Archive of SID

Iranian Journal of Ergonomics | ISSN: 2345-5365

Original Research

The Application of Lean Production in Reducing Human Error and Improving Response in Emergencies: A case Study in a Petrochemical Industry

Marzieh Abbassinia[1], Omid Kalatpour[1], Majid Motamedzade[2], Alireza Soltanian[3], Iraj Mohammadfam[1*]

1. Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Ergonomics Department, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Department of Biostatistics, Modeling of Noncommunicable Diseases Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Article Info

Received: 2020/04/14;
Accepted: 2020/07/21;
ePublished: 2020/10/15

10.30699/jergon.8.2.39

Use your device to scan and read the article online

Corresponding Author
Iraj Mohammadfam
Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
Tel: (098)81- 38380090
Email:
mohammadfam@umsha.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objectives: Petrochemical industry is one of the most accident-prone industries, and most accidents in this industry are related to human factors. The principles of Lean production are one of the approaches used to improve the production situation. Various studies have shown that implementing Lean production improves the safety and ergonomics. In this study, the principles of Lean production were used to reduce human error and improve response in emergencies.

Methods: The basic CREAM method was used to evaluate human errors. In order to select Lean production tools appropriate to the emergency response tasks, the opinions of the 20-member panel of specialists and experts, including industry managers, HSE officials, and university professors, were used. For examining the impact of Lean production principles on reducing human error in emergencies, 6 months after the implementation of Lean production interventions, human error was re-examined. Evaluation of human errors after Lean production interventions was also performed by basic CREAM method.

Results: The results of the evaluation of human errors before and after the implementation of Lean production interventions showed that the level of control mode of the three sub-tasks improved from the tactical control mode to the strategic control mode. The most probable human error was in evacuate sub-task.

Conclusion: The results of this study showed that the implementation of those interventions that in addition to improving the level of safety, can improve organizational productivity, is more accepted by industry management.

Keywords: Lean production, Human error, Petrochemical industry, Emergencies

Copyright © 2020, This is an original open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute of the material just in noncommercial usages with proper citation.

How to Cite This Article:

Abbassinia M, Kalatpour O, Motamedzadeh M, Soltanian A, Mohammadfam I. The Application of Lean Production in Reducing Human Error and Improving Response in Emergencies: A case Study in a Petrochemical Industry. Iran J Ergon. 2020; 8 (2): 39-49

www.SID.ir

Archive of SID

مجله ارگونومی | سال ۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹ | E-ISSN: 2345-5365

مقالهٔ پژوهشی

کاربرد تولید ناب در کاهش خطای انسانی و بهبود پاسخ‌دهی در شرایط اضطراری: مطالعهٔ موردی در یک صنعت پتروشیمی

مرضیه عباسی نیا[۱]، امید کلات پور[۲]، مجید معتمدزاده[۳]، علیرضا سلطانیان[۴]، ایرج محمدفام[۵*]

۱. دانشجوی دوره دکتری، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. استادیار، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. استاد، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۴. استاد، گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات مدل‌سازی بیماری‌های غیرواگیر، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۵. استاد، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۶
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۳۱
انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۷/۲۴

نویسندهٔ مسئول:
ایرج محمدفام
استاد، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
تلفن: ۸۱-۳۸۳۸۰۰۹۰
پست الکترونیک:
mohammadfam@umsha.ac.ir

برای دانلود این مقاله، کد زیر را با موبایل خود اسکن کنید.

خلاصه

زمینه و هدف: صنعت پتروشیمی ازنظر ایمنی جزء صنایع بحرانی محسوب می‌شود. اغلب حوادث رخداده در این صنعت با فاکتورهای انسانی ارتباط دارند. به همین دلیل مداخله برای بهبود سطح ایمنی در این صنعت اهمیت زیادی دارد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند پیاده‌سازی اصول تولید ناب می‌تواند باعث بهبود وضعیت ایمنی و ارگونومی محیط شود. در این مطالعه از اصول تولید ناب جهت کاهش خطای انسانی و بهبود پاسخ‌دهی در شرایط اضطراری استفاده شد.

روش‌کار: برای ارزیابی خطاهای انسانی از روش CREAM پایه استفاده شد. جهت انتخاب ابزارهای تولید ناب متناسب با ماهیت وظایف واکنش در شرایط اضطراری، از نظرات یک پنل ۲۰ نفره از متخصصین و کارشناسان شامل مدیران صنعت موردمطالعه، مسئولین اچ‌اس‌سی و اساتید دانشگاه استفاده شد. جهت بررسی میزان تأثیر اجرای اصول تولید ناب در کاهش خطاهای انسانی در شرایط اضطراری، شش ماه پس از اجرای مداخلات تولید ناب، خطاهای انسانی دوباره بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از ارزیابی خطاهای انسانی قبل و بعد از اجرای مداخلات تولید ناب نشان داد سطح کنترل سه زیروظیفه از سطح تاکتیکی به سطح استراتژیک ارتقا یافت. بیشترین احتمای خطای انسانی در زیروظیفهٔ آمارگیری جهت تخلیه کامل افراد از محل حادثه بود.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد طراحی و پیاده‌سازی آن‌دسته از مداخلات بهبود که هم‌زمان درکنار ارتقای سطح ایمنی به بهبود بهره‌وری سازمانی نیز کمک کند بیشتر مورد پذیرش مدیریت صنایع بوده و شانس موفقیت بیشتری دارد.

