



CPE – CENTRO PARA LA ERGONOMÍA FÍSICA

El Centro para la Ergonomía Física (CPE) investiga las causas y mecanismos de las lesiones laborales con énfasis en los desordenes musculoesquelético. Los científicos del CPE investigan las demandas físicas y capacidades humanas asociadas con diversas tareas de trabajo. Los hallazgos de los estudios de laboratorio y de campo en biomecánica, sistemas humano-máquina, trabajo repetitivo, tribología, y fisiología del trabajo, son utilizados para desarrollar intervenciones y mejoras en la seguridad laboral.

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Manejo Adaptivo del Riesgo de las Distracciones Iniciadas por el Conductor

Muchas de las tareas industriales requieren que los trabajadores levanten, bajen, transporten, empujen o halen materiales pesados. Estas tareas pueden resultar en lesiones físicas, cuando la demanda física es superior a la capacidad de los trabajadores. Para investigar la relación entre las demandas de tareas de manipulación manual de materiales (MMM) y las capacidades de los trabajadores, nuestros científicos en el CPE recolectan datos en ambientes controlados de laboratorio. La información obtenida a través de estos estudios se utiliza para desarrollar y mantener directrices de las tareas para ayudar a la industria a reducir el elevado número de lesiones asociadas a la MMM.

En el 2007, renovamos nuestras directrices MMM del 1991, las cuales se obtuvieron a partir de experimentos psicofísicos realizados en el Instituto de Investigaciones en la década de 1970 y 1980. El objetivo fue determinar si la generación actual de trabajadores seleccionaba los mismos pesos psicofísicos y fuerzas durante las tareas MMM como los que se recogen en las directrices existentes. Se reclutaron 23 hombres trabajadores de la industria para realizar 20 tareas que implicaba tareas en la que era necesario levantar, empujar, baja, halar y cargar materiales. Utilizando una metodología psicofísica idéntica a la utilizada en nuestros experimentos anteriores, le pedimos a los participantes seleccionar un volumen de trabajo que ellos pudieran mantener durante ocho horas sin "esforzarse o sin llegar al cansancio, debilitamiento, acaloramiento inusual, o sin quedarse sin aliento."

Nuestros resultados revelan que la población del estudio actual seleccionó pesos y fuerzas más bajas para tareas similares que las seleccionadas por la población del estudio anterior. Para las tareas de levantar, bajar y cargar, ellos seleccionaron pesos hasta por 41 por ciento más bajas. Los participantes también seleccionaron fuerzas un poco más bajas para empujar (18%) y halar (6%) que las que habían seleccionado anteriormente sus contrapartes. Los efectos variables de la frecuencias, altura, levantar y bajar, y empujar versus halar eran similares a los resultados reportados inicialmente, a pesar de las reducciones en pesos y fuerzas absolutas. Estos datos necesitaran validación para evaluar la conveniencia de las directrices existentes.

Costos fisiológicos de las Tareas de Empuje

Hemos seguido avanzando en nuestro estudio de las múltiples facetas de los costos fisiológicos impuestos a los trabajadores de las industrias durante las tareas de empuje. Este estudio examina las respuestas fisiológicas de los trabajadores, como la absorción de oxígeno, frecuencia cardíaca y la oxigenación de los músculos, durante la simulación de las tareas de empuje. Nuestro objetivo es comprender mejor la relación entre las respuestas fisiológicas y las capacidades psicofísicas bajo diversas condiciones de empuje.

Este año, hemos examinado cómo la fricción del piso influye en las respuestas fisiológicas durante la simulación de la tarea de empujar. Para ello, los investigadores del CPE observaron a 27 trabajadores de la industria (12 hombres, 15 mujeres), cuando ellos realizan tareas de empuje en pisos de alta y baja fricción, utilizando ambos un tapiz rodante instrumentado y un carrito de alta inercia. Para cada una de las condiciones estudiadas, se le pedía al participante que seleccionara una fuerza o carga de trabajo que él/ella pudiera empujar y sostener durante ocho horas sin tensión. En tres días distintos, los participantes empujaron las cargas seleccionadas continuamente durante dos horas en un impulso por minuto a medida que los científicos median el consumo de oxígeno de todo el cuerpo, la localización del volumen de sangre, la oxigenación de los tejidos de los músculos de la pantorrilla.

