

Procedimiento para el análisis y la prevención de errores de medicación usando el enfoque de la ergonomía

Procedure for the analysis and prevention of medication errors using the ergonomics approach

Procedimento para a análise e a prevenção de erros de medicação usando o enfoque da ergonomia

Yaniel Torres¹; Yordán Rodríguez²; Elizabeth Pérez³

¹ Máster en ingeniería de riesgos de seguridad y salud del trabajo. École de technologie supérieure, Canadá. Universidad de Antioquia, Colombia. yaniel.torres-medina.1@ens.etsmtl.ca. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9825-9437>

² Doctor en Ciencias Técnicas con énfasis en Ergonomía. Universidad de Antioquia, Colombia. yordan.rodriguez@udea.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0079-4336>

³ Magister en Toma de decisiones. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. elizabeth.perezme@upb.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9185-2708>

Recibido: 06/05/2021 Aprobado: 01/12/2021. Publicado: 07/03/2022

Torres Y, Rodríguez Y, Pérez E. Procedimiento para el análisis y la prevención de errores de medicación usando el enfoque de la ergonomía. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2022;40(2):e346223. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e346223>

Resumen

Los errores de medicación representan un problema de salud pública que afecta la seguridad del paciente y la calidad de los servicios de salud a escala global. En este artículo se presenta un procedimiento para el análisis y la prevención de los errores de medicación desde la perspectiva de la ergonomía, ejemplificándose su aplicación mediante un caso de estudio ilustrativo de administración de un medicamento inyectable. Como parte del procedimiento expuesto, se incluyeron los reconocidos métodos Hierarchical Task Analysis (HTA) para el análisis de la tarea y Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA) para la identificación de los modos de error. Para la valoración de riesgos se propone

una matriz de riesgos cualitativa. El procedimiento propuesto quedó conformado por cuatro etapas: 1) selección de la tarea objeto de estudio, 2) análisis detallado de la tarea, 3) predicción de la posibilidad de error y 4) desarrollo de estrategias para la reducción del error. Se espera que la utilización sistemática de este procedimiento contribuya en la mejora de la calidad de los servicios de salud, disminuyendo los errores humanos y los posibles eventos adversos.

-----Palabras clave: ergonomía, errores de medicación, errores por procedimientos incorrectos, factores humanos, seguridad del paciente, sistemas de medicación.

Abstract

Medication errors represent a public health problem that affects patient's safety and the quality of health services on a global scale. This article presents a procedure for the analysis and prevention of medication errors from an ergonomics perspective, exemplifying its application through an illustrative case study of the administration of an injectable medication. As part of this procedure, hierarchical task analysis (HTA) methods for analyzing the task and, systematic human error reduction, and the prediction approach (SHERPA) for identifying error modes were included. A qualitative risk

matrix is proposed. The proposed procedure consisted of four stages: 1) selection of the task under study, 2) detailed analysis of the task, 3) prediction of the possibility of error, and 4) development of strategies for error reduction. It is expected that the systematic use of this procedure will contribute to improving health service quality, reducing human errors and possible adverse events.

-----*Keywords:* ergonomics, medication errors, errors due to incorrect procedures, human factors, patient's safety, medication systems.

Resumo

Os erros de medicação representam um problema de saúde pública que afeta a segurança do paciente e a qualidade dos serviços de saúde em escala global. Neste artigo apresenta-se um procedimento para a análise e a prevenção de erros de medicação desde a perspectiva da ergonomia, exemplificando-se sua aplicação por meio de um caso de estudo ilustrativo de administração de um medicamento injetável. Como parte do procedimento exposto, incluíram-se os métodos reconhecidos Hierarchical Task Analysis (HTA) para a análise da tarefa e Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA) para a identificação dos modos de erro. Para a

valorização de riscos foi proposta uma matriz qualitativa de risco. O procedimento proposto ficou conformado por quatro etapas: 1) seleção da tarefa objeto de estudo, 2) análise detalhada da tarefa, 3) predição da possibilidade de erro e 4) desenvolvimento de estratégias para redução do erro. Espera-se que a utilização sistemática deste procedimento contribua na melhora da qualidade dos serviços de saúde, diminuindo os erros humanos e os possíveis eventos adversos.

-----*Palavras-chave:* ergonomia, erros de medicação, erros por procedimentos incorretos, fatores humanos, segurança do paciente, sistemas de medicação

Introducción

El estudio del error humano ha sido un tema de interés en varios sectores (aviación, militar, espacial, nuclear) y en especial en el sector sanitario. Aunque existen varias definiciones de error humano [1,2], la mayoría coincide en asumirlo como el efecto de algo que los humanos hacen o pretenden hacer, y que conduce a resultados diferentes de los esperados. La definición de James Reason es una de las que con mayor claridad expresa la esencia de lo que se considera *error humano*: "Un término genérico empleado para abarcar todas aquellas ocasiones en las que una secuencia planificada de actividades mentales o físicas fallan en alcanzar el resultado esperado, y cuando estos fallos no pueden atribuirse a la intervención del azar" [3, p. 9].

Según Reason [4], existen dos enfoques para abordar la problemática del error humano: el primero se centra en el individuo y lo responsabiliza por olvido, falta de atención, deficientes competencias o irresponsabilidad en la ejecución de las tareas, etc.; el segundo se centra en el sistema y las condiciones en las que trabajan los individuos, y trata de crear defensas para evitar los

errores o mitigar sus efectos. El enfoque de sistema reconoce que los errores no son la causa del evento adverso, sino la manifestación de fenómenos más profundos, asociados al diseño y la operación del sistema de trabajo.

