

Utilizando un sistema de monitoreo del movimiento y platos de fuerza, nuestros científicos investigan los mecanismos de la actividad muscular y del control de equilibrio durante tareas de trabajo simuladas.



Ergonomía Física

El Centro para la Ergonomía Física (por sus siglas en inglés CPE) investiga las causas y mecanismos de las lesiones y enfermedades ocupacionales con énfasis en los desordenes musculoesqueléticos. Los científicos del CPE investigan la demanda física y la capacidad humana asociada a varias tareas de trabajo. Los hallazgos de estas investigaciones biomecánicas, así como los estudios de los sistemas hombre-máquina, trabajo repetitivo, tribología, y psicología del trabajo son utilizados para informar sobre las intervenciones y mejoras de la seguridad en el trabajo.

En el 2010, enfocamos nuestra investigación en las lesiones de la espalda baja y por manipulación manual de materiales; desordenes de las extremidades superiores por movimiento repetitivo, y control de equilibrio y en temas del control motor asociado a resbalones, tropiezos y caídas. Dentro de estas tareas, adelantamos investigaciones sobre el control del equilibrio durante las transferencias laterales de carga, tensiones posturales, y trabajo en escaleras. También completamos los pasos iniciales de un proyecto dirigido a mejorar las herramientas de medición asociadas al cambio para evaluar las exposiciones de las tareas de levantamiento.

Fuera del instituto, los investigadores del CPE han tenido una gran presencia en varias conferencias de gran relevancia, incluyendo la 7ma. Conferencia Internacional Científica en Prevención de Desordenes Musculoesqueléticos Relacionados con el Trabajo (por sus siglas en inglés PREMUS), y la 54 Conferencia Anual de Factores Humanos y Sociedad de Ergonomía. También colaboramos en la organización la Conferencia de Prevención de Caída del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, Ergonomía y Factores Humanos del Congreso Mundial de Biomecánica 2010.



Alcance Lateral desde una Escalera Portátil: Control de Equilibrio y Percepción de Riesgo



Las caídas de escaleras dan cuenta de aproximadamente 4.4% de todas las lesiones reportadas por la industria de la construcción de los Estados Unidos (Bureau of Labor Statistics, 2008) y también son un problema en la industria en general. De acuerdo a la literatura científica, la mayoría de las caídas de escaleras (causadas porque el trabajador se cae de ellas o la escalera se vuelca), ocurren mientras la persona está trabajando en la escalera, y no cuando está subiendo o bajando de la escalera. Para ampliar nuestro conocimiento, los investigadores del CPE iniciaron dos experimentos de laboratorio que se enfocan en las tareas de alcance lateral que se realizan montados en escaleras manuales.

El primer experimento, dirigido con nuestros colegas del Centro para las Ciencias Conductuales, examina cómo la experiencia y la percepción del riesgo influye en el alcance lateral del trabajo. Para este experimento, 24 hombres con amplia experiencia en el uso de escaleras y 24 novatos realizaron alcance lateral mientras están parados en una escalera portátil de 6 y 12 pies.

Los participantes se pararon en el tercer peldaño de la parte superior de la escalera y realizaban la tarea de alcanzar un objetivo mientras los investigadores medían las distancias de alcance lateral, las fuerzas de reacción del suelo, las posturas y la cinemática. Antes y después de realizar cada alcance, se le pidió a los participantes calificar (en una escala de calificación de 'no, en absoluto' a 'extremadamente') su nivel de comodidad al realizar el alcance, el peligro percibido asociado con el alcance, y su estabilidad percibida.

El segundo experimento ofrecerá información para ayudar a validar o emendar la "regla del ombligo," una directriz de seguridad común que recomienda mantener el centro de la masa (que cae aproximadamente en el ombligo de cada persona) entre los rieles laterales de la escalera para prevenir la caída o vuelco.

Los investigadores recopilaron datos sobre las fuerzas de reacción del suelo y la cinemática de todo el cuerpo a medida que los participantes realizaban los alcances laterales de varias distancias mientras se encontraban a la altura máxima recomendada para cada una de las cuatro escaleras manuales (de 6, 8, 10, y 12 pies). Se utilizaron sensores para el análisis de movimiento con el fin de verificar la ubicación del ombligo en relación a los rieles de la escalera.

Los investigadores han comenzado a analizar los datos de estos dos experimentos para evaluar si los usuarios de escaleras novatos y experimentados difieren significativamente en cuanto a sus percepciones del riesgo, a las técnicas de alcance e inestabilidad. Adicionalmente, el estudio examinará el efecto de la altura de la escalera y la eficacia de la directriz del centro de la masa actual (ejemplo, la regla del ombligo) en la reducción de riesgo.

Los investigadores han comenzado a analizar los datos...para evaluar si los usuarios de escaleras, experimentados y novatos difieren significativamente en sus percepciones del riesgo, en las técnicas de alcance y en la inestabilidad.

