

07-009

VIRTUAL REALITY TO IMPROVE WORKERS' SKILLS FOR THE PREVENTION OF ERGONOMICS RISKS.

Diego-Mas, José Antonio ⁽¹⁾; Poveda-Bautista, Rocío ⁽²⁾

⁽¹⁾ I3B - Universitat Politècnica de València, ⁽²⁾ Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento INGENIO (CSIS-UPV) Universitat Politècnica de València

Mental disorders and work related musculoskeletal disorders are the main causes of occupational disease and absenteeism. There are two basic ways for its reduction: the reengineering of the productive system and the training of the workers. Previous works showed that the use of new technologies in the teaching-learning processes substantially improves their results. Therefore, using new communication technologies and developing immersive and interactive contents can substantially improve the results.

In this work we have compared different didactic media for the training of workers with several levels of immersiveness and interactivity. The results show that using new information and communication technologies in the formative processes of the workers, as well as developing contents with high immersion and interactivity, improve the teaching-learning processes, increasing the interest of the trained worker, their degree of apprehension of knowledge, and the transfer of these knowledge to the real work situation.

Keywords: *virtual reality; ergonomics risk; immersion*

REALIDAD VIRTUAL PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS FORMATIVOS DE LOS TRABAJADORES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS.

Junto con los desórdenes mentales, los trastornos músculo-esqueléticos con origen en el trabajo constituyen la principal de causa de enfermedad laboral y absentismo en la actualidad. Existen dos vías de actuación básicas para su disminución: la reingeniería del sistema productivo y la formación del trabajador. Existe un elevado consenso científico en que el empleo de TICs en los procesos de enseñanza-aprendizaje mejora sustancialmente sus resultados. Así pues, la introducción de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y el desarrollo de contenidos inmersivos e interactivos pueden mejorar sustancialmente los resultados y la transferencia en la formación de los trabajadores.

En este trabajo se han comparado diferentes medios didácticos para la formación de trabajadores con varios niveles de inmersividad e interactividad. Los resultados muestran que la introducción en los procesos formativos de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, así como contenidos en formatos de alta inmersión e interactividad, mejoran los procesos de enseñanza-aprendizaje, aumentando el interés del trabajador formado, su grado de aprehensión de conocimientos, y la transferencia de estos a la situación real de trabajo.

Palabras clave: *realidad virtual; riesgo ergonómico; inmersión*

Correspondencia: José Antonio Diego-Más - jodiemas@dpi.upv.es

Acknowledgements/Agradecimientos: This work was supported by the Programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientada a los retos de la sociedad of the government of Spain under Grant DPI2016-79042-R.



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Las lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo son problemas críticos de salud pública que provocan importantes costos sociales y económicos. En la Unión Europea, el costo relacionado con estos problemas es el 3.3% de su Producto Interno Bruto (PIB), y alcanza, aproximadamente, el 3.9% del PIB mundial (EU-OSHA, 2017). Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son los problemas más frecuentes y la principal causa de discapacidad laboral, enfermedad y ausencia del trabajo (Bevan, 2015; Perruccio, Yip, Badley, & Power, 2017). Por ejemplo, la prevalencia de desórdenes musculoesqueléticos (MSD) relacionados con el trabajo en Gran Bretaña en 2017/18 fue de 469,000 de un total de 1,358,000 para todas las enfermedades relacionadas con el trabajo (35% del total) (HSE, 2018). Es difícil medir la carga económica real relacionada con los MSD (Bevan, 2015; Merkesdal et al., 2005). Además de los costos directos, tales como los gastos médicos o las compensaciones, y los costos indirectos relacionados con el ausentismo o la disminución de la productividad, deben considerarse los costos intangibles debidos a las consecuencias sociales de los TME (WHO, 2003). El 67% de los afectados afirma que su calidad de vida se ha reducido significativamente (Veale, Woolf, & Carr, 2008) debido al dolor crónico, la fatiga crónica y razones económicas como la disminución de los ingresos. El 49% de ellos declara que no puede realizar su trabajo normalmente, y el 30% de ellos está preocupado por la discriminación o la pérdida de su trabajo (Gignac, Cao, Lacaille, Anis, & Badley, 2008).