Los errores médicos son un tipo particular de error humano que se manifiesta en los procesos de atención sanitaria y que pueden ocasionar daños al paciente [5]. Sin embargo, solo un número reducido de errores médicos producen resultados adversos para el paciente. El modelo del queso suizo o *modelo causal de accidentes* desarrollado por Reason [4] ilustra este fenómeno. En esencia, todo sistema complejo está compuesto por un grupo de barreras que minimizan la posibilidad de ocurrencia de un evento adverso (accidente o daño al paciente). El evento adverso solo ocurre cuando todas las barreras en el sistema son atravesadas. Lo que explicaría por qué no todos los errores conducen a eventos adversos o daños al paciente.

En los sistemas de salud a escala global, la mejora de la calidad y la seguridad de la atención al paciente es considerada una prioridad. Estudios recientes de errores médicos han estimado que estos ocasionan hasta 251 000 muertes anualmente en Estados Unidos

de América, siendo la tercera causa de muerte en ese país [6]. Del mismo modo, el Instituto Canadiense para la Seguridad del Paciente estima en 28 000 las muertes anuales por daños no intencionales, siendo igualmente la tercera causa de muerte en Canadá [7]. Por otro lado, datos provenientes de la Unión Europea muestran que los errores médicos y los eventos adversos relacionados con la atención de la salud se producen hasta en un 12 % del total de las hospitalizaciones [8]. El Departamento de Salud del Reino Unido estima en unos 850 000 los eventos adversos que se producen al año, los cuales representan alrededor del 10 % de los ingresos hospitalarios [9]; mientras que los costos adicionales en tratamientos ascienden a 2000 millones de libras esterlinas, y los costos de demandas legales por negligencias al sistema de salud pública británico, a unos 400 millones de libras esterlinas [10].

Diferentes estudios de errores en el sector sanitario han identificado los errores de medicación como causa de eventos adversos a los pacientes. Un *error de medicación* es un fallo en el proceso de tratamiento medicamentoso, que conduce o tiene el potencial de conducir a un daño al paciente [11]. Una definición más completa es brindada por el National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention de Estados Unidos:

Un error de medicación es cualquier evento prevenible que pueda causar o llevar a un uso inapropiado de la medicación o a un daño al paciente mientras la medicación está bajo el control del profesional de la salud, del paciente o del consumidor. Dichos eventos pueden estar relacionados con la práctica profesional, con los productos para el cuidado de la salud, los procedimientos y sistemas, incluyendo la prescripción, la comunicación de pedidos, el etiquetado de productos, el empaque y la nomenclatura, la composición, la dispensación, la distribución, la administración, la educación, el monitoreo y el uso [10, p. 669].

Los errores de medicación pueden producirse en cualquiera de las cinco fases del proceso de medicación: prescripción, documentación, dispensación, administración y control [10].

Los países en vías de desarrollo no están exentos de la problemática de los errores de medicación [12]. En Colombia, por ejemplo, en un servicio farmacéutico ambulatorio se reportaron 14 873 errores de medicación entre los años 2005 y 2013. De estos, solo el 67,2 % realmente ocurrió, de los cuales el 15,5 % alcanzó al paciente sin causarle daño y el 0,7 % sí lo afectó [13]. Otro estudio realizado en farmacias ambulatorias de infectología, oncología y trasplantes de las ciudades de Cali y Bogotá, entre junio de 2014 y junio de 2015, informaron la ocurrencia de 366 errores de medicación, de los cuales el 79,8 % correspondió a transcripción, el

19,4 % ocurrió durante la prescripción y el 0,8 % en la dispensación [14]. Por otro lado, sistemas de farmacovigilancia han notificado errores de medicación ocurridos en 26 hospitales de Colombia, donde se reportaron 9062 errores de medicación, de los cuales ocurrió realmente el 51,9 % (4707), y la mayoría de las causas fueron atribuidas a factores humanos [15].

Los errores de medicación son un problema de salud pública prioritario a escala global, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual, en 2017, puso en marcha una estrategia para la seguridad del paciente, conocida como “Medicación sin daños”. Esta estrategia tiene como propósito reducir los daños graves evitables relacionados con la medicación en el 50 %, a nivel mundial, en los próximos 5 años [16]. En esta estrategia se resalta que las personas rara vez cometen errores por negligencia, sino porque los sistemas, procesos y procedimientos con los que trabajan suelen ser defectuosos o disfuncionales.

La disciplina de la ergonomía (o factores humanos) toma como base fundamental el enfoque de sistemas, para el análisis, la evaluación y el diseño de los sistemas de trabajo. La aplicación de la ergonomía ha ayudado a identificar aquellos factores (físicos, cognitivos u organizacionales) que pueden conducir a que los humanos cometan errores y se afecte su desempeño. Por esta razón, la ergonomía es una de las disciplinas que ha contribuido a la mejora de la seguridad del paciente, mediante el diseño de sistemas de salud centrados en el humano, siendo los errores de medicación una de las temáticas de mayor interés [17,18].

Por ejemplo, en un estudio efectuado a finales de 2019 por el Servicio Nacional de Salud del Reino Unido, la ergonomía fue seleccionada como la temática de mayor prioridad en la estrategia de seguridad del paciente de los próximos años en ese país [19]. Alineado con esta tendencia, en el Congreso Internacional de Farmacovigilancia, celebrado en octubre de 2019 en Bogotá, Colombia, el programa del evento incluyó una conferencia magistral sobre la importancia de la ergonomía en la farmacovigilancia y un curso con expertos de varios países sobre el papel de esta disciplina en el análisis y la prevención de los errores de medicación [20].