کلیدواژه‌ها: تولید ناب، خطای انسانی، صنعت پتروشیمی، شرایط اضطراری

مقدمه

صنعت پتروشیمی ازنظر ایمنی جزء صنایع بحرانی محسوب می‌شود [۱، ۲]. حوادث این صنعت اغلب منجر به مرگ، آسیب‌های جدی و خسارت‌های فراوان اقتصادی و زیست محیطی می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند ۸۵ درصد از حوادث در این صنعت با فاکتورهای انسانی و رفتارهای اشتباه افراد ارتباط دارند [۳]. بنابراین، مطالعهٔ خطاهای

www.SID.ir

Archive of SID

انسانی در این صنعت اهمیت زیادی دارد. از طرف دیگر به‌دلیل اینکه پیشگیری از بروز حوادث به صورت ۱۰۰ درصد امکان‌پذیر نیست، مدیریت شرایط اضطراری در کاهش آسیب و خسارات ناشی از حوادث اهمیت زیادی دارد. هدف اصلی مدیریت شرایط اضطراری، برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات ناشی از حوادث و همچنین بازیابی شرایط به حالت نرمال است [۴]. بنابراین، مدیریت شرایط اضطراری نقش بسیار مهمی در ایجاد آمادگی و پاسخ مناسب به شرایط اضطراری محتمل در سازمان دارد [۵]. باتوجه‌به ماهیت پیچیده، استرس بالا، محدودیت زمان، شرایط وظایف و غیره در شرایط اضطراری، احتمال بروز و بالارفتن نرخ خطاهای انسانی در این شرایط وجود دارد [۶]. وقوع خطای انسانی در چنین شرایطی ممکن است منجر به بروز فاجعه برای کل سازمان شود [۷]. بنابراین، توجه به خطاهای انسانی در شرایط اضطراری اهمیت زیادی دارد [۸]. امروزه برای مدیریت خطاهای انسانی و همچنین افزایش عملکرد و بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها، رویکردهای متنوعی معرفی و موردآزمون قرار گرفته است [۹، ۱۰]. یکی از این رویکردها که کمتر مورد توجه قرار گرفته است تولید ناب و اصول مطروحه در آن است [۱۱]. هدف اصلی اصول تولید ناب کاهش اتلاف، افزایش ارزش و افزایش سود و بازدهی در سازمان است.

واژهٔ ناب به‌معنی بدون زائدات و اضافات است و در ادبیات علمی، سیستم تولید ناب به سیستمی گفته می‌شود که هدف آن حذف تمامی اتلاف‌های موجود در فرایند تولید و همچنین فعالیت‌های فاقد ارزش افزوده در کل فرآیندها و جریان‌های سازمان است تا از این طریق و با شناسایی و حذف هدفمند اتلافات، ارزش ایجاد کند و در نهایت منجر به افزایش بهره وری در سازمان شود. برای اولین بار سیستم تولید ناب (Toyota Production System) را Womack در شرکت تویوتا پیاده کرد [۱۲]. پس از اجرای موفقیت‌آمیز این مفهوم در شرکت تویوتا شرکت‌های تولیدی بسیاری از مفهوم تولید ناب به‌عنوان یک استراتژی تولید به کار بردند و به پیشرفت‌های قابل‌ملاحظه‌ای در تولید دست یافتند.

اتلافات در یک سازمان به فعالیت‌های انسان، ابزار یا ماشین اطلاق می‌شود که منابع مصرف می‌کنند اما ارزش نمی‌آفرینند یا ارزش متناسب با منابع مصرف‌شده را نمی‌آفرینند و مصرف‌کننده بابت آن هزینه پرداخت می‌کند. حذف اتلافات، ساده‌ترین توصیف در رابطه با تولید ناب است زیرا تمامی مدل‌ها و ابزارهای ارائه‌شده برای این سیستم در این مورد اشتراک نظر دارند. توسعهٔ این مفهوم طی سالیان در جهان باعث توسعه و معرفی ابزارهای متنوعی از تولید ناب از سوی محققین مختلف شده است [۱۳]. از دیگر اعتقادات سیستم ناب این بود که اصلی‌ترین سرمایهٔ سازمان‌ها، نیروی انسانی است [۱۴]. بهبود عملکرد ایمنی، خطای کمتر، آسیب کمتر و کاهش میزان مرگ‌ومیر نشانه‌ای از کاهش ضایعات است زیرا ایمنی ضعیف در فرایند تولید یکی از دلایل اصلی ایجاد ضایعات است. بنابراین، می‌توان انتظار داشت کاهش خطرات شغلی و همچنین کاهش خطای انسانی، یکی از نتایج طبیعی اجرای اصول تولید ناب باشد [۱۵].

مهم‌ترین ابزارهای تولید ناب در ایمنی عبارتند از:

۱. 5S: شیوه‌ای ساختاریافته برای سازمان‌دهی محیط کار؛
۲. کارخانهٔ دیداری[1]: به‌کاربردن علائم ایمنی، آگهی‌ها، تقویم‌های دیداری ایمنی؛
۳. آموزش[2]: ابزاری که برای هر نوع تغییری در کسب‌وکار استفاده می‌شود؛
٤. خطاناپذیرسازی[3]: یکی از ابزارهای ژاپنی برای ناب که در انگلیسی به خرابی ایمن[4] ترجمه شده است. روشی که انجام کار را به روش نادرست غیرممکن می‌سازد؛
٥. ابزار ناب الگوبرداری[5]: ابزاری رسمی برای یادگیری و به اشتراک گذاشتن تجربیات با دیگران که غالباً در شرکت‌های بزرگ استفاده می‌شود؛
٦. جریان پیوسته (دستاوردهای چرخهٔ زمان)[6]: ازآنجاکه هدف ناب کاهش زمان چرخه بین پرداخت و دریافت است، هرجایی که فرآیندها باهم مرتبط می‌شوند، زمان چرخه کاهش می‌یابد؛
۷. کار استاندارد[7]: استانداردهای کاری مشخص می‌کنند که یک فعالیت چگونه باید انجام شود و مستنداتی هستند که روش‌های کاری را برای حصول نتیجه مطلوب تعیین می‌کنند؛

[1] Visual factory
[2] Training
[3] Poka-Yoke
[4] Fail-Safe
[5] Benchmarking
[6] Continuous Flow/Cycle Time Gains
[7] Problem Solving

www.SID.ir

Archive of SID

۸. حل مسئله[8]: یکی از روش‌های حل مسئله پرسیدن «چرا» و تکرار آن برای پنج بار متوالی است، به‌گونه‌ای‌که بتوان به علت ریشه‌ای یک اتفاق یا مسئله پی برد؛

۹. معیار[9]: اندازه‌گیری‌ها و معیارها،بخشی از هر فرآیند هستند که می‌توانند مالی یا غیرمالی باشند؛

۱۰. گروه‌های کاری[10]: در اواخر دهۀ ۸۰ و اوایل دهۀ ۹۰ میلادی، گروه و کارِ گروهی در اوج توجه قرار گرفت. کار تیمی یکی از ستون‌های اصلی بهبود مستمر است [۱۶، ۱۷].

