

Influencia de la postura durante el corte de flores en la fuerza de aprehensión

The influence of posture during flower-cutting on the strength of flower-cutters' apprehension

Maria F. Maradei-García, Adriana C. Delgado-Gamboa y Francisco Espinel-Correal

Escuela de Diseño Industrial, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. mafermar@uis.edu.co, adriana.delgado@live.com.co, fespinel@uis.edu.co

Recibido 10 Junio 2011/Enviado para Modificación 18 Abril 2012/Aceptado 23 Mayo 2012

RESUMEN

Objetivo Los desordenes músculo esqueléticos y especialmente el síndrome del conducto carpiano es uno de los problemas de salud pública más importantes de los últimos años. Es la mayor causa de morbilidad profesional en Colombia, y uno de los ámbitos laborales con mayor incidencia es el sector floricultor. El estudio se propuso establecer si la fuerza de aprehensión en el corte de flores se ve afectada por la altura del corte y la postura del brazo.

Método Participaron 12 operarias y se utilizó un arreglo factorial 2x2 con la altura de corte y postura en pronación o supinación del antebrazo como los factores que influyen en la fuerza de aprehensión.

Resultados El análisis estadístico muestra que no existe interacción entre los factores, pero si efectos importantes sobre la fuerza de aprehensión. La variación de la flexión del brazo tiene un mayor efecto en comparación con el cambio de la postura del antebrazo (pronación o supinación).

Conclusiones La postura ideal para realizar la tarea de corte es la pronación debido a que el esfuerzo necesario para realizar dicha tarea es menor. Se propone que las investigaciones futuras deben estudiar los efectos de las desviaciones de la muñeca en el sector floricultor.

Palabras Clave: Síndrome del túnel carpiano, ingeniería humana, flores (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objective Musculoskeletal disorders, particularly carpal tunnel syndrome, have been one of the most important public health problems during recent years. It is the leading cause of occupational morbidity in Colombia, the flower industry being one of the areas of work having the highest incidence. This study was thus aimed at ascertaining whether flower-cutters' strength of apprehension has been affected by cutting height and arm posture.

Method The study involved 12 operating personnel; a 22 factorial arrangement was used and the effect of cutting height and posture on forearm pronation or supi-

nation and the factors influencing the strength of apprehension.

Results Statistical analysis showed no interaction between the factors; however, it did reveal a significant effect on the strength of apprehension. Varying how the arm bent had a greater effect than changing the position of the forearm (pronation or supination).

Conclusions Pronation was the ideal flower-cutting posture because it involved less effort to perform such task. Further research should examine the effects of wrist deviation angle in the flower industry.

Key Words: Carpal tunnel syndrome, human engineering, flowers (*source: MeSH, NLM*).

Los desórdenes del síndrome del conducto carpiano (SCC) han aumentado paulatinamente en el ámbito internacional y nacional. Los estudios de Punnet y Wegman (1), muestran que la prevalencia acumulada de síntomas de extremidad superior oscila entre 20 % a 30 % en países como EEUU, Canadá, Finlandia, Suecia e Inglaterra (2). De la misma forma el Bureau of Labor Statistics en el 2001, informó que los desórdenes de mano y muñeca corresponden a cerca del 55 % del total de los desórdenes por trauma repetitivo de los Estados Unidos (3).

La evidencia sugiere que los factores de riesgo del síndrome de conducto carpiano (SCC) está relacionado con actividades que requieren movimientos repetitivos, ejercer gran fuerza y adoptar posiciones y movimientos forzados con la mano (4-7). De la misma forma, se ha estudiado los factores que influyen en la relación mano-herramienta, con el propósito de proporcionar herramientas manuales más eficientes pero menos dañinas al ser humano (8-11).

Sin embargo, el aumento de estas patologías en miembros superiores ha crecido en el ámbito internacional y nacional, siendo en Colombia el SCC en el año 2005, la mayor causa de morbilidad profesional representando el 43 % de todos los diagnósticos (12). El sector floricultor es uno de los de mayor incidencia. Una revisión realizada por Lope (2010) encontró que existe insuficiencia de estudios en este sector especialmente (13).