Condiciones que Afectan el Control de Equilibrio Durante las Transferencias de Carga Lateral

Nosotros analizamos datos de un estudio de laboratorio de las transferencias de carga lateral, realizado con la colaboración de investigadores de la Escuela de Harvard de Salud Pública. Para el estudio, los investigadores observaron a 36 participantes saludables a medida que ellos realizan tareas de manipulación manual que implicaban la transferencia lateral de materiales bajo varias condiciones. Este año, analizamos dos condiciones específicas que afectan el control de equilibrio durante las transferencias de cargas: los resbalones en las superficies y el peso de la carga. La información obtenida en este estudio será utilizada para desarrollar recomendaciones para reducir el riesgo de resbalones y caídas entre el personal de despacho, personal de reparto, manipuladores de carga, y de otros trabajadores que realizan estas tareas.

Para determinar los efectos de una superficie resbalosa, los investigadores examinaron mediciones de control de equilibrio, la cinemática de la postura, y las actividades musculares de las extremidades inferiores a medida que los participantes del estudio realizaban transferencias de carga lateral sobre superficies de pisos con alta y baja fricción. Luego los investigadores examinaron un subgrupo de datos de los participantes que habían tenido éxito en la tarea durante una condición resbaladiza inicial. Encontramos que estos participantes podían contrarrestar el desequilibrio creado por la superficie resbaladiza reduciendo la anchura de la postura a 8 cm y girando la parte externa del pie 15 grados hacia la carga. Para examinar los efectos del peso de la carga, comparamos las mediciones del

Control de equilibrio; con cada participante utilizamos un caja cargada con un peso igual al 5% del peso corporal del participante. Los datos indicaron que cuando se mueven cajas cargadas, los participantes se acercaban más a los bordes de la base de apoyo y aumentaban el movimiento del centro de la masa hasta un 14%. Adicionalmente, los trabajadores mostraron un aumento de la actividad muscular en ambos lados de las extremidades inferiores. Estos hallazgos sugieren que los participantes eran más vulnerables a perder el equilibrio en configuraciones de carga y que se adaptaban aumentando la co-contracción de los músculos de las extremidades inferiores.

Estos análisis sugieren dos hallazgos importantes. Primero, la vulnerabilidad de los trabajadores al desequilibrio mientras realizaba manipulación manual

sobre una superficie resbaladiza está principalmente afectada por la configuración de la postura. Segundo, los pesos de la carga disminuye el control del equilibrio durante las tareas de manipulación lateral de materiales, y estos pudieran aumentar la vulnerabilidad del trabajador al desequilibrio a lo largo de toda la maniobra.

La información obtenida de este estudio será utilizada para desarrollar recomendaciones para reducir el riesgo de resbalones y caídas entre el personal de despacho, manipuladores de carga, y otros trabajadores que realizan tareas [manipulación manual].

Reacciones de las Herramientas de Torque y Demanda Metabólica Durante las Tareas de Apretar Tuercas

El uso de herramientas manuales eléctricas es común en muchas industrias, especialmente en manufactura y construcción. Aún cuando estas herramientas mejoran el desempeño y la eficiencia, utilizarlas repetitivamente puede producir fuerzas que exceden la capacidad del operador, conduciendo a lesiones. En un esfuerzo para tener una mejor comprensión de la relación entre el uso de herramientas manuales eléctricas y los desordenes musculoesqueléticos de las extremidades superiores, estudiamos los efectos de la reacción de torque y los patrones de descanso de los trabajadores en respuestas circulatorias periféricas durante las tareas de apretar tuercas. Este estudio es el primero que aplica la espectroscopia de infrarrojo cercano (por sus siglas en inglés NIRS) para examinar los cambios fisiológicos localizados que resultan de las tareas de las extremidades superiores relacionadas con el trabajo.

Para este estudio, 20 hombres completaron ocho sesiones de cierre, utilizando una herramienta neumática para apretar tuercas.

Cada sesión consistió en 360 tareas repetitivas de montaje, realizadas en dos patrones diferentes de descansos de trabajo y a dos ritmos diferentes (lento y rápido). El primer patrón de descanso de trabajo fue el montaje continuo, sin descanso; el segundo fue a un ratio de descanso de trabajo de 10 minutos, seguido por un descanso de tres minutos. El aprietatuercas neumático estaba equipado con un mango que contenía un calibrador de fuerza para medir la fuerza de agarre en tiempo real. Los participantes realizaron dos tareas: una diseñada para producir una reacción de torque durante el volumen de sangre en los músculos

flexores y extensores de las extremidades superiores de los participantes. Nuestros hallazgos indicaron un 24% de decaída en la fuerza de agarre cuando los operadores utilizaban la herramienta eléctrica común con un accesorio para torque inducido. Los hallazgos obtenidos del espectroscopio de infrarrojo cercano (NIRS) demostraron que durante las sesiones sin descansos, la desoxigenación en los músculos extensores era mayor que durante las sesiones con descansos. Esto implica que los descansos tiene un impacto positivo en la recuperación de los músculos durante una operación con una herramienta eléctrica.