از طرف دیگر، تنوع ابعاد و ماهیت مسائل و موانعی که سازمان‌های مختلف با آنها روبه‌رو هستند ایجاب می‌کند که ابزارهای مختلفی، با رویکردها متفاوت، برای رفع موانع موجود، متناسب با شرایط هر سازمان استفاده شود. بنابراین، اصول تولید ناب می‌تواند نقش مهمی در اصلاح و بهبود فرایندها داشته باشد. اما تمام روش‌های تولید ناب در همۀ سازمان‌ها جوابگو نیستند و ممکن است اجرای سیستم تولید ناب از سازمانی به سازمانی دیگر متفاوت باشد. بنابراین، مطالعات محیطی و شناسایی نیازهای دقیق هر سازمان اهمیت زیادی در میزان بهبود شرایط حاصل از اجرای تولید ناب دارد. بدین منظور نیاز است ابتدا باتوجه‌به نیازها، اهداف و شرایط هر سازمان، ابتدا ابزارهای اصلی تولید ناب را تعیین کرده و باتوجه‌به معیارهایی همچون هزینۀ اجرا، افزایش کیفیت، کاهش میزان ضایعات، افزایش مشارکت کارکنان، نظرات مدیریت و... بهترین تکنیک‌های تولید ناب باتوجه‌به نیازهای فرایند و امکانات سازمان مشخص شوند. بنابراین، این مطالعه با هدف کاربرد اصول تولید ناب در کاهش خطای انسانی و بهبود پاسخ‌دهی در شرایط اضطراری در یک صنعت پتروشیمی انجام شد.

روش‌کار

این مطالعه در سال ۱۳۹۸ در یک مجتمع پتروشیمی انجام شد. شرایط اضطراری منتخب در این مطالعه «نشت شدید گاز (گاز طبیعی و یا گازوئیل) از یکی از توربین‌های نیروگاه» بود. در پژوهش حاضر بای ارزیابی خطاهای انسانی از روش CREAM[11] پایه استفاده شد. در این روش ابتدا بااستفاده‌از روش HTA[12] ارزیابی اولیه روی فعالیت‌های افراد انجام شد. سپس فاکتورهای فردی، سازمانی و فنی با عنوان شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد افراد (CPC [13]) در ۹ دسته و بااستفاده‌از اصول ارائه‌شده در روش CREAM مورد ارزیابی قرار گرفت و شرایطی که منجر به بهبود یا کاهش عملکرد [۱۸] مشخص شد (جدول شماره ۱):

جدول ۱. ارزیابی شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد برای زیروظایف

ردیف	شرایط تأثیرگذار بر عملکرد فرد	شرح موارد/ حدود (سطح)	اثر موردانتظار روی قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	خیلی‌کارآمد/ کارآمد/ ناکارآمد	بهبود/ بی‌تأثیر/ کاهش
۲	شرایط کار	عالی/ متناسب/ نامتناسب	بهبود/ بی‌تأثیر/ کاهش
۳	تناسب سیستم‌های انسان ماشین و حمایت‌های عملیاتی مؤثر	عالی / کافی/ قابل‌تحمل/ نامناسب	بهبود/ بی‌تأثیر/ بی‌تأثیر/ کاهش
۴	دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب/ قابل تحمل/ نامناسب	بهبود/ بی‌تأثیر/ کاهش
۵	انجام دو یا چند کار به‌طور هم‌زمان	کمتر از حد توان فردی/ متناسب با توان فردی/ بیشتر از حد توان فردی	بهبود/ بی‌تأثیر/ کاهش
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی/ ناکافی به‌طور موقت/ ناکافی به‌طور دائم	بهبود/ بی‌تأثیر/ کاهش
۷	زمان انجام کار(ریتم سیرکاردین)	شیفت کار منظم/ شیفت کار نامنظم	بی‌تأثیر/ کاهش
۸	کیفیت آموزش و تجربیات کاری	کافی (با تجربۀ بالا)/ کافی (با تجربۀ محدود)/ ناکافی	بهبود/ بی‌تأثیر/ کاهش
۹	همکاری و تعامل بین همکاران	عالی/ خوب/ ضعیف/ نبود همکاری	بهبود/ بی‌تأثیر/ بی‌تأثیر/ کاهش

[8] Standard Work
[9] Metrics
[10] Teams
[11] Cognitive Reliability and Error Analysis Method
[12] Hierarchical Task Analysis
[13] Common Performance Conditions

www.SID.ir

Archive of SID

برای تعیین وضعیت شرایط اثر گذار بر عملکرد، از مشاهدات میدانی، بررسی نتایج ارزیابی اثربخشی مانورها و مصاحبه با افراد دخیل در برنامهٔ مدیریت شرایط اضطراری استفاده شد. سپس، براساس نمرات کسب‌شده از ۹ شرطِ کاری اثرگذار بر عملکرد افراد، سطوح کنترلی تعیین شد. در ادامه براساس شمارش انواع اثرات و تعداد آنها شاخص سطح کنترلی موجود (β) به دست آمد.

$$\beta = \sum R - \sum I$$

$\sum I$: فعالیت‌هایی که باعث کاهش عملکرد می‌شوند

$\sum R$: فعالیت‌هایی که باعث افزایش عملکرد می‌شوند

در نهایت احتمال خطای شناختی کلی (CFPt)، طبق رابطه محاسبه می‌شود:

$$CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta}$$

براساس میزان CFPt، سطوح کنترلی به دست می‌آید. سطوح کنترلی در ۴ سطح شامل کنترل اتفاقی، کنترل لحظه‌ای، کنترل تاکتیکی و کنترل استراتژیک هستند که نشان‌دهندهٔ میزان عملکرد فرد در مقابل بروز خطا هستند.