Este artículo tiene como objetivo presentar un procedimiento para el análisis y la prevención de los errores de medicación desde la perspectiva de la ergonomía, ejemplificando su aplicación mediante un caso de estudio ilustrativo. El procedimiento propuesto incluye métodos comúnmente utilizados para el análisis del error humano en la práctica de la ergonomía. Se espera que su aplicación permita generar acciones preventivas en los procesos y sistemas de trabajo donde pueden ocurrir los errores de medicación.

Procedimiento para el análisis y la prevención del error humano en la medicación de pacientes

En este apartado se presenta el procedimiento propuesto para el análisis y la prevención del error humano en la medicación de pacientes. La estructura del proce-

dimiento y la selección de las técnicas responde a las necesidades del personal en el terreno.

Los criterios empleados para la construcción del procedimiento fueron: simplicidad en la aplicación, elevado nivel de validación de las técnicas empleadas, rol de líder del analista y disponibilidad de recursos para ejecutar el análisis [21].

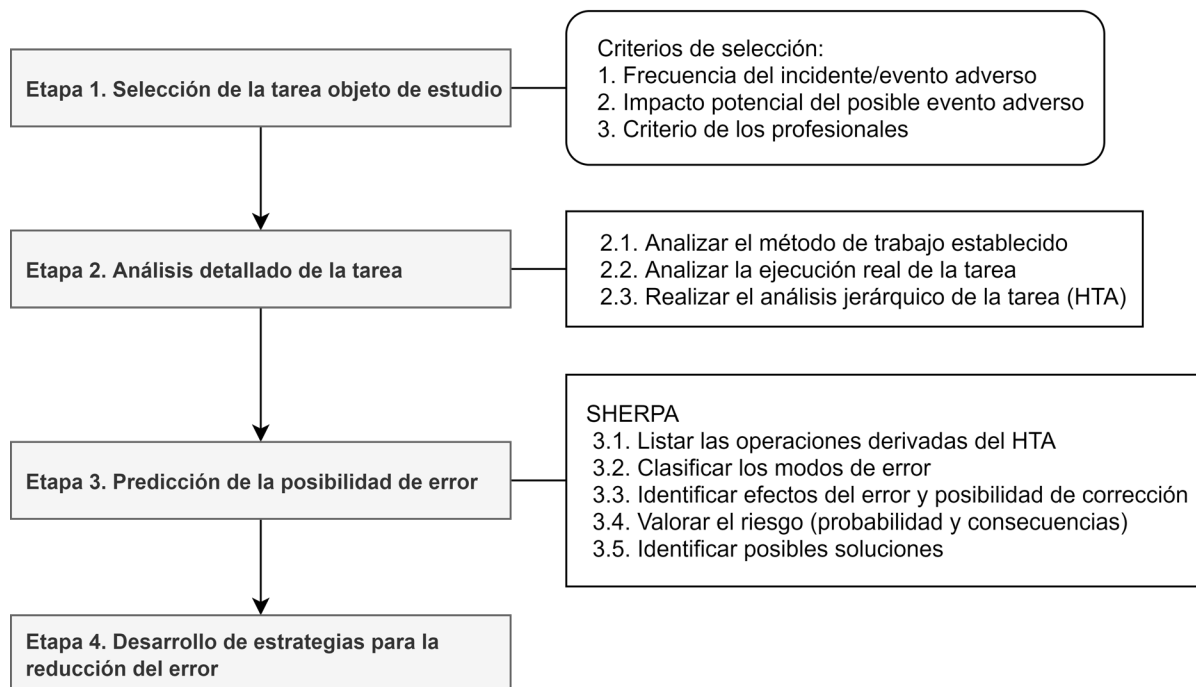


Figura 1. Procedimiento para el análisis y la prevención del error humano en la medicación de pacientes. SHERPA: Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach. HTA: Hierarchical Task Analysis.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1 se presentan las cuatro etapas del procedimiento propuesto. Algunas etapas se dividen, a su vez, en un conjunto de pasos, que brindan mayor detalle sobre la ejecución de cada etapa del procedimiento.

A continuación se describen las etapas del procedimiento, el cual fue concebido para que los profesionales de la salud puedan generar acciones para prevenir los errores de medicación desde la perspectiva de la ergonomía. El procedimiento propuesto es fundamentalmente prospectivo (imaginar escenarios posibles), aunque también se puede usar desde el enfoque retrospectivo (entender lo que sucedió, para no repetirlo).

Etapa 1. Selección de la tarea objeto de estudio

La primera etapa del procedimiento consiste en la selección de la tarea que se quiere analizar. A esta tarea se le denomina “tarea crítica” y su selección puede ba-

sarse en diversos criterios. Se recomienda emplear los siguientes criterios:

Frecuencia de ocurrencia de incidentes o eventos adversos: se selecciona la tarea que genera un número importante de incidentes o eventos adversos vinculados a errores según el sistema de registro existente.

Impacto potencial del posible evento adverso sobre el paciente: se selecciona la tarea que pudiera causar los daños más graves al paciente en caso de fallar su ejecución.

Criterio de profesionales que ejecutan la tarea: se selecciona la tarea crítica, teniendo en cuenta los criterios del personal de salud encargado de ejecutarla (elevada dificultad, nivel alto de precisión, etc.).

La tarea crítica que será objeto de análisis puede formar parte de cualquiera de las cinco fases del proceso de medicación: prescripción, documentación, dispensación, preparación o administración y control.