Un estudio observacional realizado sobre terreno en el sector floricultor, permitió determinar que uno de los factores que influye en la postura final del corte es la altura en la que se realiza el corte mismo (14). La variación de la altura está condicionada a la estatura del operario o a la altura donde se debe realizar el corte según la edad de la planta. De la misma forma se encontró que la postura del antebrazo en pronación o supinación cuando se realiza el corte también puede influir en la fuerza de aprehensión

necesaria para realizar el corte.

Estudios similares han podido determinar que la postura del antebrazo tiene efectos en la percepción de comodidad (15), que la antropometría no está asociada con la fuerza de agarre (16), pero si la postura del hombro y el codo (6). Pero no se encontraron publicaciones realizadas en el sector floricultor donde se estudió la influencia de la altura de la flor y la postura del antebrazo en el esfuerzo requerido para realizar el corte.

De esta forma, este trabajo busca estudiar si la altura del sistema brazo-mano cuando se realiza el corte de flores, afecta la fuerza de aprehensión necesaria para el mismo (hipótesis 1) y si ésta última también se ve afectada por la postura en pronación o supinación del sistema brazo-mano (hipótesis 2). De ser ciertas estas hipótesis, el esfuerzo de corte por parte del operario estaría condicionado no solo por las características de la herramienta (mantenimiento y diseño) sino también por la postura que demanda la actividad, aspecto que sería de vital importancia para el diseño de mejores herramientas de corte manuales que propendan por mejorar la eficiencia del corte sin generar riesgo del SCC en los operarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para resolver las hipótesis de investigación se consideró un arreglo factorial 22, con la altura de corte (A) y postura en pronación o supinación del antebrazo (B) como los factores que influyen en la fuerza de aprehensión. Los niveles del factor A son: 45° de flexión del brazo como nivel bajo y 100° de flexión del brazo como nivel alto. Los niveles del factor B son: pronación como nivel bajo y supinación como nivel alto.

Con el propósito de obtener datos fiables, se utilizó el mismo tipo de flor con las mismas características de frescura para la realización de cada una de las pruebas. Las participantes fueron mujeres trabajadoras debido a que en el sector floricultor el mayor porcentaje de la población es femenino, además la fuerza de aprehensión es diferente según el género (17,18). Por último, las participantes no habían sido sometidas a esfuerzos continuos ni prolongados de la mano previamente a la realización de las pruebas.

Para la realización de las pruebas, las participantes usaron los mismos guantes que se utilizan en el sector floricultor debido a que éstos disminuyen la fuerza ejercida (fuerza disminuida de 10 % a 20 %, y la habilidad reducida entre 12 % y 64 %), requiriendo la realización de un mayor esfuerzo (19).

A cada participante se le informó sobre el procedimiento de la prueba y se firmó el consentimiento informado.

El experimento se realizó con 12 participantes de los cuales fue necesario eliminar 3 por problemas en la calibración del equipo, debido a que las participantes no pudieron ejercer la fuerza de 3 Lbs requerida por el sistema para iniciar el uso del equipo correctamente.

Cada participante del experimento fue sometido a los 4 tratamientos resultados de la combinación de los niveles altos y bajos de cada uno de los factores. Estos tratamientos fueron aplicados durante la prueba de corte de una flor (flexión del brazo a 45° en pronación, flexión del brazo a 45° en supinación, flexión del brazo a 100° en pronación y flexión del brazo a 100° en supinación), dejando un tiempo de reposo de 5 minutos entre cada corte; asimismo el orden de los tratamientos fue aleatorizado para cada uno de los participantes.