Los gobiernos y las organizaciones públicas alientan a las empresas a adoptar estrategias para disminuir la prevalencia de los MSD. Las intervenciones ergonómicas físicas, organizativas y cognitivas se centran en la reducción de los factores de riesgo de MSDs (Daniels, Gedikli, Watson, Semkina, & Vaughn, 2017) a través del rediseño físico del lugar de trabajo, las variaciones de los tiempos y contenidos de las tareas, la implementación de programas de capacitación, la mejora de los procesos cognitivos para reducir la carga de trabajo mental e involucrar a los trabajadores en el desarrollo e implementación de cambios (Burgess-Limerick, 2018). Actualmente, las agencias e instituciones públicas de seguridad y salud ocupacional están especialmente interesadas en promover programas de capacitación ergonómicos participativos. Los programas de capacitación ergonómica tienen como objetivo transferir los conocimientos relacionados con la ergonomía en el trabajo a los empleados, pero también involucrarlos en la participación, en la identificación y en la resolución de los problemas (King, Fisher, & Garg, 1997). Factores importantes que afectan la eficiencia de los programas de capacitación ergonómicos son los métodos y los materiales de aprendizaje (Pelosi, Panari, Chiesi, Ricci, & Bisio, 2016), y las organizaciones públicas están trabajando para mejorarlos. Algunos ejemplos son la serie de herramientas de educación en seguridad y salud ocupacional (NAPO) diseñadas por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, o proyectos como Train4work de la Federation of European Ergonomics Societies para identificar los requisitos de capacitación y definir los objetivos de aprendizaje del material educativo de forma participativa.

El desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación hace posible nuevos métodos de aprendizaje en los programas de capacitación además de las clases de teoría de aula clásica. En la actualidad, los métodos de aprendizaje en línea que usan herramientas tecnológicas y medios como la realidad virtual (VR) o la realidad aumentada se utilizan comúnmente. Hasta hace poco, el uso de técnicas como la VR implicaba la necesidad de usar dispositivos complejos y costosos. Sin embargo, el avance de la tecnología ha hecho posible el uso de dispositivos portátiles, de muy bajo costo, capaces de generar experiencias altamente inmersivas. Actualmente, algunos cascos VR están disponibles en el mercado a precios desde 250 euros y se están convirtiendo en productos

de consumo comunes. Además, los teléfonos inteligentes se pueden utilizar como sistemas VR, empleando dispositivos a precios inferiores a 5 euros. Por otro lado, desarrollar contenido para usar en estos dispositivos es barato y asequible. Los sistemas de generación de contenido para cascos VR también han evolucionado enormemente y, hoy en día, es posible desarrollar entornos virtuales inmersivos (entornos 3D, video 360°, etc.) utilizando frameworks gratuitos.

Figura 1: Dispositivos para la visualización de contenidos 3D de bajo coste



La disponibilidad y bajo coste de estos dispositivos ha provocado que el uso de realidad virtual en la educación y el training haya aumentado considerablemente (Akbulut, Catal, & Yildiz, 2018). Sin embargo, diferentes estudios muestran que el grado de transferencia real de la formación recibida por el trabajador al puesto de trabajo es muy bajo (Lara, Chacón, Holgado, & Pérez-Gil, 2001). Si en general un nivel típico de transferencia de los aprendizajes genéricos al trabajo está entre un 10 y un 30% de lo aprendido, este nivel disminuye en la formación en prevención de riesgos laborales (Diaz-Boladeras, 2000). Esto es debido, fundamentalmente, a que existen importantes problemas metodológicos en la formación impartida (Cobos-Sanchiz & Gari-Perez, 2008), como medios y materiales didácticos empleados poco atractivos que no logran captar la atención del trabajador ni la aprehensión de los contenidos, formación realizada por mero cumplimiento normativo, la formación resulta aburrida y no se logra captar la atención del trabajador, las acciones formativas no son replicables y el trabajador no puede acceder a los contenidos más que una vez, o el carácter teórico de la formación que no ofrece ejemplos prácticos limitándose a una exposición de normas, reglas y consejos. En el caso concreto de la formación para la prevención de los TMEs, se añade una circunstancia que aumenta la ineficacia de los programas formativos. La adecuada comprensión del riesgo se produce cuando el trabajador es consciente de las consecuencias que acarrea una determinada conducta. En general, los TMEs son trastornos traumáticos acumulativos, es decir, son lesiones del aparato locomotor causadas por la acumulación a lo largo de un tiempo prolongado de pequeños traumas. Así pues, resulta difícil para el trabajador establecer una relación causa-efecto entre los factores de riesgo que provoca su conducta y los TMEs.

