de conducción el asiento es uno de los elementos de diseño que más afecta la salud del usuario a largo plazo, por tanto, los criterios ergonómicos deben ser tenidos en cuenta. En esta actividad se adopta una postura mantenida y prolongada debido a las restricciones físicas del puesto, el tiempo en postura sedente y el estado de alerta constante con altas demandas visuales (Villanueva, Takeuchi, Sotoyama, Jonai, & Saito, 1996). Esta postura está entre las principales causas de incomodidad presentadas durante la conducción de automóviles (Rhimi, 2017) y es una de las razones del aumento de las dolencias en la zona lumbar (Lis, Black, Korn, & Nordin, 2007). El dolor lumbar es la principal causa de perturbación del desempeño y de ausentismo en conductores profesionales de transporte público con experiencia de 14 años en promedio, donde uno de los factores predominantes es la postura sedente prolongada (Kresal, Roblek, Jerman, & Meško, 2015). La prevalencia de dolor lumbar en conductores en dos semanas es de 20,5% (Masabumi Miyamoto et al., 2008), en un mes de 50,3% (M Miyamoto, Shirai, Nakayama, Gembun, & Kaneda, 2000), y en un año es del 72% (Lis et al., 2007). Por lo tanto, el dolor lumbar es una constante en esta población.

En comparación con la postura de pie, sentarse disminuye la curvatura normal de la columna en la espalda baja (lordosis lumbar), aumenta la actividad muscular de la parte baja de la espalda, aumenta la presión intradiscal y la presión sobre el isquion. Según los criterios ergonómicos para el diseño de asientos se recomienda un dispositivo de soporte lumbar que reduzca la carga espinal y las actividades musculares de la parte baja de la espalda, ya que este puede ayudar a aumentar la comodidad para sentarse y reducir el riesgo de dolor lumbar (Makhsous et al., 2009).

Así mismo, se ha demostrado que el uso de un soporte lumbar preserva el grado de lordosis lumbar, relacionado con una menor presión intradiscal (Chen, Dennerlein, Chang, Chang, & Christiani, 2005). También en el caso de un soporte lumbar con prominencia variable en sesiones

prolongadas de conductores se ha encontrado que representa una reducción en el entumecimiento de las nalgas. (Aota et al., 2007).

Estudios han determinado diferentes prominencias de soporte lumbar como las más favorables, por ejemplo, por medio de imágenes radiográficas los valores de 2 y 4 cm generan una lordosis lumbar neutral, la cual es asociada con menor riesgo de lesiones (De Carvalho & Callaghan, 2012). También un valor de 1 cm es determinado como la prominencia de mayor comodidad por medio de un modelo virtual y análisis de elementos finitos en la interfaz cuerpo humano-asiento (Guo, Dong, & Zhang, 2016), Adicionalmente otro estudio determinó que el uso de un soporte lumbar de 4 o 5 cm ajustable otorgará rotación hacia adelante de la pelvis e incrementará la lordosis lumbar (Harrison, Harrison, Croft, Harrison, & Troyanovich, 2000).

La distribución de presión en especial en el área de las nalgas y la espalda baja es una medida objetiva que tiene asociación con medidas subjetivas como la incomodidad localizada, particularmente en asientos de automóviles (M. De Looze, 2003). Así mismo, la presión máxima de la bandeja del asiento junto con la distribución de la presión parece jugar un papel importante para cuantificar la incomodidad. (Zemp, Taylor, & Lorenzetti, 2015). Además, se ha demostrado por medio de un experimento médico que la distribución de presión entre el asiento de la silla de conducción y el cuerpo humano tiene relación con la presión intradiscal a nivel L4-L5 medida en vivo, donde una distribución ideal de presión de 60% del peso del participante conseguido por medio de la inclinación de la bandeja del asiento se asocia con una menor presión intradiscal. (Zenk, Franz, Bubb, & Vink, 2012).