Para la medición de la fuerza de aprehensión se utilizó el sistema de medición de presión táctil, Finger TPS™ (Finger Tactile Pressure Sensing), el cual utiliza sensores de alta sensibilidad de presión capacitivo para cuantificar de forma fiable las fuerzas aplicadas por los dedos de la mano humana. Los sensores fueron colocados en la mano dominante del participante sobre la palma de la mano y sobre los dedos pulgar, índice y corazón (o dedo medio).

RESULTADOS

Las participantes del estudio tenían un promedio de edad de 33,6 años con una desviación estándar (DS) de 7,3. Un peso medio de 61,2 Kg (DS 8,6) y un IMC normal. Con un promedio de estatura de 1,6 m (DS 0,06). Solo una participante tiene como brazo dominante el izquierdo y su actividad es estudiante (Tabla 1).

La Tabla 2 muestra los datos de suma total, media y desviación estándar (DS) de cada uno de las participantes en función del tratamiento aplicado. El estudio encontró valores máximos de aprehensión de hasta 73,6 N. En la Figura 1, se puede observar los valores de la suma de la fuerza de aprehensión durante la tarea de corte de la flor en función de los tratamientos, los mismos encontrados en la Tabla 2. Estos resultados fueron representados geoméricamente con el propósito de realizar un mejor análisis de los efectos e interacciones de cada uno de los factores sobre la fuerza de aprehensión.

Tabla 1. Características de los participantes

Edad	Ocupación	Peso (kg)	Estatura (m)	IMC	Brazo	Corrida
42	Trabajadora	61,2	1,6 2	5,2	D	3
45	Trabajadora	53,1	1,5 2	2,6	D	4
24	Trabajadora	50,2	1,6 1	8,8	D	5
30	Trabajadora	59,8	1,6 2	3,3	D	6
38	Trabajadora	62,8	1,6 2	6,0	D	7
35	Trabajadora	66,4	1,5 2	9,4	D	8
31	Trabajadora	76,6	1,7 2	6,8	D	9
34	Trabajadora	68,8	1,5 2	9,9	D	11
24	Estudiante	52,0	1,5 2	1,8	Z	12

IMC: Índice de masa corporal

Tabla 2. Resultados del Diseño 22 donde se obtiene la fuerza de aprehensión en el corte

								TOTAL	MEDIA (N)	DS
4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	11,0	12,0			
6,8	3,6	18,6	26,7	10,8	18,6	7,9	9,5	117,0	13,0	7,3
17,0	28,7	8,6	13,3	10,5	15,5	11,6	0,4	125,6	14,0	7,9
24,2	9,6	28,0	26,7	11,0	15,2	4,7	0,1	136,5	15,2	9,8
14,1	7,7	21,1	25,0	13,8	16,4	10,9	16,1	143,7	16,0	5,2

Índice de masa corporal (IMC) 2

El cálculo de las estimaciones de los efectos que se encuentra en la Tabla 3, muestran al factor de flexión del brazo con un valor más alto que los otros, es decir que el cambio de la fuerza de aprehensión tiene un mayor efecto cuando existe variación de la flexión del brazo en comparación con el cambio de la postura del antebrazo. De igual forma éste valor tiene un signo positivo lo que significa que a medida que la altura aumenta, la fuerza de aprehensión utilizada para el corte de la flor, también lo hace.

En el diagrama de interacción de la Figura 2, se puede determinar que los factores estudiados no tienen una relación entre ellos, es decir que la fuerza de aprehensión no se ve afectada por la combinación de la flexión del brazo y la postura del antebrazo.

