



(Julio- Diciembre 2018)



Año 11.
Núm. 28

Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Recibido el 12 de octubre de 2018

Dictaminado mediante arbitraje favorablemente 9 de diciembre de 2018

Análisis comparativo de métodos de evaluación postural para la determinación del riesgo de trastornos músculo-esqueléticos en las tareas de ensamble en el sector industrial de manufactura

Comparative analysis of posture evaluation methods for the determination of muscle-skeletal disorder risks in the assembly tasks of manufacturing industrial sector

Patricia Eugenia Sortillón-González¹, Leonel Ulises Ortega-Encinas², José Sergio López-Bojórquez³, Julieta Amada Leyva-Pacheco⁴, María Irene Silvas-García⁵
Universidad Estatal de Sonora

Resumen:

Los trastornos músculo - esqueléticos (TME) están asociados a la actividad laboral, y se relacionan con diversos factores de riesgo. La observación y consulta directa de los investigadores sobre los TME se ha considerado. Sin embargo, existe una falta de mediciones estandarizadas, la cual limita la capacidad para hacer comparaciones entre los diferentes estudios, por lo que se ha realiza una evaluación postural de las tareas desarrolladas por 39 trabajadores del sector industrial de manufactura, en la ciudad de Hermosillo, Sonora, quienes tienen una jornada laboral de 9.6 horas; se emplea el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) para obtener el índice de riesgo de TME para esas tareas. Se plantea un modelo biomecánico sagital, se calcula la sumatoria de momentos de fuerza respecto del centro de rotación de la espalda baja. Un modelo de correlación lineal y una prueba de hipótesis se establecen para determinar la idoneidad del modelo y la correlación entre las dos variables: Índice RULA y Sumatoria de Momentos de Fuerza, como forma de validar el método cuantitativo a partir del método cualitativo. Los resultados indican que existe una correlación entre las variables, lo cual conduce a pensar que el método cuantitativo es una buena estrategia para establecer el riesgo de trastorno músculo - esquelético en tareas repetitivas.

Palabras Clave -RULA, Modelo Biomecánico, TME, Riesgo, Evaluación Postural

¹UES, Programa de Ingeniero Industrial en Manufactura: psortillon@gmail.com

²UES, Programa de Ingeniero Industrial en Manufactura: mtb_leonel@hotmail.com

³UES, Programa de Ingeniero Industrial en Manufactura: josesergi@gmail.com

⁴UES, Programa de Ingeniero Ambiental: jlevvap@yahoo.com.mx

⁵UES, Programa de Ingeniero en Tecnología de Alimentos: maryrene_13@hotmail.com



(Julio- Diciembre 2018)



Año 11.
Núm. 28

Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Abstract

Musculoskeletal disorders are associated with risks detected in work activity. There are several methods of risk factor evaluation for the appearance of musculoskeletal disorders. The observation of the researcher and direct consultation for knowledge of the problem it is considered. However, the lack of standardized meters, limit the ability to compare results between different studies. Musculoskeletal disorders are associated with risks detected in work activity, different factors, repetitive movement, efforts and postures. There are several methods risk factor evaluation for the appearance of musculoskeletal disorders. The observation of the researcher and direct consultation for knowledge of the problem it is considered. However, the lack of standardized meters, limit the ability to compare results between different studies Therefore, a posture biomechanical model was proposed, from which the sum of the moments of force generated with respect to the center of rotation of the lower back, of the body segments involved in the development of the assembly tasks, was calculated. Also included is a linear correlation model and a hypothesis test of the regression line, in order to test the suitability of the model and the correlation of the two variables: RULA index and sum of force moments. The results demonstrate a lineal correlation between variables and it may conduce to think the quantitative proposed method is a good strategy to determine the risk of TME in repetitive tasks.