En el diseño de asientos de conducción, uno de los factores más importantes asociados a la incomodidad percibida por los usuarios es conservar la curvatura lordótica de la espalda. En ese sentido, el objetivo de este estudio es determinar la influencia del cambio de prominencia de un soporte lumbar en el área de contacto y la presión promedio ejercida por el cuerpo humano sobre el asiento de una silla de conducción de automóvil en un ambiente simulado, como también determinar cuál es la percepción de incomodidad para cada uno de los niveles de prominencia del soporte lumbar.

2 Métodos

30 individuos masculinos fueron requeridos para el estudio con edades entre 18 y 33 años, con un promedio de peso 65.5 kg y promedio de estatura de 170 cm.

Se utilizó una silla de conducción de automóvil (Figura 1) con un respaldo provisto de una curvatura lumbar de fabricación de 10 mm con inclinaciones ajustadas de la parte inferior del asiento a 10° hacia atrás, el respaldo con una inclinación de 110° (Figura 2) y un apoya pies con un ángulo de 45°, todos los ángulos anteriores medidos con respecto a la línea horizontal los cuales fueron basados en los ángulos recomendados para una postura óptima de conducción (Harrison et al., 2000). El apoyapié permitía el desplazamiento horizontal para poder generar un ángulo interno de 136° en la rodilla y así garantizar el contacto de la parte inferior de las piernas con el asiento.



Figura 1. Postura de conducción simulada, conservación del ángulo de la rodilla.



Figura 2. Ángulos de la bandeja del asiento (10°) y del espaldar (110°).

Se usaron 4 soportes lumbares de espuma rígida D-30 de 30 kg/m^3 utilizada para asientos y colchones, forrados en lona textil, con un área rectangular de contacto con el espaldar de $16 \times 30 \text{ cm}$ y de sección semi ovalada de 10,20,30,40 mm de prominencia respectivamente (Figura 3). El registro del área de contacto, la presión promedio y la presión máxima ejercida por el cuerpo sobre el asiento se realizó por medio de un sensor BodiTrak tipo tapete (Figura 4) y el software Smart seat FSA versión 1.



Figura 3. Prominencias del soporte lumbar 10, 20, 30, 40 mm respectivamente.



Figura 4. Tapete Bodytrack y ubicación del soporte lumbar.

En la espalda de cada participante de pie se ubicó la zona más pronunciada de la curvatura lumbar por medio de palpación siguiendo el nivel de las crestas ilíacas de la pelvis, posteriormente se realizó una marca de referencia sobre la piel donde se debería colocar el soporte lumbar a nivel de las vértebras L4 y L3 (Figura 5) (Coleman, Hull, & Ellitt, 1998).

Una vez sentado el participante y ubicado el soporte lumbar con el nivel de prominencia de forma aleatorizada, se midió la altura a la cual quedó el ápice del soporte desde la superficie del asiento de la silla (Figura 6) Posteriormente se esperó 1 min para lograr la acomodación del individuo, luego se registró la presión por 3 minutos con una medición cada segundo, finalmente el participante se levanta para poder cambiar el soporte lumbar, relajar el cuerpo y evaluar la incomodidad percibida por medio de una escala visual análoga VAS de 100 mm donde el valor de 0 indica que no hubo percepción de incomodidad por dolor y 100 indica la máxima incomodidad percibida. El anterior procedimiento se aplicó a cada uno de los soportes lumbares con su respectiva prominencia.

Para el análisis de los datos obtenidos se usó el software estadístico Minitab 18. El análisis de comparación de medias se realizó por medio de ANOVA con un nivel de confianza del 95%, encontrando diferencias significativas para valor menores a 0.05. Asimismo, se realizó un análisis para variables respuesta de tipo cuantitativas por medio de la correlación de Pearson con un nivel de significancia alfa de 0.05.



Figura 5. Ubicación y marcación del ápice de la curvatura lumbar sobre L3-L4



Figura 6. Ubicación del soporte de acuerdo con la marcación en la curvatura lumbar

3 Resultados

El área sensada, la presión promedio, la presión máxima, la fuerza y el porcentaje del peso corporal ejercido sobre el asiento de la silla de conducción no presentan una correlación significativa con la variable de incomodidad percibida para los niveles de prominencia del soporte lumbar, como se muestra en (Tabla 1) para un valor alfa de 0.05

Tabla 1. Correlación de Pearson.