Diversos estudios analizan la relación entre la efectividad de la formación en seguridad de los trabajadores y los medios y metodologías didácticas empleadas (Burke et al., 2006). Estos análisis clasifican los medios didácticos empleados según el interés que despiertan en los trabajadores (engaging), concluyendo que al aumentar el engaging de los medios empleados los trabajadores muestran una mayor adquisición de conocimientos y una mayor transferencia a su trabajo. Los materiales de menor engaging resultan ser los más empleados habitualmente (documentos escritos, panfletos...) aumentando a un nivel medio con la utilización de videos y animaciones, y a un nivel superior con el empleo de aplicaciones informáticas. El empleo de materiales de alto engaging puede hasta triplicar la transferencia de lo aprendido al desempeño de la tarea del trabajador.

2. Objetivo

Existe un elevado consenso científico en que el empleo de TICs en los procesos de enseñanza-aprendizaje mejora sustancialmente sus resultados (Collins & Halverson, 2010). Por ejemplo, el empleo de VR, además de favorecer la formación continua al ofrecer herramientas que permiten la aparición de entornos virtuales de aprendizaje, mejoran sustancialmente la capacidad para comprender conceptos abstractos, aumentan la capacidad de aprehensión de contenidos y crece el interés del alumno al disminuir el grado de aburrimiento (Christou, 2010; Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt, & Davis, 2014). Sin embargo, no se ha validado todavía en la literatura científica que la utilización de medios formativos inmersivos empleando VR sean capaces de lograr dicha mejora en el ámbito de la prevención de trastornos músculo-esqueléticos de origen laboral. Por ello, el objetivo del presente estudio es validar la siguiente hipótesis de partida: la introducción en los procesos formativos de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, así como contenidos en formatos de alta inmersión e interactividad, mejoran los procesos de enseñanza-aprendizaje, aumentando el interés del trabajador formado, su grado de aprehensión de conocimientos, y la transferencia de estos a la situación real de trabajo.

3. Metodología

3.1 Contenidos

Se desarrollarán contenidos formativos relacionados con los tres factores de riesgo más comúnmente asociados a los TMEs: el levantamiento de carga, la repetitividad de movimientos y las posturas forzadas. Los contenidos exponen las consecuencias de los TMEs para vida personal del trabajador y los efectos de las actividades de riesgo en el aparato locomotor. Por otra parte, se exponen buenas prácticas para la profilaxis de los TMEs referidas a los tres factores de riesgo considerados. Los contenidos fueron desarrollados mediante el software de generación 3D Unity en dos formatos: video plano no interactivo y video 3D inmersivo e interactivo para su visualización mediante cascos VR.

Figura 2: Contenidos formativos en video plano y realidad virtual.



3.2 Evaluación

Para medir las diferencias en la efectividad ambos tipos de contenidos formativos se seleccionó el modelo de Kirkpatrick para la evaluación de la formación (D. Kirkpatrick, 1996; D. L. Kirkpatrick, 1983). Existen modelos más recientes para evaluar programas de capacitación (Kaufman & Keller, 1994; Molenda, Pershing, & Reigeluth, 1996; Phillips, 1996), sin embargo, el modelo de Kirkpatrick es el más frecuentemente usado (Vida &

Seyed Ali, 2015), actuando como el esquema fundamental para la evaluación educativa (Bates, 2004; Tamkin, Yarnall, & Kerrin, 2002). Kirkpatrick propone un modelo que consta de cuatro etapas. El primero (Reacción) mide la opinión de los participantes sobre la capacitación mediante cuestionarios. El segundo (Aprendizaje) usa pruebas de rendimiento para medir los cambios en el conocimiento o las habilidades. La tercera etapa (Comportamiento) identifica si el nuevo conocimiento se está transfiriendo al comportamiento laboral. Finalmente, el último paso (Resultados) mide los resultados organizacionales, el costo y el retorno de la inversión de la capacitación. Como resultado de la aplicación del modelo de Kirkpatrick al estudio realizado se generaron 4 cuestionarios.