انتخاب و اجرای ابزارهای مناسب تولید ناب براساس نظرات خبرگان

باتوجه‌به اینکه ابزارها و مفاهیمی که در تولید ناب به کار گرفته می‌شوند بسیار متنوع هستند؛ بنابراین، انتخاب و اجرای این ابزارها بستگی به امکانات، اهداف و اولویت‌های سازمان دارد. در این مطالعه جهت انتخاب ابزارهای تولید ناب متناسب با ماهیت وظایف واکنش در شرایط اضطراری، یک پنل ۲۰ نفره از متخصصین و کارشناسان شامل مدیران صنعت موردمطالعه، مسئولین اچ‌اس‌سی، و اساتید دانشگاه تشکیل شد و ابزارهای ناب مورد بحث و بررسی قرار گرفتند تا متناسب‌ترین آنها جهت استفاده در شرایط اضطراری انتخاب شود. به این منظور ابزارهای ناب مورداستفاده، بااستفاده‌از روش دلفی توسط پنل متخصصین شناسایی شدند. پس از تعیین ابزارهای ناب مناسب برای شرایط اضطراری، مداخلات موردنظر برنامه‌ریزی و اجرا شد.

ارزیابی خطاهای انسانی پس از اجرای مداخلات تولید ناب

جهت بررسی میزان تأثیر اجرای اصول تولید ناب در کاهش خطاهای انسانی در شرایط اضطراری، ۶ ماه پس از اجرای مداخلات تولید ناب، خطاهای انسانی مجدد بررسی شدند. ارزیابی خطاهای انسانی پس از اجرای مداخلات تولید ناب نیز با روش CREAM پایه انجام شد.

یافته‌ها

زیروظایف موردبررسی در شرایط اضطراری در جدول شماره ۲ شرح داده شده است.

زیروظایف شرایط اضطراری موردبررسی که شامل ۱۰ زیروظیفه بود، در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۲. توصیف زیروظایف موردبررسی

زیروظایف	توصیف
۱	تشخیص آتش‌سوزی یا نشتی در واحد، اعلام و اطفاء اتوماتیک و استفاده از تجهیزات در محل حادثه جهت کنترل
۲	ارتباط با ایستگاه آتش‌نشانی جهت اعلام حادثه، شدت و محل
۳	ایزولاسیون دستی جهت کنترل حادثه
۴	ارتباطات با رئیس واحد، اچ‌اس‌سی و کشیک مجتمع جهت اعزام نیروها به محل حادثه
۵	کنترل عملیات و عملیاتی نظیر ایزولاسیون، تحت کنترل درآوردن عملیات اطفاء
۶	اطفاء حریق توسط واحد آتش‌نشانی
۷	انتقال مصدومین به درمانگاه جهت مداوا
۸	آمارگیری جهت تخلیه کامل افراد از محل حادثه
۹	انجام عملیات امداد و درمان در مصدومین و اعزام مصدومین به درمانگاه یا بیمارستان
۱۰	انجام تعمیرات پس از اطفاء حریق در واحد

پس از تعیین زیروظایف مورد بررسی، خطاهای انسانی قبل از اجرای اصول تولید ناب در این زیروظایف به روش CREAM موردبررسی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی خطاهای انسانی در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود.

بیشترین احتمای خطای انسانی در زیروظایف شماره ۸ یعنی آمارگیری برای تخلیهٔ کامل افراد از محل حادثه بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج ارزیابی خطاهای انسانی به روش CREAM در شرایط اضطراری منتخب قبل از اجرای مداخلات ناب

زیروظایف	ΣI	ΣR	β	CFPt	سبک کنترلی	سبک کنترلی
۱	۳	۰	-۳	۰.۰۰۰۹۹	کنترل تاکتیکی	کنترل استراتژیک
۲	۳	۰	-۳	۰.۰۰۰۹۹	کنترل تاکتیکی	کنترل تاکتیکی
۳	۰	۰	۰	۰.۰۰۵۶	کنترل تاکتیکی	کنترل تاکتیکی
۴	۱	۰	-۱	۰.۰۰۳۱	کنترل تاکتیکی	کنترل تاکتیکی
۵	۰	۰	۰	۰.۰۰۵۶	کنترل تاکتیکی	کنترل تاکتیکی
۶	۷	۰	-۷	۰.۰۰۰۰۹۹	کنترل استراتژیک	کنترل استراتژیک
۷	۱	۲	۱	۰.۰۰۹۹	کنترل تاکتیکی	کنترل تاکتیکی
۸	۰	۲	۲	۰.۰۱۷۷	کنترل تاکتیکی	کنترل استراتژیک
۹	۳	۰	-۳	۰.۰۰۰۹۹	کنترل تاکتیکی	کنترل استراتژیک
۱۰	۱	۱	۰	۰.۰۰۵۶	کنترل تاکتیکی	کنترل تاکتیکی

ابزارهای تولید ناب ایمنی براساس نظرات خبرگان

ابزارهای تولید ناب ایمنی براساس نظرات یک پنل ۲۰ نفره از متخصصین و کارشناسان، تعیین شدند و بااستفاده‌از تحلیل سلسله‌مراتبی، اولویت بندی شدند. اجرای تولید ناب بر عهدهٔ واحد اچ‌اس‌سی بوده و این واحد به‌همراه واحد فنی و مهندسی نظارت بر اجرا را نیز بر عهده داشتند.

در این مطالعه، ابزارهای ناب منتخب برای مداخله عبارت بودند از 5S، کارخانهٔ دیداری (Visual Factory)، آموزش (Training)، کار استاندارد (Standard Work) و گروه‌های کاری (Teams).

شرح مختصر موارد اجرای این ابزارها در ادامه آمده است:

- **5S**: به‌منظور اجرای این بخش، گروه‌های 5S در هر واحد تشکیل گردید، دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدت برای اعضا برگزار شد و هر گروه مسئول آموزش و اجرای اصول 5S طبق دستورالعمل تهیه‌شده در واحد تحت مسئولیت خود گردید. همچنین به‌منظور بررسی وضعیت پیشرفت پروژه، بازرسانی انتخاب شدند که در فواصل سه‌ماهه، وضعیت اجرای اصول ذکرشده را بررسی و چک‌لیست مربوطه را تکمیل و گزارش‌ها مکتوب و مصور از وضعیت واحدهای مختلف را ارائه کنند. در طول این پژوهش یک دوره بازرسی و گزارش‌دهی انجام شد.
- **کارخانهٔ دیداری (Visual Factory)**: در این بخش، حدود ۲۰۰ بنر، پوستر و علائم هشداردهنده در قسمت‌های مختلف نصب شد. تهیهٔ نقشه فرآیند، ازجمله اقدامات کاربردی در تهیهٔ دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی بوده و به نحو مناسبی می‌توانند نقطهٔ شروع و پایان هر فرآیند را نشان دهند. به همین منظور نقشه‌های فرآیندی به‌منظور دستیابی به اهداف، بررسی حوادث و ... تنظیم و به دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی اضافه شد.
- **آموزش (Training)**: باتوجه‌به اینکه یکی از زمان بر فرآیندها در هر سازمانی، آموزشکارکنان است، به‌منظور تسریع امر آموزش علاوه‌بر برگزاری کلاس‌های آموزشی برای تعدادی ازکارکنان، از روش‌های مختلف آموزش ازجمله توزیع تراکت و پمفلت، برگزاری آموزش‌های TBM (Tool Box Meating) (دوره‌های آموزشی کوتاه در ایستگاه‌های کاری)، تهیهٔ جزوات آموزشی و توزیع ازطریق ایمیل برای همهٔ نیروها استفاده شد.
- **کار استاندارد (Standard Work)**: در این بخش با همکاری واحدهای تولیدی برای همهٔ ایستگاه‌ها رویه‌های کاری استاندارد تعریف و به اطلاع کارکنان رسانده شد. این رویه‌ها شامل مقررات ایمنی در ایستگاه‌ها نیز بودند. همچنین در همین راستا دستورالعمل‌های ایمنی، راهنماها و روش‌های اجرایی مطابق با استانداردهای اچ‌اس‌سی تنظیم و به همهٔ کارکنان ابلاغ گردید. به‌منظور اجرای صحیح دستورالعمل‌ها نظارت‌های دوره‌ای صورت گرفت و ارزیابی‌های لازم نیز انجام شد.
- **گروه‌های کاری (Teams)**: انجام برخی کارها به صورت فردی امکان‌پذیر نبوده و لازم است تا به صورت گروهی صورت بگیرد. کنار هم قرارگرفتن افراد گوناگون با دانش، مهارت، کارایی، خصوصیات فردی و اجتماعی گوناگون می‌تواند سازمان را در دستیابی به کل اهداف خود یاری کند. هر یک از افراد درگروه به‌عنوان سرمایه‌ای محسوب

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود که می‌تواند پیشبرد اهداف را محقق سازد. در همین راستا گروه‌های مختلف در قالب کمیته‌هایی برای اجرای بخش‌های مختلف فعالیت‌های موردنظر نیز تشکیل شدند.

۶ ماه پس از اجرای مداخلات تولید ناب، خطاهای انسانی در شرایط اضطراری منتخب مجدد بررسی شد که نتایج حاصل از ارزیابی خطاهای انسانی پس از اجرای مداخلات ناب، در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. نتایج ارزیابی خطاهای انسانی به روش CREAM در شرایط اضطراری منتخب بعد از اجرای مداخلات ناب

زیروظایف	ΣI	ΣR	β	CFPt	سبک کنترلی
۱	۴	۰	-۴	۰/۰۰۰۵۶	کنترل استراتژیک
۲	۴	۰	-۳	۰/۰۰۰۵۶	کنترل تاکتیکی
۳	۲	۰	-۲	۰/۰۰۱۷۷	کنترل تاکتیکی
۴	۱	۰	-۱	۰/۰۰۳۱	کنترل تاکتیکی
۵	۳	۰	-۳	۰/۰۰۰۹۹	کنترل تاکتیکی
۶	۷	۰	-۷	۰/۰۰۰۰۹۹	کنترل استراتژیک
۷	۴	۲	-۲	۰/۰۰۱۷۷	کنترل تاکتیکی
۸	۴	۰	-۴	۰/۰۰۰۵۶	کنترل استراتژیک
۹	۴	۰	-۴	۰/۰۰۰۵۶	کنترل استراتژیک
۱۰	۴	۱	-۳	۰/۰۰۰۹۹	کنترل تاکتیکی

نتایج حاصل از ارزیابی خطاهای انسانی بعد از اجرای مداخلات تولید ناب، نشان‌دهندهٔ بهبود شرایط و کاهش احتمال خطاهای انسانی پس از اجرای مداخلات تولید ناب بود. بیشترین میزان کاهش احتمال خطای انسانی متعلق به زیروظیفهٔ آمارگیری جهت تخلیهٔ کامل افراد از محل حادثه بود

بحث

اثرات تولید ناب روی انسان و فاکتورهای انسانی علی‌رغم کاربرد گسترده این نوع سیستم تولید، همچنان مسئله‌ای بحث‌برانگیز است [۱۹]. نتایج این مطالعه نشان داد اجرای اصول تولید ناب در صنعت موردبررسی، در اغلب وظایف موجب کاهش احتمال خطاهای انسانی شد. سطح کنترلی غالب در اغلب وظایف موردبررسی، کنترل تاکتیکی بود. باتوجه‌به اینکه شرایط اضطراری از چالش‌های مهم و تهدیدکننده در صنایع است و بروز کوچک‌ترین خطاهای انسانی در این شرایط، اثرات جبران‌ناپذیری را بر صنایع وارد می‌کند [۲۰]؛ بنابراین، کاهش احتمال خطاهای انسانی در وظایف و زیروظایف واکنش به شرایط اضطراری اهمیت زیادی دارد [۴]، باتوجه‌به اینکه تاکنون مطالعه‌ای دربارهٔ تأثیر اجرای تولید ناب روی میزان خطاهای انسانی انجام نشده است و از اهداف اساسی این سیستم، بهبود شرایط کار است، بررسی تأثیر تولید ناب بر نیروی کار و اصول ایمنی و ارگونومی در مطالعات مختلف نشان می‌دهد در این زمینه دو دیدگاه کلی وجود دارد. دیدگاه اول معتقد است تولید ناب اثرات مثبتی بر نیروی کار دارد که می‌توان اشاره کرد به اثرات تولید ناب بر روی غنی سازی شغل و افزایش مشارکت کارکنان [۲۱]. باتوجه‌به اینکه در محیط‌های کاری، به‌کارگیری اصول ایمنی و ارگونومی باعث بهبود بهره‌وری، بهبود کیفیت محصول، و همچنین افزایش کارایی افراد ازطریق بهینه‌سازی وظایف و محیط کار می‌شود [۲۲]، اصول تولید ناب نیز طبق مطالعهٔ Hendrick در همین راستا باعث افزایش بهره‌وری، کاهش آسیب‌ها و جراحات انسانی و غیبت از کار می‌شود [۲۳]. Hasle معتقد بود تولید ناب از یک‌سو کارکنان را توانمند می‌کند و از طرف دیگر کار را سخت‌تر می‌کند و سلامت و رفاه کارکنان را مختل می‌کند. آنها دریافتند اجرای اصول تولید ناب واقعاً به نفع کارکنان است اما پیامد اجرای آن بستگی به بستر و نحوهٔ اجرای این اصول دارد. آنها تأکید کردند جهت ایجاد تغییرات مثبت در اجرای اصول تولید ناب، سرمایه اجتماعی، مدیریت تغییر و عوامل روانی‌اجتماعی باعث ایجاد نتایج مثبتی برای کارکنان می‌شود [۲۴]. Backstrand و همکاران نیز نشان دادند اصول ارگونومی بخشی از اصول تولید ناب است و اجرای صحیح اصول تولید ناب منجر به کمترین درگیری کارهای فیزیکی در کارگران و