Etapa 2. Análisis detallado de la tarea

El análisis de la tarea permite describir la participación del humano en el sistema, en términos de los objetivos a alcanzar y de las actividades humanas, tanto físicas como mentales, que son necesarias para lograr estos objetivos [22]. Esta etapa comprende tres pasos:

Paso 2.1. Analizar el método de trabajo establecido. El analista debe analizar el trabajo prescrito, o sea, el método de trabajo tal y como está establecido en los procedimientos, las instrucciones y los protocolos de trabajo. El propósito es comprender la estructura inicial de la tarea en términos de su objetivo y de las operaciones necesarias para alcanzar el mismo.

Paso 2.2. Analizar la ejecución real de la tarea. Comprende la observación en el terreno de la ejecución de la tarea. El objetivo es estudiar el trabajo real, o sea, la ejecución de la tarea en el contexto real de trabajo. El analista tomará nota de cómo las operaciones son ejecutadas. Si existen diferencias entre la ejecución de la tarea y el método establecido, se debe privilegiar la forma real de trabajo observada y anotar las diferencias. El analista deberá interactuar con el personal de salud encargado de la ejecución de la tarea y consultarlo, con el objetivo de esclarecer cualquier duda y de esta manera evitar deducir o inferir lo menos posible.

Paso 2.3. Realizar el análisis jerárquico de la tarea (Hierarchical Task Analysis, HTA). En la literatura especializada, se describen varias técnicas de análisis de tareas cuyos orígenes se relacionan con la disciplina del estudio científico del trabajo surgida a principios del siglo XX [23,24]. Sin embargo, el HTA es una de las técnicas de análisis de tarea más conocida y empleada desde su aparición a finales de la década de los sesenta [25].

El HTA, como su nombre lo indica, permite representar, de forma jerárquica (en diferentes niveles), la manera en que el trabajador ejecuta la tarea [10]. Para ello, se desglosa la tarea objeto de análisis en una jerarquía, comenzando por el objetivo de la tarea, el cual se descompone en operaciones y sus planes.

Objetivo. Al más alto nivel de la jerarquía, la tarea se define en término de su objetivo global. El objetivo representa el estado que se pretende alcanzar como resultado de la realización de la tarea. Para definir el objetivo de la tarea, se debe responder a la siguiente pregunta: ¿qué es lo que se pretende hacer?

Operaciones. Una vez definido el objetivo global de la tarea, el mismo se descompone en operaciones en el nivel jerárquico inferior. Las operaciones son los comportamientos o las actividades observables necesarias para alcanzar el objetivo de la tarea. Para definir las operaciones, se debe responder a la pregunta siguiente: ¿qué se necesita ejecutar para lograr el objetivo de la tarea?

Planes. Las operaciones pueden ser opcionales, condicionales o tener un orden definido. Esto queda es-

tablecido mediante reglas, a las cuales se les denomina “plan”. Para establecer el plan, se debe responder a la pregunta: ¿cómo se relacionan las operaciones?

Para la representación de la estructura jerárquica de la tarea en forma de diagrama, se comienza por definir el objetivo global de la tarea en el nivel cero (0) de la jerarquía. En los niveles siguientes, se representan las operaciones necesarias para alcanzarlo. Las operaciones en el diagrama se pueden seguir descomponiendo en otros niveles jerárquicos, hasta lograr la precisión deseada. Esto quiere decir que cada operación puede convertirse, a su vez, en el objetivo a descomponer en operaciones en el siguiente nivel. Y así sucesivamente para cada nivel.

Etapa 3. Predicción de la posibilidad de error

Varios métodos han sido desarrollados orientados a la predicción del error y han sido aplicados en diversos sectores [26]. En esta etapa, se propone el método Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA), debido a su simplicidad, flexibilidad y a que ha sido empleado con éxito en el sector de la salud [27]. Este método permite la identificación estructurada de modos de error asociados a operaciones específicas dentro de una tarea.

El método SHERPA fue desarrollado en el Reino Unido por el profesor David Embrey [28] y está inspirado en los métodos de fiabilidad de sistemas Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) y Hazard and Operability Study (HAZOP).

En el procedimiento se provee la hoja de trabajo en forma tabular (véase la Tabla 1) y la lista de modos de error que se emplean en el método SHERPA (véase la Tabla 2). A continuación, se describen los pasos necesarios para lograr la aplicación adecuada del método SHERPA.

Paso 3.1. Listar las operaciones derivadas del HTA. A partir del diagrama que resulta del análisis jerárquico de la tarea (método HTA), se listan en la columna (1) de la hoja de trabajo (Tabla 1) las operaciones correspondientes al último nivel de la jerarquía.

Paso 3.2. Clasificar los modos de error. Para cada operación en la columna (1), se debe identificar y seleccionar uno o varios modos de error, usando la Tabla 2. A cada modo de error se le asigna un código, que se coloca en la columna (2) de la hoja de trabajo SHERPA (Tabla 1). Se deben seleccionar solo los modos de error plausibles (que pueden ocurrir). Por último, en este paso se debe describir la forma en que se manifiesta el error en la práctica y para ello se emplea la columna (3) de la hoja de trabajo.

Paso 3.3. Identificar efectos del error y posibilidad de corrección. En la columna (4) de la hoja de trabajo SHERPA (Tabla 1) se deben describir los efectos potenciales asociados a cada modo de error previamente identificado. En la columna (5) se debe introducir si existe algún mecanismo que permita corregir el modo de error.

Tabla 1. Hoja de trabajo SHERPA.

Paso 3.1	Paso 3.2	Paso 3.3	Paso 3.4	Paso 3.5
Operación (1)	Modo de error (2) Descripción del error (3)	Efectos del error (4) Posibilidad de corrección (5)	Probabilidad (6) Consecuencia (7) Valoración del riesgo (8)	Identificación de posibles soluciones (9)

Fuente: adaptado de [29].