Keywords - RULA, Biomechanical model, TME, Risk, posture assessment

1. Introducción

Los TME incluyen un amplio rango de condiciones inflamatorias y degenerativas que afectan músculos, tendones, ligamentos, uniones, nervios periféricos y venas de soporte; incluyen síndromes clínicos tales como las inflamaciones de los tendones y condiciones relacionadas (tenosynovitis, epicondilitis, bursitis), desórdenes de compresión de nervios (síndrome del túnel de carpo, ciática) y osteoartritis, así como condiciones como la mialgia, dolor de espalda baja y otros síndromes de dolor localizados no atribuibles a las patologías conocidas. Las regiones del cuerpo más comúnmente involucradas con los TME son la espalda baja, el cuello, el hombro, el



(Julio- Diciembre 2018)



**Año 11.
Núm. 28**

**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

brazo y la mano. No podría negarse el alto impacto en la calidad de vida y en el costo económico de quienes padecen TME, tampoco podríamos negar que su causa obedece no únicamente las condiciones laborales, sin embargo, constituyen una proporción importante de las enfermedades de orden laboral en muchos países. Los TME prevalecen en ciertos trabajos industriales y en determinadas ocupaciones, los sectores de alto riesgo incluyen los trabajos de enfermería, transportación aérea, minería, industria de procesado de comida, curtido de pieles, manufactura pesada y ligera (Punnett y Wegman, 2004). En cuanto a la práctica de la actividad de manufactura, en particular en las operaciones de ensamble, se ejecutan movimientos y posturas que implican un trabajo manual intenso, como son levantamientos de pesos, posturas de cuello y espalda fijas por periodos prolongados de dos hasta cuatro horas continuas por cinco días consecutivos en una semana, todos los cuales son factores de riesgo para la aparición de TME.

Los TME pueden presentarse al realizar determinadas tareas, al producirse agresiones mecánicas del tipo de estiramientos, roces, compresiones, entre otros, los cuáles al ejecutarlos de forma repetitiva durante largos periodos de tiempo, acumulan sus efectos hasta causar una lesión, la cual se manifiesta por medio de dolor y limitación funcional en las zonas afectadas, que impiden desempeñar sus actividades de forma cotidiana. Por otra parte, el desarrollo de TME, también está vinculado de manera directa a las tareas que se desarrollan en la actividad física que exige realizar de manera habitual movimientos repetitivos, posturas articulares extremas y fuerza intensa, que incluyen otras actividades no relacionadas con la actividad profesional, es decir dentro del trabajo doméstico y los deportes. A estas condiciones suelen sumarse otros factores como son el trabajo excesivo, la ausencia de descansos, además de ciertas características individuales como son la edad, sexo, peso corporal, estado de salud y antecedentes médicos, todos los cuales aumentan la probabilidad de desarrollo de los mismos. Según Bruce (1997), los TME comprenden la mayor proporción de enfermedades relacionadas a traumas repetidos. En un estudio realizado para la industria farmacéutica en México (Juno et al., 2004) se determinó la prevalencia de los TME, en una muestra de 244 empleados, de la cual, 29 de cada 100



(Julio- Diciembre 2018)



**Año 11.
Núm. 28**

**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

trabajadores, presentaron TME de entre los cuales, 16 fueron asociados a lumbalgias y el resto a otros trastornos, se realizaron estimaciones de prevalencia (proporción) de estos trastornos y se encontró que las razones correspondientes para lumbalgias ocasionadas por permanecer fijo en el lugar de trabajo fue de ($1.4 < p < 4.2$), de lumbalgia por trabajo repetitivo fue de ($1.3 < p < 3.9$), de lumbalgia por esfuerzo físico muy pesado fue de ($21.2 < p < 4.21$), lumbalgia por posiciones forzadas fue de ($1.2 < p < 3.8$), otros TME por esfuerzo físico muy pesado ($1.5 < p < 5.3$), otros TME por trabajo repetitivo fue de ($1.1 < p < 3.7$), Los análisis anteriores fueron realizados a un nivel de confianza del 98%. De acuerdo a los datos presentados por (Juno, 2004) en el año de 2002 el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), reportó 387,806 accidentes y enfermedades de trabajo relacionadas con TME. De acuerdo a Froines et al., (1986) la supervisión de las enfermedades ocupacionales no es específica y está desfasada en relación a la detección de la enfermedad, por lo cual no existen datos confiables y estadística de las mismas para lugares de trabajo específicos; esto se debe en parte a la falta de guías o pautas para reconocer una enfermedad ocupacional por una parte y por otra, debido al hecho de que una enfermedad laboral responde únicamente a las condiciones laborales. Las características físicas de los trabajos que se definen como factores de riesgo, son los patrones de movimiento repetitivo y descenso rápido de carga laboral, tiempo insuficiente de recuperación, levantamiento de cargas pesadas, esfuerzos manuales extremos, posturas no neutras tanto dinámicas como estáticas, concentraciones de presión mecánica, vibración completa o local del cuerpo, exposición local o completa del cuerpo al frío o cualquier combinación de estos factores presentes en el ambiente laboral en donde el trabajo exige una alta demanda y un bajo control por parte del trabajador. En cuanto a los métodos empleados para evaluar los factores de riesgo para la aparición de los TME de las extremidades superiores, existen varias investigaciones; entre ellas, el método RULA (McAtamney y Corlett, 1993) el cual tiene como propósito proveer de una evaluación rápida de los esfuerzos a los que son sometidos los miembros superiores del aparato músculo - esquelético de los trabajadores, debido a su postura, función muscular y las fuerzas que ellos ejercen. Las posturas corporales, de acuerdo a Kendall et al., (1993), se definen como el conjunto de