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین شناختی و احساسی آنان می‌شود [۲۵]. در این دیدگاه سعی در افزایش توانایی و مهارت کارکنان وجود دارد به این دلیل که کارکنان به‌عنوان مهمزترین دارایی شرکت در اجرای تولید ناب در نظر گرفته می‌شوند.

Longonia و همکاران نتایج حاصل از ۱۰ مطالعهٔ موردی را بررسی کردند و نشان دادند که اتخاذ شیوه‌های اصول تولید ناب به‌طور کلی تأثیر مثبتی بر عملکرد، سلامت و ایمنی دارد [۲۶]. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد مؤلفه‌های اجتماعی و فنی تولید ناب برای ایجاد اثرات مثبت عملیاتی و بهداشتی و ایمنی موردنیاز هستند [۲۶]. Wong و همکاران نیز در مطالعهٔ خود به این نتیجه رسیدند که ارگونومی راه‌حل بسیاری از مشکلات است و به بهبود بهره‌وری، کیفیت محصول و روحیهٔ کارکنان کمک می‌کند و باعث ایجاد شرایط بهتر کار و افزایش رضایت شغلی می‌شود [۲۷]. در همهٔ این مطالعات، کارکنان بخش مهمی از تولید ناب هستند و اجرای این اصول باعث بهبود شرایط کاری می‌شود و می‌توانند در کاهش خطاهای انسانی نیز مؤثر باشد.

دیدگاه دیگر که محققین زیادی به آن اشاره کرده‌اند و طرفدارای زیادی نیز دارد این است که تولید ناب باعث افزایش سرعت تولید شده و کارگر آزادی عمل خود را از دست می‌دهد [۲۸]. مطالعهٔ Yang و همکاران نشان داد که بعضی از روش‌های تولید ناب فقط بر جنبه‌های فنی تاکید دارند و توجه کمتری بر نیروی انسانی دارند که نقض‌کنندهٔ اصول ارگونومی در صنایع است. وی معتقد بود کارگران به‌منزلهٔ قلب تولید ناب هستند و اجرای اصول تولید ناب روی کارگران باعث بهبود چشمگیر عملکرد می‌شود. آنها همچنین دریافتند عملکرد اصول تولید ناب و اثرات حاصل از اجرای آن بستگی به تلاش و مدت زمان اجرای آن دارد [۲۹].

اثرات ناخواستهٔ تولید ناب در این رویکرد، اثراتی همچون افزایش استرس شغلی، افزایش حجم کار و از دست دادن استقلال در نیروی کار شناسایی شده است [۳۰، ۳۱]. نتایج مطالعهٔ Landsbergis و همچنین Stewart نشان داد اجرای اصول تولید ناب منجر به افزایش سرعت کار و افزایش بار کاری کارگران می‌شود [۳۲، ۳۳]. این رویکرد بر این عقیده است که این روش، توانایی‌های نیروی کار را در نظر نمی‌گیرد و هدف اصلی آن افزایش بهره‌وری و کاهش ضایعات است. برخی از محققین نیز بر این باور هستند که این رویکرد ناشی از درک نادرست مفاهیم، اصول و شیوه‌های تولید ناب است [۳۴].

باتوجه‌به اینکه اختلالات اسکلتی‌عضلانی از رایج‌ترین مشکلات شغلی در محیط‌های کاری است [۳۵]، مطالعهٔ Koukoulaki و همکاران به بررسی اثرات اصول تولید ناب روی اختلالات اسکلتی-عضلانی در یک مطالعهٔ مروری ۲۰ ساله پرداختند. آنها در این مطالعه به این نتیجه رسیدند که اثرات اصول تولید ناب روی اصول ارگونومی می‌تواند هم اثرات مثبت و هم اثرات منفی داشته باشد. این مطالعه نشان داد که اصول تولید ناب می‌تواند اثرات مستقیم و نامطلوبی روی اختلالات اسکلتی- عضلانی در کارگران داشته باشد ولی اثرات آن بسته به سبک مدیریت سازمان و روش اجرای آن می‌تواند تأثیرات متفاوتی (مثبت و منفی) داشته باشد [۳۶]. مطالعات مختلف نیز بر این عقیده بودند که اثرات تولید ناب روی نیروی کار به‌طور کلی در حالت متوسط است [۲۶، ۳۷-۳۹]. به نظر می‌رسد در اجرای سیستم تولید ناب درصورتی‌که اجرای این اصول به‌دلیل کمبود منابع و همچنین وجود رقابت شدید میان شرکت‌ها باشد، تمرکز بیشتری روی اقدامات فنی و همچنین بهینه‌سازی فرایند تولید بوده و نیروی انسانی اغلب نادیده گرفته می‌شد. مطالعات نیز نشان داده‌اند در صورت تمرکز روی عناصر فنی تولید ناب، نمی‌توان انتظار داشت عملکرد نیروی انسانی بهبود یابد [۲۹]. همچنین، میزان آگاهی، نگرش و مشارکت کارکنان، روش اجرای تولید ناب و جامع‌بودن اجرای روش‌های تولید ناب، ماهیت چندبعدی تولید ناب و عدم وجود الگوی واحد اجرای تولید ناب مناسب از دیدگاه عملی، میزان درک و آگاهی مدیران رده‌بالای سازمان نسبت به تولید ناب، در عملکرد ابزارهای تولید ناب و اثرات آن روی کارکنان و ایمنی و بهداشت آنها نیز تأثیر زیادی دارد [۲۶].