Incomodidad Prominencia (mm)		Presión Máxima (kPa)	Presión Promedio (kPa)	Área Sensada (cm ²)	% del peso del cuerpo sobre el asiento
10	corr	0,079	-0,022	-0,229	-0,06
	p-valor	0,679	0,91	0,224	0,754
20	corr	-0,186	-0,16	0,009	-0,143
	p-valor	0,324	0,398	0,962	0,451
30	corr	-0,274	-0,045	-0,259	-0,101
	p-valor	0,142	0,814	0,166	0,597
40	corr	-0,093	-0,08	0,09	-0,124
	p-valor	0,624	0,675	0,637	0,513

50	corr	0,036	0,246	0,156	0,181
	p-valor	0,849	0,19	0,412	0,339

El análisis ANOVA muestra que no existen diferencias significativas para los niveles de prominencia del soporte lumbar en las variables respuesta de presión promedio, área de contacto y fuerza, con un valor de $p > 0.05$. Sin embargo, las diferencias para los niveles en la incomodidad si resultan significativas con un valor $p < 0.05$ (Tabla 2)

Table 2. Tabla ANOVA para los niveles del factor de prominencia

	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
Área sensada (cm ²)	1,9	0,113
Presión promedio (kPa)	0,47	0,761
Presión máxima (kPa)	0,501	0,735
Fuerza (N)	0,1	0,981
Porcentaje del peso del cuerpo	0,098	0,983
Incomodidad	3,2	0,015

Mediante el análisis descriptivo se evidencia que el área promedio de contacto se reduce a medida que se aumenta la prominencia del soporte lumbar (Figura 7). Las presiones promedio más bajas se encuentran con una prominencia de 10 y 30 mm, una prominencia de 50 mm representa notoriamente el mayor valor de presión (Kpa) (Figura 8). La fuerza (N) calculada presenta el menor valor con la prominencia de 30 mm, los valores de 10 y 50 mm indican las fuerzas más elevadas (Figura 9).

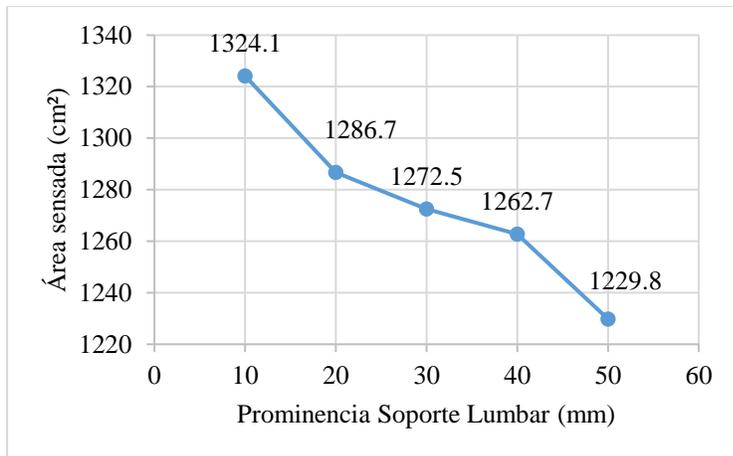


Figure 7. Área sensada de acuerdo con los niveles de prominencia del soporte lumbar