(Julio- Diciembre 2018)



**Año 11.
Núm. 28**

**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

posiciones de todos los segmentos del cuerpo, en un momento dado del tiempo. Una postura ideal, refiere a una condición de estabilidad, es decir, a una alineación postural que mantiene el centro de masa del cuerpo en su base de soporte, y que minimiza el estrés y la deformación de los tejidos. En este estudio se consideran las posturas que se presentan con mayor frecuencia dentro de las actividades desarrolladas por los trabajadores sujetos de análisis. Se realiza un análisis postural con el método RULA y se plantea un modelo biomecánico sagital a partir del cual se calcula la sumatoria de momentos de fuerza respecto a la articulación de la espalda baja, como un parámetro que puede sugerir el riesgo de aparición de un TME, el modelo biomecánico permite realizar una evaluación cuantitativa del riesgo de desarrollo de TME que puede compararse con los resultados del índice de RULA para las tareas de ensamble y establecer una correlación entre ambas variables, a fin de validar al método cuantitativo a partir del método cualitativo.

2. Materiales y Métodos

2.1 Evaluación postural

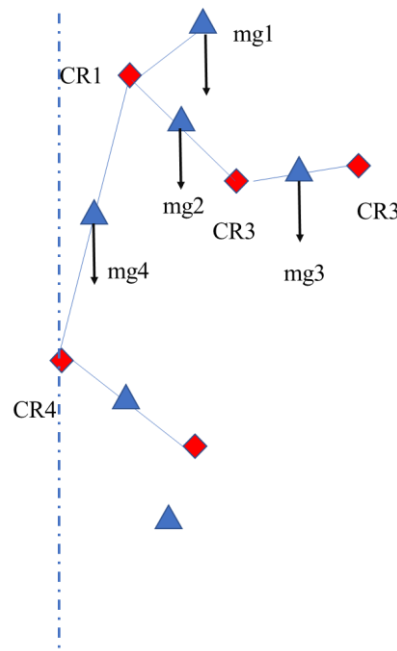
La evaluación postural de las tareas de ensamble en el sector industrial, desarrolladas por trabajadores de sexo femenino, fue realizada bajo el esquema de muestreo de conveniencia, para la totalidad de los trabajadores del proceso de ensamble de conectores eléctricos de una compañía maquiladora de la ciudad de Hermosillo, Sonora, la muestra está constituida por 39 mujeres en un rango de edades de 18 a 53 años, quienes laboran en el turno diurno de 9.6 horas, durante cinco días continuos a la semana, de lunes a viernes en un horario de 7:00 am a 5:35 pm con 2 días de descanso. Todos los trabajadores participantes en el estudio manifiestan estar en buen estado de salud al momento de iniciar las evaluaciones posturales de las tareas de ensamble ejecutadas en su jornada laboral, durante las dieciséis semanas de ejecución del estudio de campo.



Se realiza una evaluación general de las tareas realizadas a fin de seleccionar aquellas tareas que demandan esfuerzos, repeticiones y levantamiento de cargas, para estas tareas se realiza un proceso de evaluación postural utilizando la hoja de campo del método RULA, con el fin de obtener el índice RULA asociado a cada evento de ensamble.