Tabla 2. Modos de error según método SHERPA.

Tipo de error	Código	Modo de error
Acción	A1	Operación demasiado larga/corta
	A2	Operación fuera de tiempo
	A3	Operación en la dirección incorrecta
	A4	Operación muy poca/mucha
	A5	Operación demasiado rápida/lenta
	A6	Operación desalineada
	A7	Operación correcta sobre objeto incorrecto
	A8	Operación incorrecta sobre objeto correcto
	A9	Operación omitida
	A10	Operación incompleta
	A11	Operación demasiado temprano/tarde
	A12	Operación en orden inadecuado
	A13	Error de ubicación
Chequeo	C1	Chequeo omitido
	C2	Chequeo incompleto
	C3	Chequeo correcto en objeto incorrecto
	C4	Chequeo incorrecto en objeto correcto
	C5	Chequeo demasiado temprano/tarde
Obtención de información	R1	Información no obtenida
	R2	Información errónea obtenida
	R3	Información obtenida incompleta
	R4	Información interpretada incorrectamente
Comunicación	I1	Información no comunicada
	I2	Información errónea comunicada
	I3	Comunicación de información incompleta
	I4	Comunicación de información poco clara
Selección	S1	Selección omitida
	S2	Selección incorrecta

Fuente: traducido por los autores a partir de [30].

Puede ser que al completar otras operaciones posteriores en la tarea, el trabajador logre identificar el error y corregirlo. En tal caso, el número de la operación de la tarea en la que puede identificarse el error originalmente cometido se indicará en la columna (5).

Normalmente, una operación de verificación, chequeo o control, tanto humana como automatizada, es una operación que permite identificar y corregir el error. En otros casos, durante la ejecución de la tarea, la persona puede monitorear y percatarse que no está ejecutando la tarea de manera correcta. En estos casos, se indicará

en la columna (5) “automonitoreo”. Si no se presentan ninguna de las situaciones descritas, se indicará “no es posible” en la casilla correspondiente de la columna (5).

Paso 3.4. Valorar el riesgo (probabilidad y consecuencias). Este paso permite definir el orden de prioridad con el que se deben tratar los diversos modos de error o fallos identificados. Esto se logra evaluando la criticidad del modo de error en términos de riesgo. Para ello se recomienda usar una matriz en coherencia con las tendencias de evaluación y gestión del riesgo [31] (véase la Tabla 3). En esta matriz, la probabilidad de

Tabla 3. Matriz de valoración de riesgos.

		Consecuencias			
		Insignificante	Moderado	Dañino	Extremo
Probabilidad	Muy alta	Medio	Alto	Crítico	Crítico
	Alta	Medio	Alto	Alto	Crítico
	Media	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Baja	Bajo	Bajo	Medio	Medio

Fuente: Elaboración propia [31].

ocurrencia del error y la consecuencia son valoradas en una escala nominal de cuatro niveles cada una. La valoración se debe efectuar en términos relativos, permitiendo comparar entre los diferentes modos de errores.

En las columnas (6) y (7) (véase Tabla 1) se introducen la probabilidad y la consecuencia respectivamente. En la columna (8) se incluye la valoración final del riesgo en relación con la probabilidad y las consecuencias.

Paso 3.5. Identificar posibles soluciones. En este paso se identifican, de forma preliminar, las posibles soluciones a los modos de error y se escriben en la columna (9). Estas soluciones pueden surgir durante el proceso de análisis de los errores.

Etapa 4. Desarrollo de estrategias para la reducción del error

Esta etapa tiene como propósito desarrollar acciones de mejora enfocadas a elevar la fiabilidad del sistema (disminuir la posibilidad de errores). Estas acciones están asociadas a los modos de error identificados en la hoja de trabajo SHERPA y deben tomarse como referencia las posibles soluciones listadas en la columna (9) (véase la Tabla 1). Las acciones deben describirse de manera detallada, prestando atención a la factibilidad de las propuestas.

A continuación se mencionan algunos ejemplos de áreas donde podrían centrarse las acciones de mejora y

que forman parte del modelo Systems Engineering Initiative for Patient Safety (SEIPS), desarrollado como marco de referencia para el análisis de los factores humanos en los sistemas de salud [17].

Tarea: método, procedimientos y protocolos.

Herramienta y tecnología: equipamiento, *software* y sistema de información.

Organización: comunicación, supervisión, planificación de horarios y turnos, trabajo en equipo y estructura jerárquica.

Ambiente: iluminación, ruido, confort térmico y ventilación.

Individuo: formación, competencias, habilidades y experiencia.

En esta etapa se pueden crear equipos de trabajo, formados por personal conocedor de la tarea objeto de análisis, emplear técnicas participativas y recurrir a guías, repertorios o manuales que contengan soluciones aplicables al contexto estudiado. También se recomienda que las acciones propuestas sean específicas (quién, qué, cuándo, dónde, cuál, por qué, recursos), medibles (cuánto, por cuánto tiempo), alcanzables (debe ser posible llevarlas a cabo), realistas (las personas deben estar dispuestas y ser capaces de trabajar en ellas) y oportunas (estableciendo horizontes temporales).

Caso de estudio ilustrativo de aplicación del procedimiento propuesto: administración de un medicamento

En esta sección se presenta un caso de estudio sobre la administración de un medicamento que permite ilustrar la aplicación del procedimiento propuesto. Para la construcción y ejemplificación del procedimiento propuesto, se emplean como base los trabajos realizados por Lane *et al.* [10] y de Embrey [29] en el campo del análisis de errores de medicación.