Tabla 3. Calculo de los efectos de los factores sobre la fuerza de aprehensión

Efecto de interacción del Factor A. Postura del antebrazo (+)	0,874
Efecto de interacción del Factor B. flexión del brazo (+)	2,089
Efecto de interacción de la combinación de los factores AB (-)	-0,079

Figura 1. Representación geométrica de los tratamientos y su respectiva suma de fuerza de aprehensión

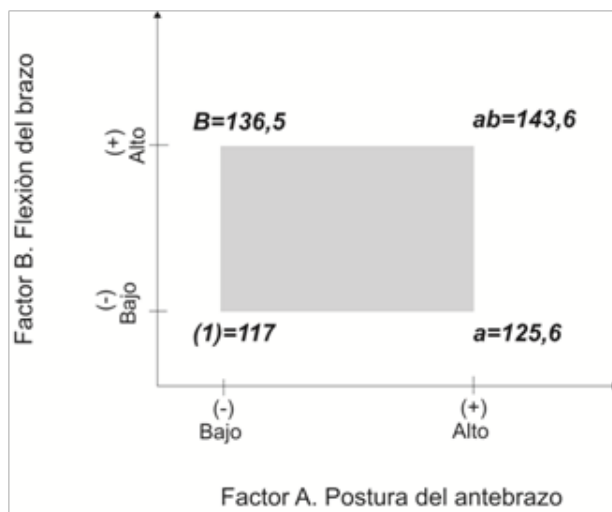
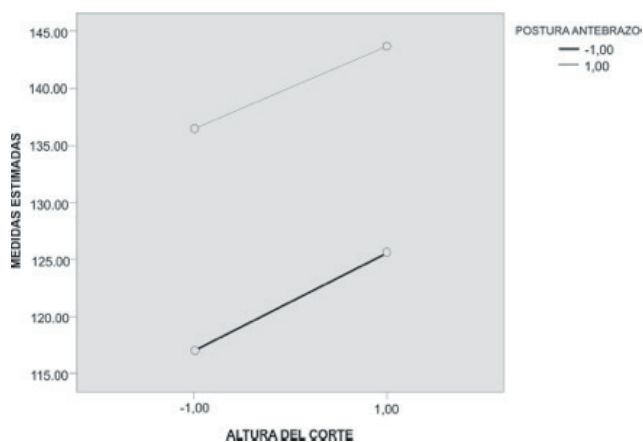


Figura 2. Respuesta de la altura del corte en función de la postura del antebrazo



DISCUSIÓN

Uno de los objetivos de este proyecto es estudiar si la altura del sistema brazo-mano cuando se realiza el corte de flores, afecta la fuerza de aprehensión necesaria para el mismo. El estudio muestra que el efecto de la altura de corte es positivo, lo que sugiere que a medida que se realiza el corte

a una altura mayor, la fuerza de aprehensión ejercida sobre la herramienta es más grande. Esto significa que la persona debe ejercer más fuerza para realizar el corte de la misma flor que cuando la flexión del brazo es a 45°. Estos datos ya han sido explicados por estudios similares, pero no en el sector floricultor, en donde se encontró que los ángulos de hombro y codo tienen efectos significativos en la fuerza de agarre disminuyendo el porcentaje de fuerza máxima voluntaria en los sujetos (6,20).

Las estimaciones numéricas de los efectos indican que la interacción entre la altura de corte y la postura del antebrazo no son significativas y por tanto los efectos de estas variables sobre la fuerza de aprehensión son independientes. Pero aun si no hay dependencia entre los factores, el segundo objetivo de éste proyecto era estudiar el efecto de la postura en pronación o supinación del sistema brazo-mano sobre la fuerza de aprehensión. Se encontró que la postura del antebrazo también tiene un efecto positivo en la fuerza de aprehensión, lo que sugiere que si se gira el antebrazo de pronación a supinación el esfuerzo para realizar el corte de una misma flor, también aumenta.

Este aumento del esfuerzo requerido para realizar la tarea de corte, puede conllevar a un aumento de la presión en el túnel del carpo, considerado como uno de los factores que favorecen el síndrome del conducto carpiano (SCC) (6,7,21,22), de la misma forma los estudios también muestran que esta presión aumenta en postura de supinación y disminuye cuando la postura del antebrazo es en pronación (21,23). Se ha mostrado a partir de éste experimento, que el esfuerzo es significativamente mayor cuando los cortes se realizan en supinación del antebrazo que para los registrados en pronación, sugiriendo de esta manera que la postura de corte que menor esfuerzo genera, es aquella en la cual el antebrazo se encuentra en posición de pronación con una altura de corte baja.