2.2 Modelo Biomecánico Sagital

Se plantea un modelo biomecánico estático para el plano sagital, a fin de describir las posturas ejecutadas durante el proceso de ensamble. Las variables del modelo biomecánico son la longitud (l) de los segmentos corporales (cuello, brazo, antebrazo, tronco, muslo, mano), peso de segmento corporal (mg) centro de masa de segmento corporal (CM) y ángulo de rotación del segmento corporal (Θ_R), medido en el sentido contrario de las manecillas del reloj y respecto de la vertical del cuerpo y centro de rotación del segmento corporal (CR) La figura 1, muestra el modelo biomecánico, el cual se presenta para el plano sagital para la parte lateral derecha del cuerpo.





(Julio- Diciembre 2018)



**Año 11.
Núm. 28**

**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Figura 1 Modelo Biomecánico Sagital

De acuerdo a Chaffin (1984), se considera que estos parámetros son suficientes para desarrollar el análisis de fuerzas y momentos en cada centro de rotación de una postura corporal.

2.3 Cálculo de Momentos de Fuerza

El cálculo la sumatoria de los momentos de fuerza respecto del centro de rotación de la espalda baja (CR4), se realiza a través del planteamiento de un modelo biomecánico estático en el plano sagital del cuerpo humano; se realizan mediciones de las variables antropométricas peso y talla de los 39 trabajadores, utilizando un tallímetro y una balanza, se estiman las variables del modelo como son masa del segmento corporal, centro de masa y longitud del segmento corporal. Se mide el ángulo de rotación respecto de la vertical en sentido contrario a las manecillas del reloj utilizando un goniómetro calibrado, pantalla reticulada de fondo y una cámara fotográfica Nikon de 20 megapíxeles nivelada con sistema laser para 185 eventos de ensamble. Se realiza un estudio de repetibilidad y reproducibilidad para validar el sistema de medición para las variables talla, peso y ángulo de rotación del segmento corporal. Se calcula el momento de fuerza que ejerce cada segmento corporal respecto al centro de rotación de la espalda baja (CR4) y se realiza sumatoria de momentos, para cada uno de los eventos de ensamble.

2.4 Tratamiento y Análisis Estadístico

Se plantea un modelo de regresión lineal utilizando el método de mínimos cuadrados para las variables: índice RULA y Sumatoria de momentos de fuerza respecto del centro de rotación de la espalda baja (CR4), se obtiene la recta de regresión lineal, el índice de correlación lineal. Se establece prueba de hipótesis para la pendiente de la recta de regresión lineal, a fin de probar la



idoneidad del modelo de regresión usando un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el SPSS 13.0.

3. Resultados

3.1 Índice RULA

Como observamos en la Tabla 1, se encontró que en alrededor de la mitad de los 185 eventos de ensamble evaluados, el índice RULA fue de 7, y en casi el 40% de las posturas se obtuvieron índices de 4 y 5, quedando un 10% de las posturas con un índice de 3. No se observaron índices 1,2 y 3.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la evaluación de las actividades con el método RULA

Índice RULA	Porcentaje de índice RULA en la totalidad de eventos de ensamble evaluados
1	0.0%
2	0.0%
3	0.0%
4	10.3%
5	19.9%
6	19.9%
7	49.9%

3.2 Recta de Regresión Lineal e Idoneidad del Modelo

La recta de regresión lineal para la sumatoria de momentos de fuerza ejercidos al realizar las tareas de ensamble y el valor de índice de RULA asociado a esa misma tarea se presentan en la Figura 2, así como la recta de regresión lineal, y el coeficiente de correlación lineal calculado es $R^2= 0.464$.

