



VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18 junio 2016
Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



ESTRÉS CAUSADO POR CARGAR EN LA ESPALDA UN EXOSQUELETO DE TRONCO SUPERIOR

Colin Ortega Juan-Carlos^a, Alcázar Olán Raúl J.^a

^aUniversidad Iberoamericana Puebla, Puebla, México, juancarlos.colin@iberopuebla.mx, raul.alcazar@iberopuebla.mx

RESUMEN:

En las líneas de ensamble automotriz existen operaciones que hasta el día de hoy no son susceptibles de automatización. Especialmente cuando se colocan piezas en la parte inferior del chasis que cuelga de unos ganchos, los técnicos deben estar una gran parte de su jornada laboral con los brazos levantados. Esta posición al correr del tiempo, genera lesiones importantes en la zona de la cintura escapular. Un exoesqueleto para la parte superior del cuerpo, ayuda a disminuir estas lesiones. Se construyó un modelo con el mismo peso, forma y dimensiones que artefactos similares, con el fin de realizar pruebas ergonómicas. Este trabajo tiene como objetivo detectar si existe afectación significativa en el estrés del usuario al cargar en la espalda el compartimiento de mecanismos de un exoesqueleto. Se pidió a varias personas completar un reto manual con brazos levantados cuando se tiene en la espalda el mencionado modelo. Antes y después de ello, se les aplicó un cuestionario enfocado a la detección de enojo, estrés o malestar. Este cuestionario fue desarrollado por psicólogos especialistas en enojo y ha sido usado en investigación de esa área en especial. Se reportan los resultados y se concluye que cargar en la espalda este aditamento, resulta significativamente molesto y se espera que el beneficio de reducir las afectaciones y lesiones en los hombros sea suficiente para compensar la incomodidad y el estrés generados al usar el exoesqueleto.

1. INTRODUCCIÓN

Problema real y actual

La empresa Volkswagen de México (VW) a través de su proyecto "Innovation Campus" y a través de su departamento "Fábrica Digital", solicitaron en el mes de junio de 2015, la colaboración de la Ibero Puebla para el desarrollo de un exoesqueleto. Un exoesqueleto es un artefacto que se coloca externamente en un cuerpo humano para aumentar su resistencia o su fuerza [1]. Las lesiones en los operarios causadas por las actividades que realizan son frecuentes debido a que la línea de producción no está adaptada a las necesidades ergonómicas de los técnicos. VW es consciente de eso, sin embargo por cuestión de costos y logística, lo que resulta viable es buscar soluciones alternativas a la modificación de la línea de producción. Actualmente VW tiene estrategias para tratar de reducir la incidencia de lesiones en sus trabajadores. Una de las más relevantes es la rotación sistemática de los técnicos llevándolos a realizar distintas operaciones donde realicen otro tipo de movimientos.

El esfuerzo físico, el estrés y el enojo

Las personas que son sometidas a tensión física o psicológica son vulnerables a experimentar estrés o enojo. A mayor grado de exigencia física (por ejemplo, cargar mucho peso o por mucho tiempo), mayor el grado de estrés o enojo. Esto se debe a que las incomodidades físicas debido a posturas inadecuadas o carga excesiva son detonantes de emociones negativas. Algunas de las consecuencias de la actividad laboral que requiere esfuerzo físico son las torceduras, la tendinitis, la bursitis o las lesiones en hombro y espalda. Cualquier lesión física es un detonante potencial del



VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18 junio 2016
Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



estrés y el enojo, los cuales pueden reducir la productividad laboral. En consecuencia, esta investigación se propone evaluar un exoesqueleto, como un instrumento de apoyo físico, en términos del grado de estrés y enojo que provoca o reduce.

2. TEORÍA

Estrés

Los indicadores o respuestas de estrés son los que en definitiva nos permiten determinar que éste existe, podemos distinguir los neuroendocrinos, los psicofisiológicos y los psicológicos. Ante estímulos amenazantes, particularmente si éstos son de naturaleza emocional, el organismo reacciona a través de diferentes sistemas hormonales. Así se prepara para la lucha o la huida de la amenaza. Esta reacción que en principio es adaptativa y natural, tendrá unas consecuencias tremendamente negativas para la salud cuando se presente con demasiada frecuencia o simplemente dicha preparación y el exceso de energía que supone no son necesarios. Las respuestas psicofisiológicas, en general son de tipo involuntario, como las anteriores, y algunas de ellas son el aumento de la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea o la actividad respiratoria. Además de la activación o inhibición de mecanismos fisiológicos y bioquímicos, es importante el número de reacciones psicológicas asociadas al estrés [7].