Tabla 1. Cuestionario PT

Código	Pregunta
PT1	¿Ha sentido que sus tareas podrían tener consecuencias para la salud a largo plazo debido a los riesgos de la ergonomía?
PT2	¿Se ha sentido preocupado por las consecuencias que algunas malas prácticas ergonómicas realizadas en su trabajo pueda tener en su salud a largo plazo?
PT3	¿Siente que la gravedad del daño que pueden causarle los riesgos ergonómicos es grave?
PT4	¿Cree que se cambiar algunos aspectos de su tarea para evitar riesgos ergonómicos pero esos cambios están fuera de su control?
PT5	¿Hasta qué punto cree que los gerentes de salud y seguridad en su empresa conocen el riesgo asociado con la ergonomía?

Tabla 2. Cuestionario RQ

Código	Pregunta
RQ1	¿Has utilizado un casco de realidad virtual antes de esta formación?
RQ2	¿Sentías curiosidad por recibir la formación?
RQ3	¿Te has sentido cansado o aburrido durante la formación?
RQ4	¿Son interesantes los materiales de aprendizaje?
RQ5	¿Cree que esta formación es útil para tu actividad laboral?
RQ6	¿Consideras mejor este programa de formación que anteriores sobre el mismo problema que ha recibido?

Tabla 3. Cuestionario SA

Código	Pregunta
SA1	¿Alguna vez has recordado la formación en ergonomía recibida hace tres meses al desarrollar tus tareas?

SA2	¿Has analizado tu tarea considerando los aprendizajes de la formación recibida?
SA3	¿Has identificado alguna actividad de riesgo entre tus tareas que no habías identificado antes del entrenamiento en ergonomía?
SA4	¿Has sentido que tus tareas podrían tener consecuencias para tu salud a largo plazo debido a problemas ergonómicos después de la capacitación?
SA5	¿Te ha sentido preocupado por las consecuencias de algunas malas prácticas ergonómicas en tu salud a largo plazo después de la formación?
SA6	¿Sientes que la gravedad del daño que pueden causarte los riesgos ergonómicos es grave?
SA7	¿Has cambiado algún aspecto de la forma en que desarrollas tu tarea para evitar riesgos ergonómicos después de la formación?
SA8	¿Crees que se deben cambiar algunos aspectos de tu tarea para evitar riesgos ergonómicos pero están fuera de tu control?
SA9	¿Crees que tu conocimiento sobre los riesgos ergonómicos de tu tarea es mejor ahora que antes de la formación?
SA10	¿Sientes que la forma en que desarrollas tus tareas después de la formación es mejor para tu salud?
SA11	¿Crees que la formación ha sido útil para tu actividad laboral?
SA12	¿Hasta qué punto crees que los gerentes de salud y seguridad en su empresa conocen el riesgo asociado con la ergonomía?
SA13	¿Te gustaría recibir más formación sobre ergonomía?

3.3 Encuesta

Dos grupos de 35 trabajadores de una planta de fabricación de componentes para automóviles participaron en una sesión de formación. Los trabajadores fueron divididos aleatoriamente en dos grupos, uno de los cuales recibió la formación empleando los contenidos formativos en video plano y el otro mediante cascos de realidad virtual. Antes de recibir la formación los participantes completaron el cuestionario PT (Tabla 1). Todas las encuestas se basaron en respuestas sobre una escala Likert de 7 niveles, desde Completamente en desacuerdo (valor numérico 1) hasta Completamente de acuerdo (valor numérico 7).

La evaluación del nivel Aprendizaje de la formación del modelo de Kirkpatrick seguido en este estudio ofrece datos sobre el grado en que el conocimiento o las habilidades de los participantes han cambiado a través de una prueba de conocimiento. Para implementarlo se utilizó una prueba de opción múltiple (LT) que constó de 30 preguntas (10 sobre cada factor de riesgo ergonómico) con tres alternativas. Los participantes respondieron la prueba correspondiente dos veces. Una de ellas se completó inmediatamente después de la presentación de los contenidos de aprendizaje y la segunda se contestó tres meses después. La primera vez, el grupo de participantes que recibió la formación con cascos 3D-VR completó la prueba en la misma aplicación que se usó para ver el contenido en 3D. El

grupo que vio el contenido de video regular completó un formulario web. En la segunda ronda, todos los grupos utilizaron la versión basada en la web de la prueba.