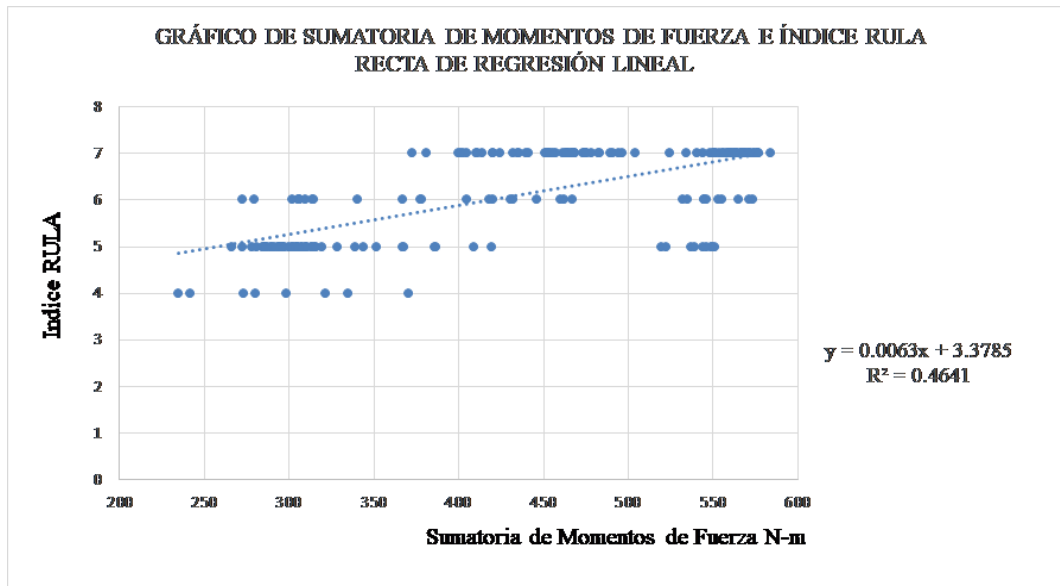


Figura 2. Recta de regresión lineal para sumatoria de momentos de fuerza e índice RULA

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para la pendiente de la recta de regresión lineal, a fin de probar la idoneidad del modelo de regresión y la significancia de la correlación entre las variables Sumatoria de Momentos de Fuerza e índice RULA. En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis de varianza para la pendiente de la recta de regresión lineal.

Tabla 2. Análisis de Varianza para la pendiente de la Recta de Regresión Lineal

ANOVA

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	Fo
Regresión	98099.49082	1	98099.49082	1414.027518
Error	12765.1733	184	69.37594183	
Total	110864.6641			



(Julio- Diciembre 2018)



**Año 11.
Núm. 28**

**Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870**

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

4. Discusión

Al analizar los resultados obtenidos de aplicar el método de mínimos cuadrados para encontrar el modelo de regresión lineal para las variables índice RULA y sumatoria de momentos, es posible afirmar que existe una correlación entre las variables momento de fuerza e índice de RULA. Por otra parte, al realizar la prueba de hipótesis sobre la pendiente de la recta de regresión, se obtiene con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ que la pendiente de la recta de regresión es diferente de cero, lo cual confirma la idoneidad del modelo de regresión lineal. La validez del método cuantitativo a partir del método cualitativo queda manifiesta, y el método de calcular los momentos de fuerza respecto del centro de rotación de la espalda baja para determinar el riesgo de TME en las tareas de ensamble repetitivas resulta ser un procedimiento adecuado. Cabe aclarar que los valores de sumatoria de momentos de fuerza calculada, se asocia a las condiciones encontradas en las evaluaciones realizadas por el método RULA y su validez queda limitada al entorno evaluado.

5. Conclusión

La importancia de la evaluación cuantitativa, a partir de un modelo biomecánico sagital a través del cálculo de la sumatoria de momentos de fuerza respecto del centro de rotación de la espalda baja (CR4) estriba, en que a través de este procedimiento, se consideran las características individuales de los sujetos evaluados, como son peso, talla y distribución de la masa corporal, además de que las valoraciones están estrechamente relacionadas con mediciones y no en apreciaciones subjetivas, las cuales sin duda, constituyen un ahorro importante de tiempo, al momento de evaluar las condiciones posturales de las tareas desarrolladas; sin embargo, la evaluación cualitativa no considera los aspectos individuales y únicos de los sujetos evaluados,



(Julio- Diciembre 2018)



Año 11.
Núm. 28

Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

los cuales pueden estar relacionados con el desarrollo de TME durante la ejecución de las tareas de ensamble.

Agradecimientos

El estudio realizado, materiales y equipos fue apoyado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), IES: Universidad Estatal de Sonora, CESUES-PTC-027, 511-6/18-8505.