Se ha confundido el estrés con las emociones concretas que lo acompañan. Los indicadores emocionales están muy relacionados con los somáticos y con frecuencia son una causa de los otros o viceversa. Las emociones asociadas al estrés son negativas como ansiedad, depresión, ira, etc. y estados de ánimo como la impaciencia, la frustración, etc. Los indicadores somáticos son percibidos por los sujetos y expresados como quejas, siendo los más habituales la fatiga, el insomnio, el temblor, y dolores de distinto tipo. Muchos de estos aspectos somáticos no son más que los componentes de la reacción emocional, por ejemplo en el caso de la ansiedad. Parece que la ansiedad se relaciona más con un estado de estrés temporal y la depresión con uno crónico. Los indicadores cognitivos y comportamentales pueden convertirse en formas de afrontar el estrés, más o menos eficaces. Entre los primeros destacan, como más habituales, la indecisión, actividad mental acelerada, pérdida del sentido del humor, la memoria, etc. Entre los comportamentales se encuentran estados de nerviosismo diversos como morderse las uñas o no poderse estar quieto, trastornos alimenticios, fumar, etc.

El hombro humano

Todos los movimientos del hombro son resultado de uno o varios movimientos de cada una de las articulaciones [2][3][4] formadas entre las estructuras óseas que ahí convergen como se observa en la figura 1. Estos movimientos son:

-Abducción: la articulación glenohumeral alcanza los 100°. La abducción glenohumeral más la rotación axial externa del húmero, abducción total, consigue los 180°.

Aducción: 30°.

Flexión (antepulsión): la articulación glenohumeral alcanza los 120°. La flexión más la rotación externa, flexión total del brazo, llega a los 180°.

-Extensión (retropulsión): 45-60°.

-Rotación externa: 90°.

-Rotación interna: 90°.



VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

16-18
junio 2016

Unidad de Seminarios, BUAP

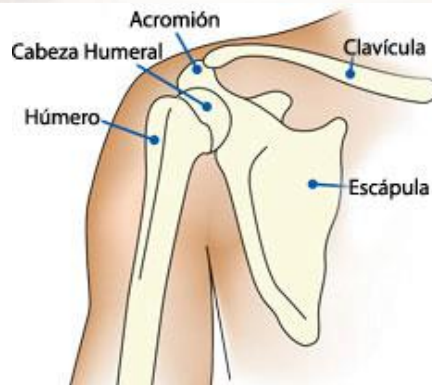


Fig. 1 Articulación esférica de la cintura escapular (http://i.onmeda.de/es/anatomia_hombro_anterior.gif).

Principales padecimientos y lesiones de la articulación del hombro [5][6]

- Torcedura y distensión
- Tendinitis
- Bursitis
- Lesiones del Manguito Rotador
- Lesiones de espalda
- Artrosis

Por el momento los datos estadísticos sobre los tipos de lesiones recurrentes en VW Puebla no han sido proporcionados por la empresa, sin embargo se hace referencia a la información estadística de tasa de incidencia de lesiones no fatales en el trabajo realizada por el buró de estadísticas laborales de los Estados Unidos en sus versiones 2012 y 2013 específicamente para el ramo automotriz donde se menciona que durante el año 2012 se registraron 154 lesionados no fatales [10] y durante el año 2013 se registraron 143 casos en la industria automotriz estadounidense.

Antecedentes de desarrollo de exoesqueletos

Fortis

Desarrollado por la empresa de artículos militares Lockheed Martin en Estados Unidos. Este exoesqueleto tiene la finalidad de hacer el trabajo con herramientas pesadas más fácil y eficiente. El sistema tiene la ventaja de ser completamente mecánico sin componentes electrónicos, su estructura permite transferir el peso de la herramienta al suelo a través de su estructura y el brazo mecánico que sujeta la herramienta. Cuenta con un conjunto de contrapesos para ayudar con la estabilidad. Es posible utilizarlo en posición parada o hincada, reduciendo la fatiga muscular hasta en un 300 por ciento. Este exoesqueleto permite a los operarios trabajar por mayores periodos y de forma más eficiente. Está fabricado con titanio y plástico.