Figura 3: Modo de presentación del cuestionario LT en 3D.



En esa misma segunda sesión, tres meses después de la formación, los participantes completaron el cuestionario SA (Tabla3) para evaluar el nivel de aprendizaje transferido al lugar de trabajo y sus cambios de comportamiento auto-percibidos. Se recomienda un término mínimo de tres meses después de la capacitación para la evaluación del comportamiento (D. L. Kirkpatrick, 1983), además, algunos estudios demuestran que a cantidad de aprendizaje transferido un mes o más tarde después de la formación es un buen predictor de los transferidos después de un año (Axtell, Maitlis, & Yearta, 1997). Los cuestionarios SA y LT se rellenaron de forma conjunta y sucesiva mediante formularios basados en la web.

4. Resultados

Se calculó el valor medio de las respuestas de los encuestados a todas las preguntas de todos los cuestionarios. Los valores medios obtenidos se muestran en la Tabla 4. La columna Media V representa los valores del grupo que visualizó los contenidos formativos en video plano, mientras que la comuna Media VR muestra los del grupo que empleó los contenidos inmersivos VR.

Se realizaron pruebas t-test para la diferencia de medias ($\alpha=0.05$) para valorar la significación estadística de las diferencias encontradas. Las diferencias significativas se marcan con un doble asterisco en la última columna de la Tabla4.

Tabla 4. Valores medios de las respuestas y significación de la diferencia de medias entre grupos

Pregunta	Media V	Media VR	Significación
PT1	3,97143	3,74286	t = 0,77445 P = 0,4413

PT2	3,02857	3,08571	t = -0,19740 P = 0,8441
PT3	3,02857	2,88571	t = 0,42809 P = 0,6699
PT4	3,65714	3,51429	t = 0,41556 P = 0,6790
PT5	3,85714	3,68571	t = 0,39352 P = 0,6952
LT1	21,5143	24,2571	t = -2,80800 P = 0,0065 **
LT2	-3,58824	-1,94286	t = -4,12193 P = 0,0001 **
RQ2	2,02857	3,48571	t = -5,03381 P = 0,0000 **
RQ3	3,62857	1,68571	t = 6,85056 P = 0,0000 **
RQ4	2,60000	3,82857	t = -3,98036 P = 0,0001 **
RQ5	2,82857	4,14286	t = -3,81468 P = 0,0002 **
RQ6	3,97143	4,85714	t = -4,26766 P = 0,0000 **
SA1	3,08824	3,77143	t = -2,06152 P = 0,0431 **
SA2	2,17647	2,77143	t = -2,14241 P = 0,0358 **
SA3	1.39393	1.42857	t = -0,28401 P = 0,7773
SA4	4.12121	4.22857	t = -0,43384 P = 0,6658
SA5	3,20588	3,85714	t = -2,02224 P = 0,0471 **
SA6	2,82353	3,54286	t = -2,19916 P = 0,0313 **
SA7	1.57575	1.80000	t = -1,49723 P = 0,1390
SA8	3.63636	4.05714	t = -1,43071 P = 0,1572
SA9	3.5000	4,05714	t = -2,19588 P = 0,0316 **
SA10	1.87878	2.08571	t = -0,92152 P = 0,3601
SA11	3.78787	3.80000	t = 0,06235 P = 0,9505
SA12	4.39393	4.22857	t = 0,26215 P = 0,7940
SA13	4.03030	4.80000	t = -3,16330 P = 0,0023 **

**Significativo para alfa = 0,05.

5. Discusión

Todas las encuestas se basaron en respuestas sobre una escala Likert de 7 niveles, desde Completamente en desacuerdo (valor numérico 1) hasta Completamente de acuerdo (valor numérico 7). El cuestionario PT, realizado a los dos grupos antes de recibir la formación, muestra que apenas existen diferencias entre ambos grupos, no siendo significativas las diferencias de medias obtenidas.