Durante las sesiones tanto a ritmo lento como rápido, se observó mayor desoxigenación en los músculos flexores

que en la región de los extensores. Este fenómeno sugiere que la mayor demanda metabólica de los flexores ocurre durante ambos tipos de operaciones con herramientas eléctricas. Sin embargo, la desoxigenación en la región de los extensores era mucho mayor durante las sesiones rápidas que durante las sesiones lentas, sugiriendo un impacto del ritmo en el músculo co-activado.

Este estudio demostró que la acumulación de torque, el ritmo rápido y el ritmo continuo de trabajo durante las tareas repetitivas con herramientas manuales suponen una mayor demanda potencialmente peligrosa de los músculos de las extremidades superiores.

...para tener un mejor comprensión de las relaciones entre el uso de las herramientas manuales eléctricas y los desordenes musculoesqueléticos de las extremidades superiores estudiamos los efectos de la reacción de torques y los patrones de descanso de los trabajadores en respuestas circulatorias periféricas durante las tareas de apretar tuercas.

Modelos de Codificación en Video para Evaluar la Exposición de las Tareas de Levantar

Seguimos trabajando con nuestros socios de la Escuela de Salud Pública de Harvard y la Universidad VU de Ámsterdam, para desarrollar y mejorar los métodos de codificación en video para la evaluación de los riesgos asociados con las tareas de levantar. En este tipo de investigación, los científicos utilizan la interpolación polinómica para estimar trayectorias de dos dimensiones (2D) de los principales ángulos de las articulaciones, captados a través de grabaciones de video de las tareas de levantamiento en posición sagital. Sin embargo, la investigación ha mostrado que el método de análisis en 2D

Para el levantamiento asimétrico puede producir grandes errores en los estimados de la localización de las articulaciones L5/S1.

Por lo tanto, comenzamos a estudiar la utilidad de los ángulos de Euler (los cuales están en tres dimensiones, o 3D) como un método alternativo posible para estimar las trayectorias de los ángulos de las articulaciones en 3D durante las tareas de levantamiento asimétrico.

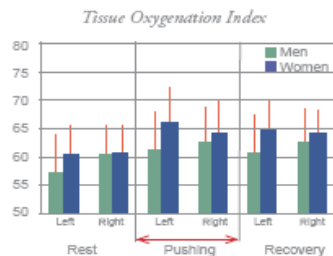
Examinamos los datos de levantamiento captados de 11 participantes hombres. Cada participante realizó un total de 24 tareas de levantamiento sin restricciones (2 repeticiones de 12 condiciones) que implicaron dos pesos la carga (9 kg y 15 kg), tres distancias horizontal iniciales (17,5 cm, 37,5 cm, 57,5 cm y), y dos alturas iniciales (a nivel del suelo y 96 cm). La tarea de levantamiento requería que el participante caminara hacia la caja, la levantara y girar para colocarla en una mesa. La velocidad del levantamiento no estaba limitada (es decir, era a elección de los participantes). A medida que cada participante realiza las tareas de levantamiento, los investigadores utilizaban un sistema de seguimiento de movimiento

para medir la cinemática del segmento del cuerpo en 3D la cinemática de las extremidades inferiores, los muslos, pelvis, tronco, brazos, y los antebrazos. Utilizando los datos cinemáticos, los investigadores compararon las trayectorias de segmentos estimados

(obtenidos de los ángulos de Euler derivados del video) con las trayectorias medidas en 3D.

Para la mayoría de los segmentos del cuerpo, las trayectorias estimadas del segmento de los ángulos de Euler tenían menos de cinco grados de error dentro de la muestra de cinco fotogramas claves de la tarea de levantar. Un análisis adicional mostró que levantar una carga desde una posición inicial más alta arroja un error de predicción más pequeño que levantar desde una posición inicial más baja. Basándonos en nuestros hallazgos, podemos concluir que la interpolación del segmento de los ángulos de Euler puede efectivamente estimar las trayectorias del segmento angular durante el levantamiento asimétrico.

Respuestas psicofísicas en Hombres y Mujeres Durante las Tareas de Empuje de Carros Industriales



Continuamos recolectando datos y analizando datos de nuestro estudio de las tareas simuladas de empujar carros industriales. Basándonos en las conclusiones anteriores que indicaban importantes diferencias de género en las tareas de empujar en las industrias, nos propusimos comparar las respuestas fisiológicas de los trabajadores y trabajadoras durante empuje dinámico en una caminadora magnética. La información obtenida de este estudio será utilizada para mejorar las recomendaciones existentes sobre fuerzas de empuje aceptables en la industria.