HAL

Uno de los exoesqueletos más conocidos actualmente. La empresa que lo fabrica es la japonesa Cyberdyne, cuyo producto principal está enfocado en el área médica, sin embargo actualmente están en desarrollo de otros equipos similares para la industria y brigadas de emergencia. Hal es el acrónimo de Hybrid Assistive Limb, el sistema promete una fusión hombre maquina gracias a que



este dispositivo detecta los impulsos nerviosos logrando un movimiento fluido con la persona que lo ocupa.

Sus usuarios principales son actualmente personas en rehabilitación que requieren apoyo para fortalecer y mover sus extremidades. Actualmente se encuentra en desarrollo el sistema HAL para cuerpo completo con la finalidad de incrementar las capacidades humanas (http://www.cyberdyne.jp/english/products/LowerLimb_medical.html).



Figura 2. Exoesqueleto Fortis.

(<http://www.lockheedmartin.com/us/products/exoskeleton/FORTIS.html>)

Raytheon Sarcos XOS 2

Es el exoesqueleto militar de segunda generación desarrollado por la empresa Raytheon para el ejército de los Estados Unidos. Este exoesqueleto incrementa la fuerza, agilidad y resistencia del soldado, utiliza sistemas hidráulicos para levantar objetos pesados a una relación de 17 a 1. Utiliza sistemas electrónicos y mecánicos para su funcionamiento (<http://www.raytheon.com/>).

Proyecto de exoesqueleto ITESM-CONACYT

Exoesqueleto desarrollado por dos empresas mexicanas en conjunto con el Tec de Monterrey campus Monterrey. Este prototipo cuenta con brazos y piernas para ayudar en la rehabilitación de las personas que sufren alguna discapacidad. El sistema cuenta con aplicaciones de realidad virtual con lo cual se pretende que el paciente pueda llevar terapias de rehabilitación a distancia (<http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/salud/2867-implementan-tecnologia-pararehabilitacion-con-exoesqueletRos-reporteaje>).

Modelo de exoesqueleto utilizado en esta prueba

Se trata de un compartimiento de forma trapezoidal que se coloca en la espalda del usuario, con dos protuberancias por encima de los hombros pero sin recargar peso en ellos. Para fijarlo al cuerpo se utiliza un chaleco ergonómico de diseño original, de material textil, unido mediante tornillo-pija. El chaleco se ajusta con cierres de Velcro (marca registrada). El peso total del modelo es de cuatro kilogramos. El modelo puede observarse en la figura 3.



3. PARTE EXPERIMENTAL

Se pidió a 18 personas de ambos sexos de entre 18 y 22 años de edad, completar un reto manual con brazos levantados cuando se tiene en la espalda el modelo de misma forma y peso, durante aproximadamente una hora. Después de ello, se les aplicó un cuestionario enfocado a la detección de enojo, estrés o malestar. Este cuestionario es el "Inventario multicultural de la expresión de la cólera y la hostilidad" (ML-STAXI), desarrollado por los psicólogos especialistas en enojo Moscoso y Spielberger para edades de 18 a 29 años y puede aplicarse individual o colectivamente. La prueba tiene validez factorial para evaluar el enojo en población mexicana [9].



Figura 3. Vistas de los participantes en la prueba realizando movimientos con el modelo "misma forma y peso" del exoesqueleto de tronco superior.

Esta prueba mide lo siguiente:

1. El enojo que sentía la persona en el momento de responder el cuestionario. A esta escala se le conoce como "Enojo estado". Se divide en dos subescalas:
 - "Sintiendo enojo" que mide la intensidad de la emoción y
 - "Deseo de expresar enojo" que evalúa las ganas de insultar o golpear a alguien.
2. La disposición o vulnerabilidad para reaccionar generalmente con enojo. A esta escala se le conoce como "Enojo rasgo". Se divide en dos subescalas:
 - "Temperamento de enojo" que mide la tendencia a reaccionar con enojo ante cualquier lugar, cualquier motivo y cualquier persona y
 - "Reacción de enojo" que valora el grado en que la persona reacciona con esta emoción ante situaciones frustrantes.