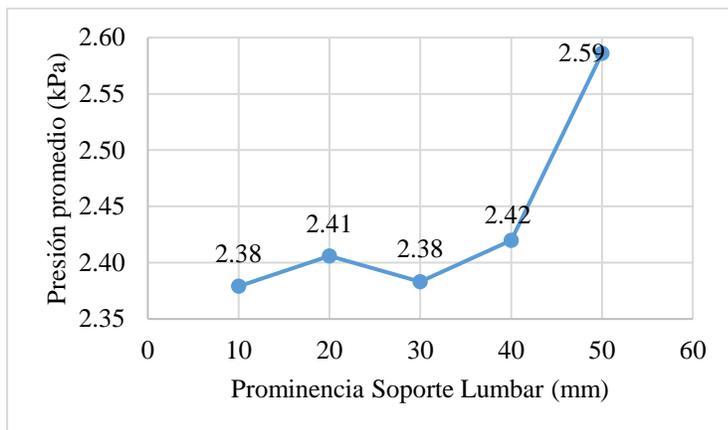


Figura 8. Presión promedio de acuerdo con la prominencia del soporte lumbar

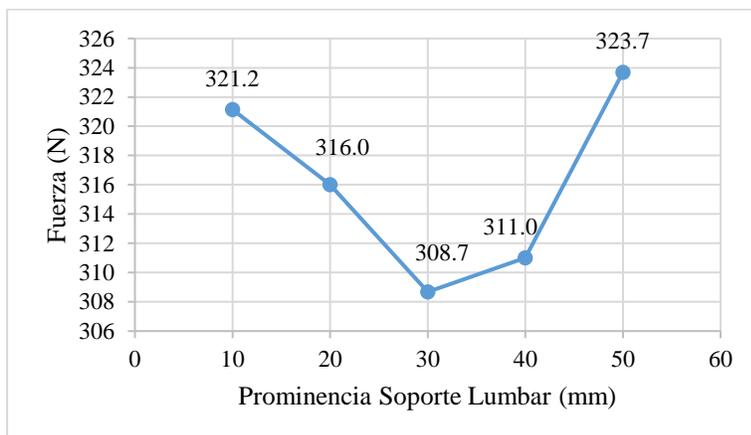


Figura 9. Fuerza aplicada vs prominencia del soporte lumbar.

La menor y mayor incomodidad se presentan en los valores de 30 y 50 mm respectivamente (Figura 10). Los valores máximos de presión se reflejan con el soporte por defecto de 10 mm, y el valor con menor presión máxima se evidencia con las prominencias de 30 y 50 mm (Figura 11).

Por último, el porcentaje del peso del cuerpo registrado sobre el asiento con menor valor se presenta con el soporte de 30 mm seguido de forma ascendente por el de 40 mm, las prominencias de 10 y 50 mm son las de mayor porcentaje (Figura 12). Dentro de los resultados también se identificó que la altura de ubicación del soporte medida desde la superficie de la bandeja del asiento se encuentra entre 15 y 20 cm con una media de 17.7 cm.

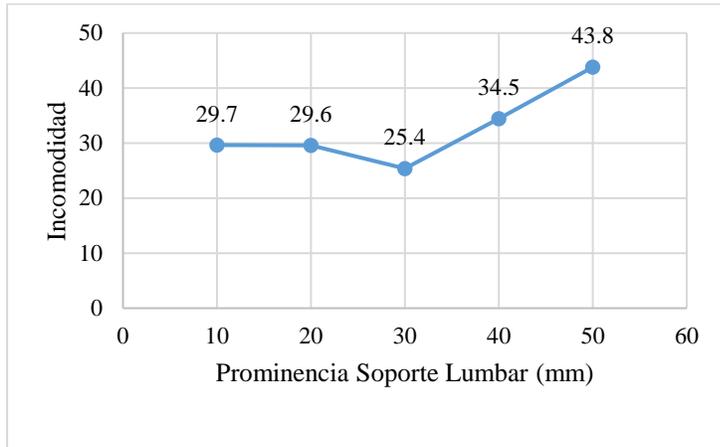


Figura 10. Incomodidad percibida de acuerdo con la prominencia del soporte lumbar.