Nuestro primer análisis de los datos indica que los participantes seleccionaban las cargas de mayor volumen cuando utilizaban la carretilla de alta fricción. Por el contrario, ellos seleccionaron una carga de menor volumen en la carretilla de baja fricción. Las respuestas de la inhalación de oxígeno para las cargas de mayor volumen en el carrito en el piso de alta fricción fue 22 por ciento más alta que en las pruebas en el tapiz rodante y 9 por ciento más alto que los ensayos en el carrito en piso de baja fricción. El volumen de sangre del músculo y el índice de oxigenación de los tejidos fueron más bajo en el piso de baja fricción, debido al hecho de que los participantes adoptaron un caminar más lento y un golpe de talón más suave para evitar resbalones. Vamos a utilizar estos hallazgos y los hallazgos del futuro para desarrollar

directrices fisiológicas comprensivas para las cargas de trabajo sobre diversas superficies de fricción

El Rol de la Fricción y la Variación de la Fricción en la Percepción de Resbalones

Hemos completado el análisis de datos de nuestro estudio de campo del nivel de fricción y de la variación en la percepción de resbalón. En este estudio, nuestros científicos recolectaron mediciones de la fricción del piso en seis áreas de la cocina en 10 restaurantes de comida rápida y se compararon estas mediciones de la clasificación subjetivas de resbalón de los trabajadores en la cocina en cada una de las seis áreas. El análisis llevado a cabo el año pasado indica una correlación moderada (0,33) entre los coeficientes de fricción registrados y la clasificación de la percepción de los trabajadores. El objetivo este año ha sido determinar si el nivel de fricción o variación de la fricción se correlaciona mejor con las calificaciones de la percepción de resbalón de los trabajadores.

Se encontró que, para cada área de trabajo, la máxima absoluta y las reducciones de la fricción relativa (variaciones) se correlaciona ligeramente mejor con la clasificación de percepción (0,34 y 0,37, respectivamente) que lo que hizo la media del coeficiente de fricción (0,33). Análisis adicionales mostraron una correlación estadísticamente significativa entre la media del coeficiente de la fricción y la reducción de la fricción relativa máxima (r) de cada área de trabajo estudiada ($r = 0,80$). Estos hallazgos sugieren que, a pesar de una ligeramente baja correlación con la calificación de la percepción, la media del coeficiente de fricción sigue siendo un buen indicador razonable del deslizamiento. También es la medida más práctica, dado el tiempo extra y el esfuerzo necesario para cuantificar las variaciones de fricción.

Modelo Estadístico para Estimar la Probabilidad de Resbalones y Caídas

Hemos continuado el trabajo de desarrollo en un modelo estadístico mejorado para evaluar la probabilidad de los accidentes por resbalones y caídas durante diversas actividades y condiciones. Nuestros hallazgos de la investigación inicial sugieren que la incorporación de la distribución estocástica de las variables de fricción medidas podría mejorar las estimaciones. Como resultado de ello, nos dispusimos a determinar la mejor manera de captar estas distribuciones durante la marcha.

Hemos diseñado un experimento en el que los participantes se desplazaron sobre un camino que consistía de tres plataformas para medir la fuerza de reacción. Este único camino nos permitió captar un gran número de golpes de zapato y se reducía al mínimo la fatiga del participante. Para probar nuestra metodología, registramos 628 mediciones de la fricción de un participante que en repetidas ocasiones caminaba sobre este camino bajo cuatro condiciones con dos tipos de calzado y a dos velocidades.

Se encontró que el coeficiente de fricción generado por cada uno de los pies del participante y las condiciones del caminado se ajusta a las distribuciones normales, y las distribuciones Weibull¹ en pocas excepciones. Entre estas tres distribuciones, la distribución normal se ajusta a todos los datos generados por este participante. El número promedio de éxito de los golpes de talón de cada pie en este experimento fue 2,49, con números reales que van desde 2,14 a 2,95 para cada condición de caminado. Estos hallazgos sugieren que la metodología y el diseño experimental de los aparatos utilizados en esta primera prueba son adecuados para un estudio a escala completa. Basándose en el éxito de esta prueba, vamos a ampliar la recopilación de datos para incluir más de 50 participantes.

¹Distribución Wibeibull (recibe este nombre de Woaloddi Weibull es una distribución de probabilidad. Frecuentemente llamada la distribución de Rosin-Rammler cuando se utiliza para describir el tamaño de la distribución de partículas.