Los resultados de acuerdo con los cálculos de la prueba [9] se muestran en la tabla 1.



Escalas y subescalas	Puntaje obtenido	Media normativa
Escala de enojo estado (State anger scale)	16.28	11.51
Deseo de expresar enojo (Desire)	7.33	5.57
Sentir enojo (Feeling anger)	8.94	5.94
Escala de enojo rasgo (Trait anger scale)	22.72	19.46
Reacción de enojo rasgo (Trait anger reaction)	12.28	10.51
Temperamento (Temperament)	10.44	9.75

Tabla 1. Tabla de resultados del estudio de enojo después de usar el modelo de exoesqueleto.

4. CONCLUSIONES

Se observa que los puntajes de escalas de enojo obtenidos después del uso del modelo con mismo peso y misma forma son mayores que los puntajes promedio que se reportan para México en la Revista Internacional de Psicología y Terapia Psicológica. El grupo de personas que participó en el experimento tiene características homogéneas de edad, nivel socioeconómico e intereses tratándose de estudiantes de ingeniería en una universidad privada. Se observa un alto puntaje en la escala de enojo rasgo del promedio del grupo. Esto es un factor de ponderación cuando se observa el puntaje alto en la escala de enojo estado al final del experimento. Aun así, la diferencia en el promedio del enojo estado es de casi cinco puntos por encima de los promedios de la población mexicana, en un experimento con duración significativamente menor a la duración prevista para el exoesqueleto. Con base en lo anterior, se concluye que cargar en la espalda este aditamento, resulta significativamente molesto y se espera que el beneficio de reducir las afectaciones y lesiones en los hombros sea suficiente para compensar la incomodidad y el estrés generados al usar el exoesqueleto. Es necesario [8] realizar experimentos con duración similar a la que se espera en la planta industrial. Se sugiere también experimentar con niveles de temperatura y ruido similares a los niveles del lugar de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. J. Wolff, et. al. "A survey of stakeholder perspectives on exoskeleton technology", *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol. 11, 169, 2014, ISSN 1743-0003.
2. R. L. Brookham, C. R. Dickerson, "Empirical quantification of internal and external rotation muscular co-activation ratios in healthy shoulders", in *Med Biol Eng Comput* (Springer), 52:257-264, 2012.
3. J. I. Salles, et. al. "Strength Training and Shoulder Proprioception", in *Journal of Athletic Training*, 50(3):277-280, 2015.
4. A. Seth, et. al., "A Biomechanical Model of the Scapulothoracic Joint to Accurately Capture Scapular Kinematics during Shoulder Movements", *PLOS ONE* Lei Ren, University of Manchester, United Kingdom, 2016.
5. N. Suarez-Sanabria, A. M. Osorio-Patiño, "Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman", en *Revista CES Medicina*, Vol. 27 No. 2, 2013.



VII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO"

16-18
junio 2016
Unidad de Seminarios, BUAP



6. D. Suprak, et. al. "Scapular Kinematics and Shoulder Elevation in a Traditional Push-Up", in Journal of Athletic Training, 48(6):826-835, 2013.
7. X. Mao, et. al., "An Evaluation of the Effects of Human Factors and Ergonomics on Health Care and Patient Safety Practices: A Systematic Review", PLOS ONE Karin Bammann, University of Bremen, Germany, 2014.
8. A. G. Cutti, E. K. Chadwick, "Shoulder biomechanics and the success of translational research", in Med Biol Eng Comput (Springer), 52:205-210, 2014.
9. R. J. Alcázar, J. L. Deffenbacher, Z. S. Byrne, "Assessing the Factor Structure of the Anger Expression Inventory (ML-STAXI) in a Mexican Sample", in International Journal of Psychology and Psychological Therapy, Vol. 11(2), pp. 307-318, 2011.
10. Bureau of Labor Statistics. (2013). Recuperado el 1 de octubre de 2015, de Injuries, Illnesses, and Fatalities: <http://www.bls.gov/iif/oshwc/osh/os/ostb3958.pdf>