Los resultados del nivel Aprendizaje de la formación llevado a cabo mediante la prueba de opción múltiple (LT1), arrojó valores medios superiores en el grupo de trabajadores que realizaron la formación empleando contenidos VR (21.51 frente a 24.26). Esa diferencia se

incrementó tres meses después de la formación al medir la diferencia de respuestas acertadas con el mismo test (-3.59 frente a -1.94). Todas las diferencias de medias resultaron significativas.

La satisfacción con la formación recibida y el grado de interés del trabajador, recogido mediante el cuestionario RQ, fue mayor en los sujetos que visualizaron los contenidos VR. Las diferencias en las medias fueron superiores en todas las cuestiones de RQ excepto en la pregunta RQ3, cuya redacción implica un sentido inverso de la escala de Likert. Asimismo, todas las diferencias de medias fueron significativas.

El nivel de aprendizaje transferido al lugar de trabajo y los cambios de comportamiento auto-percibidos por los trabajadores, recogidos mediante el cuestionario SA, resultó superior en los trabajadores que realizaron la formación empleando contenidos VR, sin embargo, las diferencias de medias solo fueron significativas para las cuestiones SA1,SA2, SA5, SA6, SA9 y SA13.

6. Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos permite validar en parte la hipótesis de partida de este trabajo: la introducción en los procesos formativos de nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, así como contenidos en formatos de alta inmersión e interactividad, mejoran los procesos de enseñanza-aprendizaje, aumentando el interés del trabajador formado su grado de aprehensión de conocimientos.

En cuanto a la transferencia de estos a la situación real de trabajo, los resultados muestran que la nueva metodología de enseñanza logra que el trabajador recuerde y tenga presente en mayor medida los contenidos aprendidos durante la realización de su trabajo. Por otra parte, el nivel de concienciación del riesgo asociado a los factores de riesgo ergonómico y a la gravedad de las consecuencias de los mismos aumenta significativamente, así como el grado de conocimiento y los deseos de recibir nueva formación al respecto.

Sin embargo, aunque los resultados muestran que se producido un cambio efectivo en la forma en los que los trabajadores desempeñan sus tareas para mejorarlas desde el punto de vista ergonómico, este no ha resultado significativo estadísticamente.

Agradecimientos

This work was supported by the Programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientada a los retos de la sociedad of the government of Spain under Grant DPI2016-79042-R.

Referencias

Akbulut, A., Catal, C., & Yıldız, B. (2018). On the effectiveness of virtual reality in the education of software engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(4), 918–927. <https://doi.org/10.1002/cae.21935>

- Axtell, C. M., Maitlis, S., & Yearta, S. K. (1997). Predicting immediate and longer-term transfer of training. *Personnel Review*, 26(3), 201–213.
<https://doi.org/10.1108/00483489710161413>
- Bates, R. (2004). A critical analysis of evaluation practice: The Kirkpatrick model and the principle of beneficence. *Evaluation and Program Planning*, 27, 341–347.
<https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2004.04.011>
- Bevan, S. (2015). Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*, 29(3), 356–373.
<https://doi.org/10.1016/j.berh.2015.08.002>
- Burgess-Limerick, R. (2018). Participatory ergonomics: Evidence and implementation lessons. *Applied Ergonomics*, 68, 289–293.
<https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2017.12.009>
- Burke, M. J., Sarpy, S. A., Smith-Crowe, K., Chan-Serafin, S., Salvador, R. O., & Islam, G. (2006). Relative effectiveness of worker safety and health training methods. *American Journal of Public Health*, 96(2), 315–324. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2004.059840>
- Christou, C. (2010). Virtual Reality in Education. *Education*, (November), 228–230.
<https://doi.org/10.4018/978-1-60566-940-3.ch012>
- Cobos Sanchíz, D., & Garí Pérez, A. (2008). Formación de los trabajadores para la prevención de riesgos laborales: percepciones de los agentes sociales de la comunidad de Madrid. *Escuela Abierta*, 11, 87–107.
- Collins, A., & Halverson, R. (2010). The second educational revolution: Rethinking education in the age of technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(1), 18–27.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00339.x>
- Daniels, K., Gedikli, C., Watson, D., Semkina, A., & Vaughn, O. (2017). Job design, employment practices and well-being: a systematic review of intervention studies. *Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1303085>
- Díaz Boladeras, M. (2000). La transferencia de los aprendizajes en seguridad : una perspectiva psicosocial. *ORP' 2000 - International Conference on Occupational Risk Prevention*.
- EU-OSHA. (2017). *An international comparison of the cost of work-related accidents and illnesses*. Publications Office of the European Union. Luxembourg. Retrieved from https://osha.europa.eu/sites/default/files/publications/documents/international_comparison-of_costs_work_related_accidents.pdf
- Gignac, M. A. M., Cao, X., Lacaille, D., Anis, A. H., & Badley, E. M. (2008). Arthritis-related work transitions: A prospective analysis of reported productivity losses, work changes, and leaving the labor force. *Arthritis Care and Research*, 59(12), 1805–1813.
<https://doi.org/10.1002/art.24085>
- HSE. (2018). *Work related musculoskeletal disorders in Great Britain (WRMSDs), 2018*. Health and Safety Executive, London. Retrieved from <http://www.hse.gov.uk/statistics/causdis/msd.pdf>
- Kaufman, R., & Keller, J. M. (1994). Levels of evaluation: Beyond Kirkpatrick. *Human Resource Development Quarterly*, 5(4), 371–380.
<https://doi.org/10.1002/hrdq.3920050408>
- King, P. M., Fisher, J. C., & Garg, A. (1997). Evaluation of the impact of employee ergonomics training industry. *Applied Ergonomics*, 28(4), 249–256.
[https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(96\)00067-1](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(96)00067-1)