Por otra parte, encontramos que los datos obtenidos de la fuerza media de aprehensión son bajos comparados con los obtenidos por Muñoz (24), esto debido tal vez a varias características: en nuestro estudio no se buscaba que la participante generara su máxima fuerza voluntaria (MFV) durante el corte, el corte se realizaba en una sola flor con excelentes condiciones de frescura, la población estudiada fueron mujeres y las condiciones de mantenimiento y filo de la cuchilla eran óptimas.

Es importante también resaltar que las desviaciones estándares (DS) de la fuerza de aprehensión son muy altas, esto debido tal vez a los problemas de calibración que se tuvieron con el dispositivo de medida Finger TPS™.

Es posible que al mejorar las características de calibración los datos sean más exactos. Sin embargo, como se mostró en los párrafos anteriores, los datos obtenidos por éste estudio son acordes a los ya obtenidos anteriormente por estudios similares.

Si consideramos que el diseño de las herramientas depende de las condiciones específicas de cada puesto de trabajo, es de suponer que al pretender que una herramienta pueda ser usada universalmente sin importar cuales son las condiciones que demanda la actividad en particular, las condiciones de uso de éstas afectan las características de eficiencia y seguridad del operario. Este aspecto puede ser uno de los factores que hayan hecho que los resultados en la búsqueda de la disminución de estos desórdenes hayan sido incipientes en algunos sectores industriales.

El estudio específico de la actividad floricultora permitió determinar los factores de riesgo que atañen a la actividad, para proponer criterios ergonómicos que permita mejorar el diseño de las herramientas de corte en el sector floricultor.

Los hallazgos encontrados sugieren que los esfuerzos de corte cuando la flor está a una altura baja son diferentes a si la flor se encuentra a una altura mayor. El diseño de la herramienta debe ajustarse para permitir que el operario mantenga la postura de la muñeca en una posición neutral y la ventaja mecánica debe ajustarse según la postura del antebrazo que requiere más esfuerzo por parte del usuario.

De acuerdo con lo anterior y los resultados obtenidos durante este experimento, puede concluirse que la postura del antebrazo ideal para generar menor esfuerzo durante las tareas de corte, es la de pronación, ya sea a una altura baja o alta comparado con la postura de supinación. Aunque lo ideal sería realizar el corte en pronación a una altura baja de flor (flexión del brazo a 45°).

De esta forma se puede verificar a partir de este estudio que las hipótesis planteadas son positivas, pues ambas generan un efecto considerable sobre el esfuerzo de corte, pero se debe dejar claro que los efectos de estas variables sobre la fuerza de aprehensión son independientes.

Se propone que investigaciones futuras estudien las desviaciones de la muñeca, específicamente en las actividades de corte del sector floricultor y su influencia en la fuerza de aprehensión, esto permitiría generar más criterios para el diseño ergonómico de herramientas en dicho sector •

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo recibido por la Universidad Industrial de Santander y la División de Investigación y Extensión de la Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas para la financiación del proyecto con código 5544, titulado: Aplicación de la investigación centrada en la actividad en el diseño de herramientas manuales.