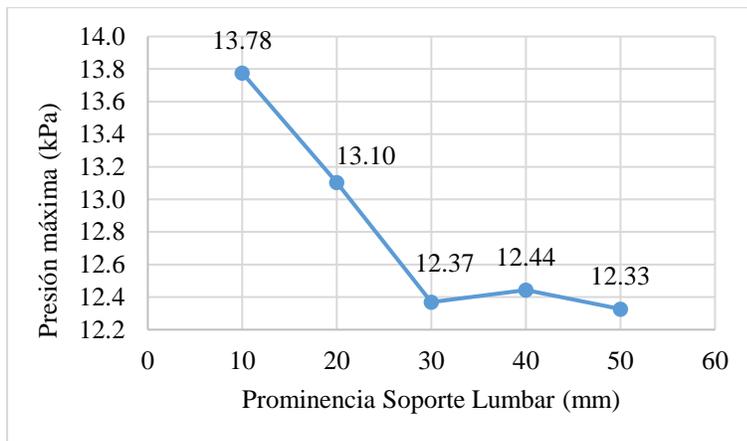


Figura 11. Presión máxima de acuerdo con la prominencia del soporte lumbar

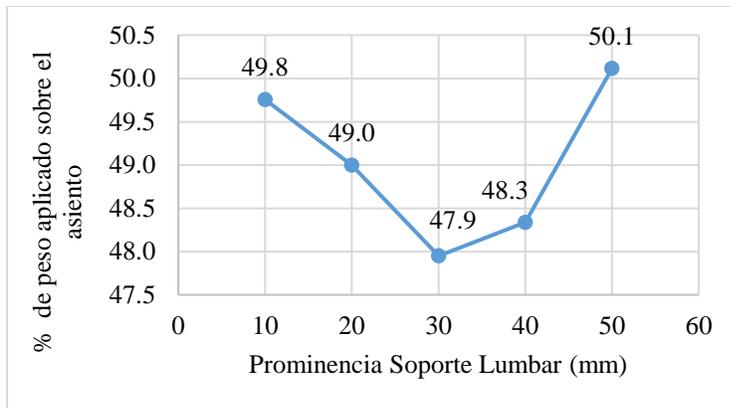


Figura 12. Porcentaje del peso del cuerpo aplicado al asiento de acuerdo a la prominencia del soporte lumbar

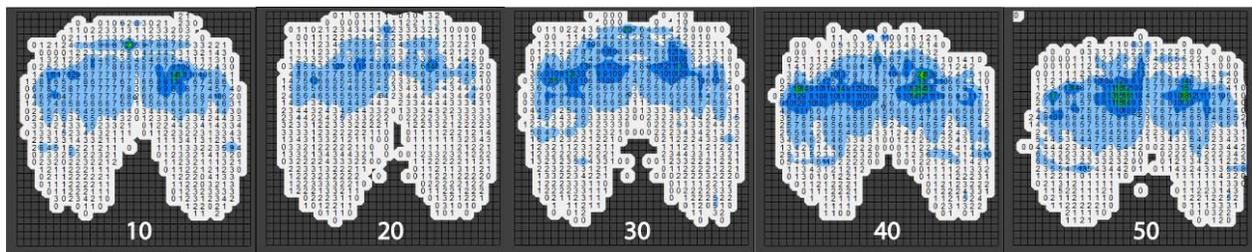


Figura 13. Distribución de presión para un participante de acuerdo con la prominencia del soporte lumbar (mm). Muestra la reducción del área de contacto y el incremento de la presión

4 Discusión.

La revisión de la literatura no es consistente con algunos de los valores de prominencia estudiados, Harrison et al., (2000), propone un valor de 50 mm para mantener la correcta curvatura lumbar en posición de conducción, pero en nuestros resultados es percibido como el más incómodo. Se considera que esta diferencia se debe a que no existe una relación entre comodidad y carga biomecánica, esto pueda llevar a que se adopten posturas corporales inadecuadas generando problemas musculoesqueléticos a futuro. Por tanto, lo que se considera biomecánicamente favorable no necesariamente es percibido como lo más cómodo (Maradei, Quintana, & Castellanos-Olarte, 2016).

Por su parte, en estudios de análisis de elementos finitos para la posición de conducción, un valor de 10 mm es el tamaño óptimo para lograr la comodidad del asiento. (Guo et al., 2016), esta prominencia coincide con los valores más bajos de incomodidad y presión promedio hallados en nuestro estudio, sin embargo, los resultados muestran porcentajes altos (49.7%) del peso del cuerpo sobre el asiento y la presión máxima más alta, por lo cual se puede afirmar que no es el soporte más favorable en todos los aspectos estudiados.