Descripción del caso de estudio

La enfermera administra un medicamento a un paciente en la consulta externa de una institución de salud. Para ello, la enfermera toma en cuenta la orden médica en la que se indica que el medicamento debe administrarse por vía intramuscular. El medicamento viene en un preparado de solución inyectable, el cual se encuentra en el estante de la consulta, junto a dispositivos médicos como jeringas y agujas de diferente calibre. La enfermera prepara la inyección. Posteriormente, explica al paciente el procedimiento a ejecutar y prepara el sitio de administración, realizando la asepsia correspondiente. La aguja se debe insertar con un ángulo de 90°, para administrar el medicamento de manera intramuscular. La presión aplicada durante la inyección debe ser constante, para garantizar la mejor efectividad. Finalmente, la en-

fermera verifica que no haya sangrado y cubre el sitio de inyección con algodón.

Etapa 1. Selección de la tarea

Esta tarea se seleccionó, debido a que las enfermeras del servicio ambulatorio estiman este procedimiento susceptible de fallos. Las enfermeras ejecutan frecuentemente este procedimiento bajo presión de tiempo, ocasionada por la alta demanda y las filas de espera que se generan como resultado.

Etapa 2. Análisis de la tarea

Se estudió el protocolo establecido para llevar a cabo la tarea en esta institución de salud. Posteriormente, se observó la ejecución real de la tarea (trabajo real) y se contrastó con el protocolo establecido (trabajo prescrito).

Continuando con el procedimiento propuesto en este artículo, se realizó el análisis jerárquico de la tarea, empleando el método HTA (véase la Figura 2). Este análisis jerárquico es necesario para el posterior análisis de los modos de error con el método SHERPA.

Etapa 3. Análisis de los modos de error con el método SHERPA

Las operaciones obtenidas en el último nivel de la jerarquía del diagrama HTA de la Figura 2 fueron empleadas como punto de partida en el análisis SHERPA. La hoja de trabajo SHERPA con el correspondiente análisis de modos de error se muestra en la Tabla 4.

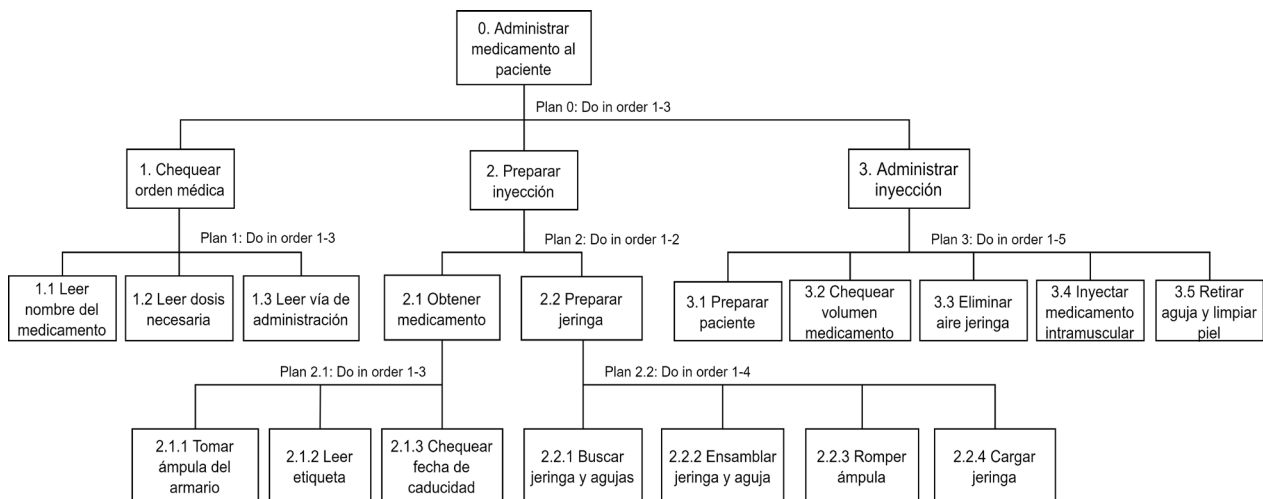


Figura 2. Análisis de la tarea de administrar medicamento al paciente, usando el método HTA. El diagrama fue elaborado con el *software* HTA Tool versión 1.1 obtenido gratuitamente [32].

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Análisis SHERPA de la tarea "Administrar medicamento al paciente".

Operación	Modo de error	Descripción del error	Efectos del error	Posibilidad de corrección	Probabilidad	Consecuencia	Valoración del riesgo	Identificación de posibles soluciones
0. Administrar medicamento al paciente								
1. Chequear orden médica								
1.1 Leer nombre del medicamento	R2	Leer nombre del medicamento incorrectamente	Selección del medicamento equivocado para administrar	No es posible	Media	Dañino	Alto	Indique la condición del paciente para la que se prescribe el medicamento. Verificar medicamento con el paciente antes de administrar. Automatizar el sistema de información
1.2 Leer la dosis necesaria	R2	Leer dosis del medicamento incorrectamente	Administración de sobredosis o dosis sin valor terapéutico	No es posible	Media	Dañino	Alto	Utilice solo abreviaturas estándar o escriba palabras completas. Automatizar el sistema de información
1.3 Leer vías de administración	R1	Obviar lectura de la vía de administración	Administración del medicamento por la vía equivocada	No es posible	Baja	Extremo	Medio	Escribir en su totalidad, en lugar de usar abreviaturas. Uso de pictogramas para representar la vía de administración
2. Preparar inyección								
2.1 Obtener medicamento								
2.1.1 Tomar ampulla del armario	S2	Tomar el ampulla equivocada del armario	Administración del medicamento o dosis equivocada	2.1.2	Media	Dañino	Alto	Emplear sistema de clasificación en el almacenamiento (ej. uso de colores, tipo y tamaño de letras). Sistema de etiquetado inteligente (ej. código de barras, RFID)
2.1.2 Leer etiqueta	R2 R1	Lectura incorrecta de la etiqueta. Obviar lectura de la etiqueta	Administración de medicamento o dosis errónea	No es posible	Media	Dañino	Alto	Diseño ergonómico del etiquetado de las ampulas (ej. componente gráfico, contraste, tipo y tamaño de letras). Sistema de etiquetado inteligente (ej. código de barras, RFID)