Referencias

- Amis, A., Dowson, D., Wright, V. (1980). **Analysis of Elbow Forces Due to high-Speed Forearm Movements.** *Biomechanics* 13. 825-831.
- An, K.N., Chao, E.Y., Cooney, W.P., Linacheid, R.L. **Normative Model of Human hand for biomechanical Analysis.** *Journal of Biomechanics* 7, 343-348.
- Ayoub, M.M., Mital, A., Bakken, G.M., Asfour, S.S., Bethea, N. J. (1974). **Development of Strength and Capacity Norms for Manual Materials Handling.** *Human Factors* 22(3).35-51.
- Ayoub, M.M, El-Bassousi, M.M. (1976). **Dynamic Biomechanical Model for Saggital Lifting activities** . Proceedings of the 6th Congress of International Ergonomis Association. Human Factors. 355-359.
- Breniere, Yvon, Ribreau, Christian. (1998). **A double-inverted pendulum model for studying the adaptability of postural control to frequency during human stepping in place.** *Biological Cybernetics*, 79. 337-345.
- Bruce P. Bernard. (1997). **Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back;** *Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.*
- Burstein, A.H., Shaffer, B. W., Frankel, V.H., **Elastic Analysis of Condylar Structures.** *American Society of Mechanical Engineers Paper 70-WA/BHF-1.*
- Bresler, B., Frankel, J.P. (1950). **The Forces and moments in the leg during level walking.** *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers.* 27-30.
- Caban-Martinez , J. , Lee, David J. , Clarke C. Tainya, Davila, Evelyn P., Clark III, John D, Ocasio A. Manuel, Fleming Lora E. (2010). **Self-Reported Joint and Back pain among**



(Julio- Diciembre 2018)



Año 11.
Núm. 28

Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

- Hispanic construction workers: A pilot workplace musculoskeletal assessment.** *Journal of Musculoskeletal Research*, Vol. 13, No. 2, 49-55.
- Caillet, R. (1968). *Low Back Pain Syndrome*. EE.UU.:Davis Co.
- Cappozo, A., Leo, T., Pedotti, A. (1975). **A General Computing Method for the Analysis of Human Locomotion.** *Journal of Biomechanics* 8:307-320.
- Chaffin, Don B, Andersson, Gunnar B.J. (1984). *Occupational Biomechanics*. EE. UU.: John Willeys & Sons, Inc.
- Chaffin, Don B., Baker, W.H., (1970). **A Biomechanical Model for Analysis of symmetric saggital plane Lifting.** *American Institute of Industrial Engineering Transactions* 2. 16-27.
- Corlett, E. N. and Bishop, R. P. (1976). **A Technique for Assessing Postural Discomfort.** *Ergonomics* 19(2). 175-182.
- Crowninshield, R. D. (1978). **Use of optimization Techniques to Predict Muscle Forces.** *Journal of Biomechanic Engineering* 100. 88-92.
- De Looze P. Michiel, Kuijt-Evers, Lottie, Van Dieen Jaap. (2003). **Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures;** *Ergonomics Augus, 2003, Vol. 46, No. 10.* 985 – 997.
- Dempster, W. T.(1955). **Space requirements of the seated operator.** *WADC-TR-5-159, Aerospace Medical Research Laboratories.* 67-78.
- De Luca, C.J., Forrest, W.J., **Force Analysis of Individual muscles acting simultaneously on the shoulder joint during isometric abduction.** *Journal of Biomechanics.* 385-393.
- D.M. Rempel, L. Punnett. (1977). **Epidemiology of wrist and hand disorders,** in: M. Nordin, G.B. Andersson, M.H. Pope (Eds.), Mosby-Year Book, Inc, Philadelphia, PA, 421–430.
- Dohyung, Kee;Waldemar, Karwowski. (2001). **LUBA; an assessment technique for postural loading on the upper base don joint motion discomfort and máximum holding time;** *Applied Ergonomis* 32. 357-366.
- Drillis, R., R. Contini, (1966).*Body segment parameter.* New York University, New York: *BP 174-945, Tech. Rep. No.1166.03, School of engineering and science.*
- Engin, A. E., Korde, M.S. (1974). **Biomechanics of Normal and Abnormal Knee Joint.** *Journal of Biomechanics* 7:325-334.
- Frievalds,A. D., Chaffin, B., Garg, A., Lee, K. (1984). **A Dynamic Biomechanical Evaluation of Lifting Maximum Acceptable Loads.** *Journal of Biomechanics* 17(4). 251-262.
- Frievalds, A. (1984); **Computarized-aided Strenght Prediction Using the Articulated Total Body Model.** *Computer and Industrial Engineering* 8 (2). 107-118.
- Froines, John R. Phd, Dellenbauch, Cornelia A. Mph and Wegman, David H. Md. (1986). **Occupational Health Surveillance: A Means to Identify Work-Related Risks.** *American Journal of Public Health Vol 76 No. 9.*