Utilizando un enfoque psicofísico, los investigadores pidieron a 12 hombres y 15 mujeres participantes elegir una fuerza aceptable con la que ellos pudieran empujar a una distancia de 7.6 metros a una frecuencia de un empuje por minuto en una caminadora. Al día siguiente, los investigadores recolectaron mediciones cardiopulmonares (por ejemplo, consumo de oxígeno de todo el cuerpo, ritmo del corazón y del volumen de

Las mediciones metabólicas de los músculos (por ejemplo, cambios en el volumen de sangre en los músculos e Índice de Oxigenación de los Tejidos, o TOI) de los músculos de la pantorrilla derecha e izquierda simultáneamente. Mientras se tomaban estas mediciones, los participantes empujaban sus fuerzas aceptables previamente seleccionadas sobre la caminadora a una frecuencia y distancia similar por dos horas.

Los resultados no mostraron diferencias significativas entre hombres y mujeres en sus respuestas cardiopulmonares o fuerza integrada ejercida en la caminadora instrumentada. Sin embargo, las diferencias de género fueron evidentes en la región del músculo de la pantorrilla, donde las mujeres exhibieron 45.7% más bajo en el volumen de la sangre en los músculos, y 3.6% de TOI más alto que los hombres.

En general, las similitudes de género en las respuestas psicofísicas y cardiopulmonares sugieren que las diferencias en la capacidad de empuje entre hombres y mujeres puede ser

insignificante a nivel de todo el cuerpo. Sin embargo, la disparidad de género en las respuestas metabólicas del músculo de la pantorrilla ilustra la importancia de evaluar los factores fisiológicos tanto los niveles macro (es decir, cardiopulmonares) y micro (es decir, los músculos del aparato locomotor) simultáneamente. Este enfoque puede ayudar a los investigadores a comprender mejor la interacción entre todo el cuerpo y las respuestas localizadas y su impacto en las capacidades de empuje.

Aunque las directrices actuales en el lugar de trabajo proporcionar evidencia basada en las recomendaciones de fuerzas y pesos aceptables para una variedad de las actividades de manipulación manual de materiales, estas no incluyen respuestas fisiológicas cardiopulmonar y periféricas asociadas a las tareas relacionadas con empujar. Por lo tanto, nuestros hallazgos psicofisiológicos a una frecuencia y duración dada de exposición son potencialmente útiles para modificar las directrices actuales de las tareas de empujar.

Entrenamiento de la Musculatura Lumbar para Prevenir la Recurrencia del Dolor Agudo de la Espalda Baja

Nuestros investigadores concluyeron los análisis preliminares de una investigación del entrenamiento dinámico de la musculatura lumbar como una forma para prevenir la recurrencia de dolor de la espalda baja (DEB) agudo. La hipótesis del estudio fue que programas de ejercicios de entrenamiento que se enfocaban en la musculatura lumbar había mostrado ser efectivos para ayudar a restaurar la función de los pacientes con DEB crónico, podía prevenir la recurrencia en individuos que habían sufrido recientemente DEB agudo. Puesto el DEB agudo frecuentemente está asociado con episodios recurrentes que pueden conducir al dolor crónico, especulamos que este tipo de programa de entrenamiento, si es exitoso, podría ayudar a prevenir el desarrollo de resultados de discapacidad negativos a una etapa temprana.

Para el estudio, 26 participantes (que no tenían dolor al momento del estudio) fueron divididos aleatoriamente en grupos de control experimental y placebo. El grupo experimental fue entrenado realizando esfuerzos isocinético máximos precargados de los extensores de la espalda (5 series de 10 repeticiones, 3 veces por semana, durante 4 semanas, un total de 12 sesiones). El grupo de control placebo realizó ejercicios que fueron seleccionados para que tuvieran un efecto mínimo en su musculatura de la espalda. Durante un año, los dos grupos llevaron bitácoras diarias de dolor y las reportaban semanalmente, utilizando un sistema telefónico de respuestas de voz interactivo.

Los investigadores analizaron los datos de las bitácoras diarias de dolor

y encontraron que el grupo experimental experimentaba más días de dolor en las categorías menor y moderado, así como más episodios de DEB agudos que el grupo de control placebo. Los miembros del grupo placebo reportaron significativamente menos días de dolor menor y moderado, y experimentaron significativamente más días sin dolor que el grupo experimental. Por lo tanto, los análisis de datos preliminares no apoyaron la común creencia de ayuda de que el entrenamiento intenso a corto plazo de la musculatura de la espalda baja ofrece protección contra episodios futuros de DEB o que reduce los niveles de dolor en las categorías menor y moderada.