آمارها نشان می‌دهد بخش زیادی از حوادث در محیط‌های کاری در اثر خطاهای انسانی رخ می‌دهند [۴۰]. این حوادث اثرات اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی زیادی بر جامعه تحمیل می‌کنند. هرچند با پیشرفت‌های صنعتی ایجادشده در سال‌های اخیر انتظار می‌رود میزان خطاهای انسانی و حوادث کاهش یابد، اما هنوز هم خسارات و آسیب‌های زیادی از این طریق ایجاد می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که اجرای موفقیت‌آمیز تولید ناب به آموزش مؤثر کارکنان، توانمندسازی آنها و ارگونومی محیط کار و همچنین مشارکت فعال کارکنان در اجرای این سیستم بستگی دارد [۴۱].

باتوجه‌به اینکه کاهش خطاهای انسانی باعث کاهش ضایعات در سیستم می‌شود و هم‌راستای اهداف سیستم تولید ناب است ولی تاکنون مطالعه‌ای درزمینهٔ تأثیر اجرای اصول تولید ناب روی خطاهای انسانی انجام نشده است. همچنین، نتایج ضد و نقیضی درمورد اجرای اصول تولید ناب روی اصول

www.SID.ir

Archive of SID

ایمنی و ارگونومی در مطالعات مختلف گزارش شده است. از نقاط‌قوت این مطالعه می‌توان اشاره کرد به استفاده از روش CREAM در ارزیابی خطای انسانی زیرا مطالعات نشان می‌دهند اغلب مطالعات انجام‌شده و نتایج آنها براساس نظرسنجی بوده‌اند و مطالعات کمتری مبتنی بر اطلاعات هستند [۱۹]. اصول تولید ناب در این مطالعه در راستای بهبود وضعیت ایمنی و ارگونومی و در نتیجهٔ آن، کاهش خطاهای انسانی بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از ابزارهای تولید ناب باعث کاهش خطاهای انسانی می‌شود. اجرای ابزارهای ناب انتخاب‌شده در صنعت موردمطالعه باعث بهبود نظم و ترتیب، ضبط و ربط، ساماندهی، استانداردسازی، پاکیزه‌سازی، ارتقاء آگاهی و دانش کارکنان، و بهبود رویه‌ها و دستورالعمل‌ها شده است و همهٔ این موارد می‌تواند بر کاهش خطاهای انسانی در محیط کاری تأثیر داشته باشد. همچنین طراحی و پیاده سازی آن دسته از مداخلات بهبود که هم زمان در کنار ارتقای سطح ایمنی، به بهبود بهره وری سازمانی نیز کمک می کند، بیشتر مورد پذیرش مدیریت صنایع بوده و شانس موفقیت بیشتری دارد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم‌پزشکی همدان و مدیریت صنعت پتروشیمی موردمطالعه جهت همکاری در انجام این مطالعه کمال قدردانی و تشکر را دارند.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

منابع مالی

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی شماره ۹۶۱۲۲۲۸۴۲۹ مصوب معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان است.

References

1. Aliabadi MM, Esmaeili R, Mohammadfam I, Ashrafi M. Application of a Standardized Plant Analysis Risk-human Reliability Method to Pipeline Inspection Gauge Operations. J Occup Hygiene Engin Vol. 2019; 6(3):34-43.
2. Mohammadfam I, Bastani S, Esaghi M, Golmohamadi R, Saee A. Evaluation of coordination of emergency response team through the social network analysis. Case study: oil and gas refinery. Safety Health Work. 2015; 6(1):30-4. [DOI:10.1016/j.shaw.2014.09.004] [PMID] [PMCID]
3. Shirali GA, Hosseinzadeh T, Kalhori SRN. Modifying a method for human reliability assessment based on CREAM-BN: A case study in control room of a petrochemical plant. MethodsX. 2019; 6:300-15. [DOI:10.1016/j.mex.2019.02.008] [PMID] [PMCID]
4. Abbassinia M, Kalatpour O, Soltanian AR, Mohammadfam I, Ganjipour M. Determination and score of effective criteria to prioritize emergency situations in a petrochemical industry. Occup Hygiene Health Prom J. 2019; 3(1):16-25. [DOI:10.18502/ohhp.v3i1.961]
5. Karagiannis GM, Piatyszek E, Flaus JM. Industrial emergency planning modeling: A first step toward a robustness analysis tool. J Hazard Material. 2010; 181(1-3):324-34. [DOI:10.1016/j.jhazmat.2010.05.014] [PMID]
6. Zameni F, Soltanzadeh A, Nasiri P. Designing a conceptual model for the relationship between shift work, job stress, job satisfaction and health: A case study in petrochemical industry. Iran J Ergonomic. 2018; 6(2):64-70. [DOI:10.30699/jergon.6.2.64]
7. Abbassinia M, Kalatpour O, Motamedzade M, Soltanian A, Mohammadfam I. A fuzzy analytic hierarchy process-TOPSIS framework for prioritizing emergency in a petrochemical industry. Arch Trauma Res. 2020; 9(1):35-40. [DOI:10.4103/atr.atr_85_19]
8. Petrillo A, De Felice F, Falcone D, Silvestri A, Zomparelli F. A hybrid probabilistic model for evaluating and simulating human error in industrial emergency conditions (HEIE). J Fail Anal Prevent. 2017; 17(3):462-76. [DOI:10.1007/s11668-017-0262-y]
9. Azadeh M, Keramati A, Mohammadfam I, Bernal-Agustín J, Contreras J, Martín-Flores R. Enhancing the availability and reliability of power plants through macroergonomics approach. Renew Sustain Energy Rev. 2000; 11(4):635-53.
10. Azadeh A, Nouri J, Mohammadfam I. The impacts of total system design factors on human performance in power plants. America J Appl Sci. 2005; 2(9):1301-4. [DOI:10.3844/ajassp.2005.1301.1304]
11. Shah S, Ganji EN, Coutroubis A, editors. Lean production practices to enhance organisational performance. MATEC Web of Conferences; 2017: EDP Sciences. [DOI:10.1051/matecconf/201712502003]
12. Womack JP, Jones DT, Roos D. The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry. New York: Simon and Schuster; 2007.
13. Deshmukh G, Patil CR, Deshmukh MG, editors. Manufacturing industry performance based on lean production principles. Nascent Technologies in Engineering (ICNTE). Paper presented at the first

www.SID.ir

Archive of SID

International Conference on IEEE; Navi Mumbai ,India; 2017. [DOI:10.1109/ICNTE.2017.7947977]