(Julio- Diciembre 2018)



Año 11.
Núm. 28

Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

- Gruver, W.A., Ayoub, M.A., Muth, M.B. (1979). A Model for Optimal Evaluation of Manual Lifting Tasks. *Journal of Safety Research* 11. 61-71.
- Hatze, H. (1976). **The Complete Optimization of a Human motion.** *Mathematical Biosciences* 28. 99-135.
- Hignett, S.; McAtamney, L. (2000). **Rapid Entire Body Assessment: Reba.** *Applied Ergonomics*, 3, 201-205.
- Instituto Mexicano del Seguro Social (2009). *Estadísticas Institucionales del IMSS*. Coordinación de Salud en el trabajo. México. Recuperado 28 agosto 2014, http://www.emexico.gob.mx/wb2/emex/emex_estadisticas_institucionales_del_IMSS
- Juno Natarén, Janthé, Noriega Elío Mariano; **Los trastornos musculoesqueléticos y la fatiga como indicadores de las deficiencias ergonómicas y en la organización del trabajo;** *Salud de los Trabajadores*, ISSN-e 1315-0138, Vol. 12, N°. 2, 2004 , págs. 27-41
- Kattan, A., Nadler, G. (1970). **Equations of Hand Motion Path for Work space Design.** *Human Factors* 11. 123-130.
- Kettlekamp, D.B., Chao, E.Y. (1972). **A Method for Quantitative Analysis of medial and lateral compression Forces at the Knee during Standing.** *Clinical Orthopedic Relative Research* 83. 202-213.
- Kölsch, M., Beall, A. and Turk, M. (2003). **An Objective Measure for Postural Comfort.** *In Proc. HFES 47 th Annual Meeting this publication*, 45-67.
- Kroemer, Karl H.E., Snook, Stover H., Meadows, Susan K. (1988). **Ergonomic Models of Anthropometry, Human Biomechanics, and Operator-equipment interfaces,** *Proceedings of a workshop; Stanley Deutsch Editors.* 19-42.
- Kroemer, H.E., Roebuck, J.A. , Thomson, W.G. (1975). **Engineering Anthropometry Methods,** *Wiley-Interscience, New York,* 77-128.
- Lanzotti, A. Trotta M., Vanacore, A. (2011). **Validation of a new index for seat comfort assessment based on objective and subjective measurements.** *Proceedings of the IMProVe 2011 International conference on Innovative Methods in Product Design June 15th– 17th*, 35-45.
- Lin, H.S., Liu, Y.K., Ray, G., Nikravesh, P. (1978). **System Identification for Material Properties of the Intervertebral Joint.** *Journal of Biomechanics* 11, 1-14.
- LL. Z. Zhang, M. G. Helander, Drury C. G. (1996). **Identifying factors of comfort and discomfort in sitting.** *Human Factors* 38, 377-389.
- MacConaill, M.A. (1967). The Ergonomic Aspects of Muscular Mechanics. Pp. 69-80 in Evans, F.G. *Study on the Anatomy and Function of Bones and Joints.* Berlin:Springer-Verlag.
- Mahboobin, A.; Beck, C.L., Moeinzadeh, M.H, Loughlin, P. (2002). **Analysis and Validation of A Human Postural Control Model.** *Proceedings of the American Control Conference Anchorage*, 56-67.