Operación	Modo de error	Descripción del error	Efectos del error	Posibilidad de corrección	Probabilidad	Consecuencia	Valoración del riesgo	Identificación de posibles soluciones
2.1.3 Chequear fecha de caducidad	C1	Obviar chequeo de fecha de caducidad	Administración de medicamento caduco	No es posible	Bajo	Dañino	Medio	Control de inventario. Sistema de etiquetado inteligente (ej. código de barras, RFID)
2.2 Preparar jeringa								
2.2.1 Buscar jeringa y aguja	S2	Tomar jeringa de tamaño incorrecto	Administración de dosis incorrecta	3.2	Bajo	Dañino	Medio	Jeringas preparadas con anterioridad
2.2.2 Ensamblar jeringa y aguja	A7	Colocar la aguja equivocada en la jeringa	Lesión al paciente	Automonitoreo	Bajo	Moderado	Bajo	Limitar el número de tipos de agujas. Diseño diferenciado (ej. código de colores)
2.2.3 Romper ampolla	A3 A4 A6	Romper el cuello del ampolla de manera incorrecta (dirección, fuerza o ángulo)	Contaminación del medicamento con micropartículas de vidrio	No es posible	Media	Dañino	Alto	Entrenamiento en la técnica de apertura de ampullas. Tipo de material del ampulla. Uso de filtros en las agujas
2.2.4 Cargar solución inyectable en jeringa	A4	No se carga la jeringa con la dosis indicada	Se administra una dosis mayor/menor que la indicada	Automonitoreo 3.2	Baja	Dañino	Medio	Jeringas preparadas con anterioridad
3. Administrar inyección								
3.1 Preparar paciente	A9	Obviar preparación del paciente (frotis de piel)	Infección introducida	No es posible	Baja	Moderado	Bajo	Adoptar protocolos de prevención de infecciones
3.2 Chequear volumen del medicamento en jeringa	C1	Obviar chequeo del volumen del medicamento en la jeringa	Sobredosis o dosis inferior a la indicada	No es posible	Media	Dañino	Alto	Capacitación en la administración de inyecciones
3.3 Eliminar aire de la jeringa	A9	Obviar eliminación del aire en la jeringa	Burbujas de aire introducidas dentro del tejido	No es posible	Baja	Dañino	Medio	Capacitación en la administración de inyecciones
3.4 Inyectar medicación intramuscular	A3	Inyectar en vena	La administración intravenosa podría ser fatal	No es posible	Baja	Extremo	Medio	Lea las instrucciones. Formación para aumentar el conocimiento de la medicación
3.5 Retirar aguja y limpiar piel	A9	No se limpia la piel después de la inyección	No relevante para la seguridad del paciente	Es posible si el paciente lo detecta	Baja	Insignificante	Bajo	Asegurarse que el algodón o gasa sean de fácil acceso

RFID: Radio Frequency Identification.

Fuente: elaboración propia.

Durante la valoración del riesgo, se deben tener en cuenta los elementos específicos del contexto analizado, ya que actividades similares en contextos diferentes pueden tener probabilidades de ocurrencias distintas. Por ejemplo, la probabilidad de error asociada a la selección de un medicamento ubicado en un estante bien organizado y clasificado (empleando colores, pictogramas y categorías, entre otros) es menor que si el mismo medicamento se encuentra en un estante que no siga ningún patrón de organización. Finalmente, en esta etapa se identificaron un conjunto de posibles soluciones, las cuales aparecen en la última columna de la Tabla 4.

Etapa 4. Desarrollo de estrategias para la reducción del error

Debido a que el caso de aplicación del procedimiento es ilustrativo, en este apartado solo se mencionan algunas acciones de mejora que se pueden tomar como referencia. Las acciones deben enfocarse en diseñar/rediseñar los diferentes elementos que componen el sistema de trabajo centrado en las personas, tal como promueve el enfoque de la ergonomía. Las propuestas de acciones deben considerar el contexto específico en el que se realiza la tarea.

Etiquetas y señalizaciones: se ha reconocido que el personal médico a menudo se queja de la similitud de las etiquetas de los medicamentos, lo que dificulta la diferenciación entre productos [10]. La dificultad en la lectura de etiquetas puede producir errores. Las personas tienden en general a leer rápidamente la información de una sola pasada, lo que puede estar influenciado por la existencia de presión de tiempo que se presenta en ocasiones en la atención médica.

Las etiquetas y señalizaciones fáciles de entender pueden evitar errores. No obstante, es importante precisar que, por lo general, la organización y el personal de salud no tienen facultad para hacer cambios en las etiquetas de los medicamentos, aunque en algunas ocasiones es posible reportar y hacer recomendaciones a los fabricantes.

Por otro lado, las señalizaciones en los envases y contenedores de medicamentos sí pueden ser elementos sobre los cuales se puede intervenir desde la organización. Se deben diseñar lo suficientemente grandes y ubicar en zonas fácilmente visibles para el personal, utilizando mensajes cortos y claros. El uso, por ejemplo, de pequeños contenedores bien identificados para el almacenamiento de medicamentos y material médico facilita la localización y disminuye los posibles errores de selección.