14. Holman D, Wall TD, Clegg CW, Sparrow P, Howard A. The essentials of the new workplace: a guide to the human impact of modern working practices. New Jersey: John Wiley & Sons; 2005.
15. Botti L, Mora C, Regattieri A. Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line. Comp Indust Eng. 2017; 111:481-91. [DOI:10.1016/j.cie.2017.05.011]
16. Demirkesen S. Measuring impact of Lean implementation on construction safety performance: a structural equation model. Product Plan Control. 2020; 31(5):412-33. [DOI:10.1080/09537287.2019.1675914]
17. Zarrin M, Azadeh A. Simulation optimization of lean production strategy by considering resilience engineering in a production system with maintenance policies. Simul. 2017; 93(1):49-68. [DOI:10.1177/0037549716666682]
18. Hollnagel E. Cognitive reliability and error analysis method (CREAM): Elsevier; 1998.
19. Saurin TA, Formoso CT, Cambraia FB. Towards a common language between Lean production and safety management. Paper presented at the14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction; Santiago, Chile; 2006.
20. Abbasinia M, Kalatpour O, Motamedzadeh M, Soltanian A, Mohammadfam I. Dynamic human error assessment in emergency using fuzzy bayesian cream. J Res Health Sci. 2020; 20(1):1-6. [DOI:10.34172/jrhs.2020.03] [PMID]
21. Jackson PR, Mullarkey S. Lean production teams and health in garment manufacture. J Occup Health Psych. 2000; 5(2):231-45. doi: 10.1037//1076-8998.5.2.231 [DOI:10.1037//1076-8998.5.2.231] [PMID]
22. Zakerian SA, Monazam M, Habibi MM, Soltani GR, Asghari M. Relationship between knowledge of ergonomics and work-place conditions with musculoskeletal disorders among nurses of two Iranian hospitals. Occup Med. 2012; 4(6):19-25.
23. Hendrick HW. Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. Appl Erg. 2003; 34(5):419-27. [DOI:10.1016/S0003-6870(03)00062-0]
24. Hasle P. Lean production-an evaluation of the possibilities for an employee supportive lean practice. Human Factor Erg Manufact Service Indust. 2014; 24(1):40-53. [DOI:10.1002/hfm.20350]
25. Bäckstrand G, Bergman C, Högberg D, Moestam L. Lean and its impact on workplace design. Paper presented at the 45th Nordic Ergonomics & Human Factors Society Conference; 11-14 August; Reykjavík, Iceland; 2013.
26. Longoni A, Pagell M, Johnston D, Veltri A. When does lean hurt?-an exploration of lean practices and worker health and safety outcomes. Int J Prod Res. 2013; 51(11):3300-20. [DOI:10.1080/00207543.2013.765072]
27. Womack SK, Armstrong TJ, Liker JK. Lean job design and musculoskeletal disorder risk: A two plant comparison. Human Factor Erg Manufact Service Indust. 2009; 19(4):279-93. [DOI:10.1002/hfm.20159]
28. Dahlgaard JJ, Mi Dahlgaard-Park S. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. TQM Mag. 2006; 18(3):263-81. [DOI:10.1108/09544780610659998]
29. Yang CC, Yeh TM, Yang KJ. The implementation of technical practices and human factors of the toyota production system in different industries. Human Fact Erg Manufact Service Ind. 2012; 22(6):541-55. [DOI:10.1002/hfm.20296]
30. Niepce W, Molleman E. Work design issues in lean production from a sociotechnical systems perspective: Neo-Taylorism or the next step in sociotechnical design? Human Rel. 1998; 51(3):259-87. [DOI:10.1177/001872679805100304]
31. Dankbaar B. Lean production: denial, confirmation or extension of sociotechnical systems design? Human Rel. 1997; 50(5):567-83. [DOI:10.1177/001872679705000505]
32. Landsbergis PA, Cahill J, Schnall P. The impact of lean production and related new systems of work organization on worker health. J Occup Health Psych. 1999; 4(2):108. [DOI:10.1037/1076-8998.4.2.108]
33. Stewart P, Garrahan P. Employee responses to new management techniques in the auto industry. Work Empl Soc. 1995; 9(3):517-36. [DOI:10.1177/095001709593005]
34. Reijula J, Nevala N, Lahtinen M, Ruohomäki V, Reijula K. Lean design improves both health-care facilities and processes: a literature review. Intel Build Int. 2014; 6(3):170-85. [DOI:10.1080/17508975.2014.901904]
35. Asghari M, Omidiyani Doust A, Farvaresh E. Evaluation of the musculoskeletal disorders in the workers of a food manufacturing plant in Tehran. Occup Med J. 2012; 3(4):49-54.
36. Koukoulaki T. The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: An examination of sociotechnical trends over 20 years. Appl Erg. 2014; 45(2):198-212. [DOI:10.1016/j.apergo.2013.07.018] [PMID]
37. Babson S. Lean or mean: the MIT model and lean production at Mazda. Lab Stud J. 1993; 18:3.
38. Adler PS, Goldoftas B, Levine DI. Ergonomics, employee involvement, and the Toyota Production System: A case study of NUMMI's 1993 model introduction. ILR Rev. 1997; 50(3):416-37. [DOI:10.1177/001979399705000303]
39. Adler PS. Hybridization: human resource management at two Toyota transplants. In Liker J, Fruin KM, Adler P, editors. Remade in America: Transplanting and transforming Japanese

www.SID.ir

Archive of SID

management systems. Oxford: Oxford University Press; 1999.

40. Zare A, Yazdani Rad S, Dehghani F, Omidi F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review. Health Safety Work. 2017; 7(3):267-78.

41. Aykazyan A. Successful implementation of lean through the effective use of employee training, empowerment, and workplace ergonomics. Dominguez Hills: California State University; 2015.

www.SID.ir