(Julio- Diciembre 2018)



Año 11.
Núm. 28

Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

- Marley, Robert J., Kumar, Nirmal. (1996). **An improved musculoskeletal discomfort assessment tool**; *International Journal of Industrial Ergonomics* 17, 21-27.
- McAtamney, L., Corlett, E.N. (1993). **Applied RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders**. *Applied Ergonomics*, 24, 91-99.
- Micheau, Philippe, Kron, Aymeric, Bourassa, Paul, Bourassa; **Evaluation of the lambda model for human postural control during ankle strategy**; *Biological Cybernetics*, 89, 227-236.
- Miller, D. I., R.C. Nelson. (1976). *Biomechanics of Sport*, Philadelphia, EE. UU.: Lea and Febiger.
- Minna, R.J. (1981). **Forces at the Knee Joint: Anatomical Considerations**. *Journal of Biomechanics* 14, 633-643.
- Mitropoulos Panagiotis, Namboodiri Manoj, (2011). **New Method for Measuring the Safety Risk of Construction Activities: Task Demand Assessment**; *Journal of construction Engineering and Management*, 30-38.
- Moes, Niels CCM. (2005). **Analysis of sitting discomfort a Review**, *Contemporary Ergonomics*, 202-204.
- Morrison, J.B. (1969). **Function of the Knee joint in various activities**. *Bio-Medicine Engineering* 4, 573-580.
- Pearson, J. R., McGinley, D.R. (1961). **Dynamic Analysis of the Upper Extremity for Planar Motions**. *University of Michigan Tech Report 04468*, 55-89.
- Punnet, Laura, Wegman, H. David. (2004). **Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate**. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 14, 13-23.
- Tahbouba, Karim, Mergnerb, Thomas. (2007). **Biological and engineering approaches to human postural control**. *Integrated Computer-Aided Engineering* 14, 15-31.
- Rajaram K. Manoharan, Mary L. Bouxsein. (2010). **A biomechanical model for estimating loads on thoracic and lumbar vertebrae**. *Clinical Biomechanics* 25, 853-858.
- Rodgers, M. Mary, Cvanagh, R. Peter. (1984). **Glossary of Biomechanical Terms, Concepts, and Units**. *Physical Therapy*, 64-87.
- Seireg, A., Arvikar, R. (1975). **The prediction of Muscular Load Bearing and Joint Forces in the Extremities**. *Journal of Biomechanics* 8, 89-102.
- Schultz, A.B., Anderson, G.B.J. (1981). **Analysis of Loads on the lumbar spine**. *Spine* 6(1), 76-82.
- Schultz, A.B., Anderson, G.B.J, Haderpecc, K., Ortengren, R., Nordin, M., Bjork, R. (1982). **Analysis and Measurement of Lumbar Trunk load in Tasks Involving Bends and Twists**. *Journal of Biomechanics* 15, 669-675.
- Slote, L., Stone, G. (1963). **Biomechanical Power Generated by Forearm Flexion**. *Human Factors* 5, 433-452.



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

(Julio- Diciembre 2018)



Revista de Investigación
Académica sin Frontera
ISSN: 2007-8870

Año 11.
Núm. 28

<http://revistainvestigacionacademicasinfrontera.com>

Sonne Michael, Villalta, Dino L., Andrews, David M. (2012). **Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA: Rapid office strain assessment;** *Applied Ergonomics* 43, 98-108.

Villiapan S, Sevansson NL, Wood RD. (1977). **Three dimensional stress analysis of the human femur,** *Com Biol Med* 7, 253-264.

Webb Associates. *Anthropometric Source Book.* (1978). EE. UU.: NASA Ref.1024, Nat'l Aero-Space Administration.

Wismans, J., Veldpau, F., Janssen, J. Huson, A., Struben, P. (1980). **A three-dimensional mathematical model of the knee-joint.** *Journal of Biomechanics* 13; 677-686.

Yeo, B.P. (1976). **Investigations Concerning the Principle of Minimal Total Muscular Force.** *Journal of Biomechanics* 9, 413-416.

Como citar este artículo

Patricia Eugenia Sortillón-González- Leonel Ulises Ortega Encinas-José Sergio López Bojórquez- Julieta Amada Leyva Pacheco-María Irene Silvas-García. Análisis comparativo de métodos de evaluación postural para la determinación del riesgo de trastornos músculo-esqueléticos en las tareas de ensamble en el sector industrial de manufactura. RIASF. Núm. 28, Julio-diciembre (2018), ISSN 2007-8870. pp. xx-xx.