El soporte lumbar de 30 mm se encuentra dentro del rango de 20 a 50 mm de prominencia identificado en el estudio de De Carvalho & Callaghan, (2012), para mantener una adecuada lordosis lumbar y coincide con la prominencia de menor incomodidad para una almohadilla lumbar en postura sedente (Carcone & Keir, 2007). En este estudio se evidencia de forma

descriptiva que tiene el mejor comportamiento con los valores más bajos de presión promedio, fuerza e incomodidad. Además, esta prominencia se identifica como la más adecuada para lograr un menor porcentaje del peso corporal sobre la bandeja del asiento, lo que permitiría conseguir una postura que favorezca a la reducción de presión intradiscal, y las dolencias de la zona lumbar.

El estudio también encontró, que existe un comportamiento similar entre la presión promedio y la incomodidad, donde las prominencias más favorables son las más pequeñas 10, 20, 30 mm, a diferencia de las prominencias de 40 y 50 mm con los valores menos favorables, lo anterior podría entenderse que por medio de la presión promedio se podría evaluar la incomodidad (D. Looze, 2003), (Zemp et al., 2015), pero nuestros hallazgos muestran que estas dos variables no tienen una correlación significativa para ninguno de sus niveles de prominencia ($p > 0.05$).

A medida que se aumenta la prominencia del soporte el área de contacto (Figura 7) tiene un comportamiento descendente y la presión promedio tiende a aumentar (Figura 8), esto se puede relacionar con el desplazamiento del participante hacia adelante alejándose del espaldar hallado en algunas imágenes de la distribución de presión en el tapete (Figura 13.) Cabe resaltar que no se encontró un patrón en las imágenes que permita generalizar este resultado, solo en algunas imágenes las áreas de concentración de fuerzas crecen a medida que se aumenta la prominencia del soporte, por lo cual es conveniente ampliar estos hallazgos en futuras investigaciones para determinar cuál debería ser el ajuste hacia adelante de la bandeja del asiento y de esta forma brindar mejor apoyo al área de contacto con las piernas.

Para terminar, el valor medio del porcentaje del peso del cuerpo aplicado sobre el asiento de la silla, varía entre 47.9% hasta 50.1%. La literatura muestra valores promedio de distribución ideal de 60.4%, por tanto el valor máximo hallado, se encuentra por debajo de este valor (Zenk et al., 2012). De acuerdo con lo anterior las prominencias de 30 y 40 mm pueden reducir la fuerza que se aplica sobre el asiento, de tal forma que el peso restante se transfiera hacia otras partes del asiento como el espaldar, esto representa una reducción de la fuerza que soporta la columna lumbar y sus discos intervertebrales. Sin embargo, cabe mencionar que la distribución de presión entre piernas y nalgas juega un papel importante, ya que la parte inferior de los muslos ayudan a soportar el peso y evitan la concentración de presión en el área de las tuberosidades isquiáticas.

5 Conclusiones.

Para este estudio, se considera que 30 mm es la prominencia óptima del soporte lumbar para los diseños de sillas de conducción en todas las variables analizadas descriptivamente. Asimismo, los resultados de este estudio muestran que no se posee la suficiente evidencia para demostrar que el cambio de prominencia del soporte lumbar tenga una influencia significativa en la presión promedio, área de contacto, fuerza y distribución del peso del cuerpo en la interfaz cuerpo humano-asiento (p -valor > 0.05). En cambio, la incomodidad percibida presenta diferencias significativas (p -valor < 0.05) y es influenciada por el cambio de prominencia donde la menor y mayor incomodidad se hallan en los valores de 30 y 50 mm respectivamente.

Por último, aunque la distribución de presión en la interfaz humano asiento se ha identificado que juega un rol importante para entender la percepción de incomodidad, en este estudio no se posee la suficiente evidencia significativa que permita evaluar la incomodidad por medio del área, la presión o fuerza registrada sobre el asiento.