Evaluación Subjetiva del Control de Equilibrio Durante Tareas en Vigas

Muchas caídas laborales son causadas por los cambios en la estabilidad postural que se derivan de un mal de control de equilibrio. Para examinar la estabilidad postural, los investigadores suelen basarse en las mediciones del centro de presión (CP) tomadas bajo varias condiciones de la tarea. Estas mediciones indican el punto de ubicación promedio de la presión presente en la interface entre la parte inferior de los pies y la superficie. La investigación

ha demostrado una relación directa asociación con las mediciones CP y la incidencia de caídas, con grandes desplazamientos CP asociados a un mayor riesgo de caída. A veces los investigadores utilizan las percepciones de los individuos como un indicador alternativo de la estabilidad postural. Sin embargo, no está claro cuán sensibles son tales medidas subjetivas y si otros factores, tales como los movimientos de ciertas partes del cuerpo (o segmentos), podrían influir sobre ellos.

Para investigar la influencia de los movimientos en los segmentos del cuerpo sobre las percepciones de la estabilidad, se examinaron los datos de un estudio de laboratorio previo. En el estudio, 23 hombres sanos (en edades entre 18 a 55) realizaron una serie de tareas de manipulación de carga mientras estaban parados sobre una viga levanta a cuatro pulgadas y de nueve pulgadas de ancho. Nuestros científicos utilizaron los datos del de las plataformas para la medición de fricción para calcular el CP de los participantes y los datos de seguimiento del movimiento para medir el desplazamiento del segmento corporal. Después de cada tarea, se les pidió a los participantes calificar su estabilidad mediante una simple escala de 0 a 10 (0 siendo inestable y 10 estable).

De acuerdo a nuestros análisis, la estabilidad de las percepciones están más fuertemente asociadas con el desplazamiento del segmento corporal que con el CP medido. Específicamente, los movimientos del brazo y pequeñas modificaciones de la posición de la extremidad delantera tuvieron el mayor impacto en las percepciones de la estabilidad. Estos hallazgos sugieren que las personas pueden basar sus percepciones de la estabilidad en otros factores, tales como los movimientos de segmentos del cuerpo, más que en el movimiento de circulación general, como lo indicaron las mediciones del CP. Por esta razón, llegamos a la conclusión de que las valoraciones de la estabilidad subjetiva, por sí sola, no puede ser una medida fiable del riesgo de caída. Sin embargo, pueden proporcionar información importante si se utiliza como un complemento a otras medidas en el desarrollo de estrategias para el control de caídas.

Interface de la Herramienta de Mano: Capacidad física y Respuestas Subjetivas

Hemos continuado el análisis de los datos de nuestras investigaciones de laboratorio del uso de herramientas de mano industriales eléctricas. En este estudio, los participantes realizaron varias pruebas de tareas simuladas con herramientas de mano eléctricas bajo diversas configuraciones del puesto de trabajo, a medida que nuestros científicos recolectaban datos de las fuerzas de agarre, pruebas neurofisiológicas: Electromiograma (EMG), desplazamiento de la herramienta manual, y torque de la herramienta. Utilizamos estos resultados para aumentar nuestra comprensión de las interfaces entre la herramienta y su operador, y para desarrollar estrategias para ayudar a reducir las lesiones relacionadas con el uso de herramientas de mano eléctricas.

Este año, hemos completado una revisión de los datos del agarre voluntario máximo recolectados de 30 sujetos cuando ellos realizaban las tareas bajo tres condiciones en la orientación de la herramienta de mano (herramientas de agarre de pistola en una superficie horizontal, herramientas de agarre la pistola en una superficie vertical, y herramientas de ángulo recto sobre una superficie horizontal). Se encontró que el máximo de esfuerzos variaba significativamente con las diferentes localizaciones del mango de la herramienta, o cual en este caso, incluyó nueve combinaciones de altura y distancia de alcance. Estos hallazgos indican que la forma y orientación del mango de la herramienta, así como su ubicación específica, se debe considerar en el diseño de las tareas de trabajo y puestos de trabajo involucrados en las herramientas de agarre de pistola y de en ángulo recto.

También comenzamos a analizar los datos subjetivos de 20 de los participantes en el estudio a los que se les pidió calificar su nivel de malestar y la aceptabilidad de la fuerza de reacción después de cada prueba de tarea con herramienta de mano. Nuestro objetivo es determinar si existe una relación entre las calificaciones subjetivas de diversos factores de las tareas (como el lugar de trabajo) y la respuesta covariada (como las fuerzas de agarre y desplazamiento del mango de la herramienta). Los hallazgos iniciales sugieren que las calificaciones subjetivas

(molestias y aceptabilidad de la fuerza de reacción) estaban altamente correlacionadas con la fuerza de agarre durante el período de fortalecimiento del torque .