- Kirkpatrick, D. (1996). Great ideas revisited: Revisiting Kirkpatrick's four-level model. *Training & Development*, 50(January), 54–57.
- Kirkpatrick, D. L. (1983). Four steps to measuring training effectiveness. *Personnel Administrator*, 28(11), 19–25.
- Lara, A., Chacón, S., Holgado, F. P., & Pérez-Gil, J. A. (2001). Evaluación de transferencia de la formación en prevención de riesgos laborales. In *Actas del XII Congreso Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo*.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers and Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Merkedal, S., Ruof, J., Huelsemann, J. L., Mittendorf, T., Handelmann, S., Mau, W., & Zeidler, H. (2005). Indirect cost assessment in patients with rheumatoid arthritis (RA): comparison of data from the health economic patient questionnaire HEQ-RA and insurance claims data. *Arthritis and Rheumatism*, 53(2), 234–240. <https://doi.org/10.1002/art.21080>
- Molenda, M., Pershing, J., & Reigeluth, C. (1996). Designing instructional systems. In R. Craig (Ed.), *Training and Development Handbook* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Pelosi, A., Panari, C., Chiesi, A., Ricci, F., & Bisio, C. (2016). Effectiveness of occupational health and safety training: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Workplace Learning*, 28(6), 355–377. <https://doi.org/10.1108/jwl-11-2015-0087>
- Perruccio, A. V., Yip, C., Badley, E. M., & Power, J. D. (2017). Musculoskeletal Disorders: A Neglected Group at Public Health and Epidemiology Meetings? *American Journal of Public Health*. <https://doi.org/10.2105/ajph.2017.303990>
- Phillips, J. J. (1996). Measuring the results of training. In R. Carig (Ed.), *The ASTD training and development handbook* (4th ed.). New York.
- Tamkin, P., Yarnall, J., & Kerrin, M. (2002). *Kirkpatrick and Beyond: A Review of Models of Training Evaluation*. IES Report 392. <https://doi.org/10.1088/1464-4266/5/4/357>
- Veale, D. J., Woolf, A. D., & Carr, A. J. (2008). Chronic musculoskeletal pain and arthritis: Impact, attitudes and perceptions. *Irish Medical Journal*, 101(7).
- Vida, P., & Seyed Ali, J. (2015). Evaluating the Effectiveness of Health, Safety, and Environment Management System (HSE-MS) Training Programs. Case Study: Department of Urban Affairs -Tehran 9 th District Municipality. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4(410), 57–62. Retrieved from <http://bepls.com/beplssept2015/11.pdf>
- WHO. (2003). *The burden of musculoskeletal conditions at the start of the new millennium*. World Health Organization technical report series (Vol. 919). World Health Organization. Geneva. <https://doi.org/10.1093/ije/dyh383>