REFERENCIAS

1. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2004; 14 (1):13-23.
2. M.d.I.P. Social. "Guía de atención integral basada en la evidencia para desórdenes músculoesqueléticos (DME) relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (síndrome de túnel carpiano, epicondilitis y enfermedad de de quervain) (GATI-DME), Ed. Bogotá: D.G.d.R. Profesionales. Colombia; 2006.
3. Burnett C, Lalich N, MacDonald L, Alterman T. Worker Health by Industry and Occupation. In: *Satistics Bol*, (Ed.). Cincinnati: DHSS (NIOSH) Publication; 2001.
4. M.d.p. social. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Desórdenes Músculo Esqueléticos (DME). Ed. Bogotá; 2007.
5. Minna Pa, Mika H, Markku M. Ergonomic design criteria for pruning shears. *Occupational Ergonomics*. 1999; 2 (3): 163-77.
6. Kattel BP, Fredericks TK, Fernandez JE, Lee DC. The effect of upper-extremity posture on maximum grip strength. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1996; 18 (5-6): 423-9.
7. Roquelaure Y, Dano C, Dusolier G, Fanello S, Penneau-Fontbonne D. Biomechanical strains on the hand-wrist system during grapevine pruning. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2002; 75 (8): 591-5-5.
8. Kilbom Å, Ainen M, Sperling L, Kadefors R, Liedberg L. Tool design, user characteristics and performance: A case study on plate-shears. *Applied Ergonomics*. 1993; 24 (3): 221-230.
9. Loslever P, A. Biomechanical and epidemiological investigation of carpal tunnel syndrome at workplaces with high risk factors. *Ergonomics*. 1993; 36 (5): 537-54.
10. Sperling L, Dahlman S, Wikström L, Kilbom Å, Kadefors R. A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements. *Applied Ergonomics*. 1993; 24 (3): 212-20.
11. Roquelaure Y, D'Espagnac F, Delamarre Y, Penneau-Fontbonne D. Biomechanical assessment of new hand-powered pruning shears. *Applied Ergonomics*. 2004; 35 (2): 179-82.
12. Tafur FJ. Informe de Enfermedades Profesionales en Colombia 2003-2005. In: *Social MdIP* (Ed.). Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia; 2007.
13. Barrero LH, Quintana. LA, Ceballos. C, Villalobos. G, Piedrahita. HH, Pulido JA, et al. Mechanical determinants of carpal tunnel syndrome in a population of the Colombian flower industry. *Premus* 2010. Francia; 2010.
14. Maradei F, Delgado A, Castellanos M. Florist Industry Analysis for Cutting Hand Tool Design. 11° Congreso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interface Humano-Tecnologia; Manaus, Brasil: Memorias del congreso; 2011.

15. Khan AA, O'Sullivan L, Gallwey TJ. Effect on discomfort of frequency of wrist exertions-combined with wrist articulations and forearm rotation. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2010; 40 (5): 492-503.
16. Nicolay CW, Walker AL. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2005; 35 (7): 605-18.
17. Pylatiuk C, Kargov A, Schulz S, Doderlein L. Distribution of grip force in three different functional prehension patterns. *Engineering*. 2006; 30 (3): 176-82.
18. Sancho-Bru J, Giurintano DJ, Perez-Gonzalez A, Vergara M. Optimum tool handle diameter for a cylinder grip. *Journal of Hand therapy*. 2003; 16 (4): 337-42.
19. Miralles RC, Miralles I. *Biomecánica Clínica de los Tejidos y las Articulaciones del Aparato Locomotor*. Barcelona: Ediciones Masson; 2005.
20. O'Sullivan LW, Gallwey TJ. Upper-limb surface electro-myography at maximum supination and pronation torques: the effect of elbow and forearm angle. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2002; 12 (4): 275-85.
21. Rempel D, Bach JM, Gordon L, So Y. Effects of forearm pronation/supination on carpal-tunnel pressure. *The Journal of Hand Surgery*. 1998; 23 (1): 38-42.
22. Chaffin DB, Andersson GB, Martin BJ. *Occupational Biomechanics*. Editor, New York: J. Wiley & Sons; 2006.
23. Richards LG, Olson B, Palmiter-Thomas P. How Forearm Position Affects Grip Strength. *The American Journal of Occupational Therapy*. 1996; 50 (2): 133-8.
24. Muñoz L, De la Vega E, Octavio F, Ortiz B, Lucero K. Fuerza Maxima de Agarre con Mano Dominante y no Dominante. In: SEMAC (Ed.). *XV Congreso Internacional de Ergonomía SEMAC*; Ciudad Juarez. México; 2009.