LO MÁS DESTACADO DEL CENTRO PARA LA ERGONOMÍA FÍSICA

Investigación del Radio Trabajo – Descanso Óptimo en Tareas de las Extremidades Superiores

Las lesiones de las extremidades superiores son un problema importante para la industria, especialmente en las ocupaciones que implican el trabajo en las líneas de ensamblaje, corte de carne, clasificación del correo, supermercado chequeos, y trabajo excesivo en computadoras. Los trabajadores de estas profesiones a menudo experimentan duraciones prolongadas del uso de los músculos de las extremidades superiores y bajo nivel con contracciones y ciclos de relajación. Finalmente estas repeticiones y fuerzas sostenidas, combinadas con un tiempo de recuperación inadecuado, pueden conducir a molestas, dolor y en algunos casos a una lesión de discapacidad.

Un enfoque importante para ayudar a prevenir las lesiones laborales de las extremidades superiores para establecer un coeficiente trabajo y descanso adecuado. Sin embargo, en la determinación de esta relación hay que tener en cuenta muchos factores, incluyendo las respuestas fisiológicas de los trabajadores en las exigencias del trabajo

Hemos comenzado un estudio de laboratorio para comprender mejor la respuesta fisiológica de los músculos de las extremidades superiores durante el trabajo repetitivo de de empuñadura. El estudio es el primero en utilizar la última tecnología, espectroscopia de infrarrojo cercano para medir de manera no invasiva el consumo de oxígeno localizado de los músculos (flexores y extensores) utilizado en estas tareas (véase la fotografía). En concreto, estamos investigando cómo los músculos afectados utilizan oxígeno durante la ejecución de tareas a fin de conocer mejor los coeficientes óptimos trabajo y fatiga que reducen la fatiga muscular.

Se reclutaron 19 voluntarios sanos, 11 hombres y 8 mujeres, para el estudio. Cada participante acordó realizar dos sesiones de medio día de simulación de tareas de ensamblaje en el curso de nueve días. Antes de cada sesión, los investigadores del CPE evaluaron la máxima

contracción voluntaria de empuñadura de cada mano dominante de los participantes del estudio. También se llevó a cabo una evaluación de referencia de la oxigenación del músculo y del volumen de sangre en los músculos flexores y extensores.

Para cada sesión de medio día los participantes realizaron tareas repetitivas de empuñadura en tres diferentes intensidades de trabajo (10, 15, y 25 por ciento de su máximo esfuerzo) y en tres intervalos de trabajo y descanso, a medida que los dentíficos registraban la oxigenación del músculo y las respuestas del volumen de la sangre indicadas por espectroscopia de infrarrojo cercano. La salida del trabajo y el tiempo consumido en la prueba de una cada de las tareas fueron registradas de acuerdo al protocolo Escandinavo (ver cuadro abajo). Antes y después de cada prueba, se les pidió a los participantes calificar su percepción de molestia (si las hubiera) y de sus extremidades superiores (mano, muñeca, o el brazo)

Intensidad de Contracción (%MCV)	Rest. Trabajo en segundos	Ciclo de trabajo (f)	Duración del trabajo en minutos	Salida del trabajo (k) ²
100%	10:10	0.5	30.0	150
	10:2	0.83	18.1	
	continuos	1.0	15.0	
15%	10:10	0.5	20.0	150
	10:2	0.83	12.0	
	continuo	1.0	10.0	
25%	10:10	0.5	12.0	150
	10:2	0.83	7.2	
	continuo	1.0	6.0	

f = ciclo de trabajo = fracción de contracción = radio del tiempo trabajo/ciclo

k = salida de trabajo = % Máximas Contracciones Voluntarias (MCV) x f x duración del trabajo

*Protocolo Experimental Modificado de Bystrom y Fransson-Hall (1994) y Bystrom y Kilbom (1990)



Hemos comenzado a analizar los datos para examinar la forma en que los músculos flexores y extensores respondieron a los diferentes coeficientes trabajo - descanso, y la medida en que estas respuestas corresponden a los informes de malestar. Mediante el cálculo de los cambios en la concentración de hemoglobina en los músculos afectados, se determinará si los músculos utilizan el oxígeno de manera eficiente o si se estos se fatigan como consecuencia de la exigencia de la tarea.

Finalmente, nuestros hallazgos se utilizarán para recomendar las directrices para los coeficientes trabajo- descanso tanto para los trabajadores hombres y mujeres que realizan tareas con las extremidades superiores.