Referencias

- [1] Aota, Y., Iizuka, H., Ishige, Y., Mochida, T., Yoshihisa, T., Uesugi, M., & Saito, T. (2007). Effectiveness of a lumbar support continuous passive motion device in the prevention of low back pain during prolonged sitting. *Spine*, 32(23), 674–677. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318158cf3e>
- [2] Carcone, S. M., & Keir, P. J. (2007). Effects of backrest design on biomechanics and comfort during seated work. *Applied Ergonomics*, 38(6), 755–764. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.11.001>
- [3] Chen, J. C., Dennerlein, J. T., Chang, C. C., Chang, W. R., & Christiani, D. C. (2005). Seat inclination, use of lumbar support and low-back pain of taxi drivers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 31(4), 258–265. <https://doi.org/10.5271/sjweh.881>
- [4] Coleman, N., Hull, B. P., & Ellitt, G. (1998). An empirical study of preferred settings for lumbar support on adjustable office chairs. *Ergonomics*, 41(4), 401–419. <https://doi.org/10.1080/001401398186900>
- [5] De Carvalho, D. E., & Callaghan, J. P. (2012). Influence of automobile seat lumbar support prominence on spine and pelvic postures: A radiological investigation. *Applied Ergonomics*, 43(5), 876–882. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.12.007>
- [6] De Looze, M. (2003). Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures.
- [7] Guo, L. X., Dong, R. C., & Zhang, M. (2016). Effect of lumbar support on seating comfort predicted by a whole human body-seat model. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53, 319–327. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.03.004>
- [8] Harrison, D. D., Harrison, S. O., Croft, A. C., Harrison, D. E., & Troyanovich, S. J. (2000). Sitting biomechanics, Part II: Optimal car driver's seat and optimal driver's spinal model. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 23(1), 37–47. [https://doi.org/10.1016/S0161-4754\(00\)90112-X](https://doi.org/10.1016/S0161-4754(00)90112-X)
- [9] Kresal, F., Roblek, V., Jerman, A., & Meško, M. (2015). Lower back pain and absenteeism among professional public transport drivers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 21(2), 166–172. <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1029289>
- [10] Lis, A. M., Black, K. M., Korn, H., & Nordin, M. (2007). Association between sitting and occupational LBP. *European Spine Journal*, 16(2), 283–298. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0143-7>
- [11] Looze, D. (2003). Sitting comfort and discomfort and relationships whit objeive measures.
- [12] Makhsous, M., Lin, F., Bankard, J., Hendrix, R. W., Hepler, M., & Press, J. (2009). Biomechanical effects of sitting with adjustable ischial and lumbar support on occupational low back pain: Evaluation of sitting load and back muscle activity. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-10-17>

- [13] Maradei, M. F., Quintana, L., & Castellanos-Olarte, J. M. (2016). Assessment of biomechanical demands and discomfort in drivers to establish design criteria for truck seats. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 10(4), 431–437. <https://doi.org/10.1007/s12008-016-0325-4>
- [14] Miyamoto, M, Shirai, Y., Nakayama, Y., Gembun, Y., & Kaneda, K. (2000). An epidemiologic study of occupational low back pain in truck drivers. *Journal of Nippon Medical School = Nippon Ika Daigaku Zasshi*. <https://doi.org/10.1272/jnms.67.186>
- [15] Miyamoto, Masabumi, Konno, S., Gembun, Y., Liu, X., Minami, K., & Ito, H. (2008). Epidemiological Study of Low Back Pain and Occupational Risk Factors among Taxi Drivers. *Industrial Health*, 46(2), 112–117. <https://doi.org/10.2486/indhealth.46.112>
- [16] Rhimi, A. (2017). Concepts for the reduction of the discomfort generated by the prolonged static posture during the driving task, part II: Experiments and validations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 57, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.11.006>
- [17] Villanueva, M. B. G., Takeuchi, Y., Sotoyama, M., Jonai, H., & Saito, S. (1996). Adjustments of posture and viewing parameters of the eye to changes in the screen height of the visual display terminal. *Ergonomics*, 39(7), 933–945. <https://doi.org/10.1080/00140139608964515>
- [18] Zemp, R., Taylor, W. R., & Lorenzetti, S. (2015). Are pressure measurements effective in the assessment of office chair comfort/discomfort? A review. *Applied Ergonomics*, 48, 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.12.010>
- [19] Zenk, R., Franz, M., Bubb, H., & Vink, P. (2012). Technical note: Spine loading in automotive seating. *Applied Ergonomics*, 43(2), 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.06.004>.