Materiales y equipos: la selección de la aguja equivocada para el montaje de una jeringa puede deberse a falta de conocimiento del personal, pero también a la gran disponibilidad de artículos entre los cuales elegir. Limitar la variedad de materiales o equipos entre los que se realiza la selección es una buena manera de inducir al

personal a tomar la decisión correcta. Esto podría lograrse, por ejemplo, comprando a un pequeño número de proveedores, manteniendo a los mismos proveedores y adquiriendo una pequeña gama de equipos, para limitar la variabilidad de los dispositivos [10].

En el caso de la contaminación del medicamento inyectable con partículas de vidrio, una estrategia que se ha propuesto es el uso de filtros en las agujas [33]. Esta estrategia debe valorarse en cuanto a su eficacia y los costos asociados [34].

Métodos de trabajo: la técnica de ruptura del ampolla (dirección, fuerza o ángulo) y la experiencia del trabajador influyen en la posible contaminación del medicamento inyectable con micropartículas de vidrio [35]. Por ejemplo, se ha informado que la ruptura del ampolla hacia afuera y con el cuello envuelto en algodón disminuye la cantidad de micropartículas de vidrio que caen al interior del ampolla [35]. En este sentido, se recomienda entrenar al personal de salud en técnicas apropiadas de ruptura de ampollas.

Tecnologías: los avances tecnológicos de los últimos años a escala global representan una importante oportunidad en el campo de la seguridad del paciente. Tecnologías como los códigos de barra y el RFID (Radio Frequency Identification) han sido empleadas satisfactoriamente en la identificación de pacientes y el acceso al registro de medicación, así como en la identificación y localización de medicamentos [36,37].

También el uso de sistemas automatizados de entrada y procesamiento de información acerca del paciente, su historia clínica y la medicación, constituye una forma importante de reducción de diversos tipos de errores, por ejemplo, aquellos relacionados con la incompatibilidad de diversos medicamentos administrados al paciente.

El sistema podría reconocer automáticamente el tipo de interacción posible entre el medicamento a administrar y los otros que ya forman parte del tratamiento, advirtiendo sobre una posible reacción adversa.

Por otro lado, el sistema puede validar si, por ejemplo, un error en la prescripción de la dosis conllevaría a la administración de una sobredosis mortal para el paciente en cuestión [38].

El escaneo automatizado del medicamento y de la jeringa con un terminal para estos fines permite validar si la selección ha sido la correcta de acuerdo con el tratamiento y el protocolo asociado al paciente en cuestión.

Discusión

En este artículo se presentó un procedimiento para el análisis del error humano en la medicación de pacientes desde la perspectiva de la ergonomía. Se espera sirva de referencia en el análisis y la prevención de los errores de medicación en los servicios de salud.

Para su aplicación efectiva, es necesario recibir un mínimo de entrenamiento. Una experiencia exitosa se obtuvo en la Especialización en Ergonomía de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, donde un grupo de 23 estudiantes, con diversas profesiones de base, recibieron una formación de 16 horas sobre el análisis del error humano, tomando como referencia las etapas del procedimiento propuesto. Los estudiantes, organizados en equipos, fueron capaces de emplear de manera autónoma el procedimiento. No obstante, formaciones más avanzadas son necesarias para dominar temas relacionados con el diseño de los sistemas de trabajo desde el punto de vista de la ergonomía y de los factores humanos.

El estudio de caso presentado se limitó a la administración de medicamentos por vía intramuscular en una sala ambulatoria. Otros casos más complejos de administración de medicamentos incluyen la infusión y la administración oral en condiciones de hospitalización. En estos casos, se deben abarcar igualmente la gestión de las salas y la identificación de los pacientes. Si se emplea, por ejemplo, una bomba de infusión para administrar el medicamento, se debe tomar en cuenta también la interacción entre el personal y el equipo.

Otras etapas del proceso de medicación, además de la administración, son también susceptibles de errores, como es el caso de la fase de prescripción. Sharit reporta cómo “un médico optó por cambiar la prescripción de un medicamento para la leucemia de 50 mg a 25 mg, poniendo una línea a través del cero e insertando un ‘2’ delante del ‘5’. La dosis resultante fue percibida por el farmacéutico como 250 mg y provocó la muerte de un adolescente de 14 años” [38].

Como se planteó en este trabajo, el uso de la tecnología puede ser empleado como una estrategia para mejorar los sistemas de medicación. Sin embargo, no elimina todos los tipos de error e incluso puede generar otros [39]. La tecnología, una vez introducida, cambia las interacciones entre las personas y los elementos del sistema de trabajo, por lo que las nuevas condiciones también deberán ser analizadas desde la óptica de la ergonomía (diseño del sistema centrado en el ser humano).

Algunas tendencias tecnológicas que forman parte de la cuarta revolución industrial, como el internet de las cosas, megadatos y la inteligencia artificial se han ido integrando gradualmente en los servicios de salud, dando surgimiento a un nuevo paradigma, Healthcare 4.0 [40,41]. Esta transformación tecnológica brinda la posibilidad de coleccionar, almacenar y procesar grandes cantidades de datos provenientes de diferentes elementos en el sistema de cuidados de salud: pacientes, equipamientos, medicamentos, personal de la salud, entre otros. Este cambio de paradigma tecnológico abre las puertas a la introducción de

tecnologías de soporte humano que pueden ayudar a minimizar los errores de medicación.

Limitaciones y acciones futuras

En esta sección identificamos algunas limitaciones sobre el procedimiento presentado en este artículo, que ayudarán a sus usuarios potenciales a comprender el alcance y las barreras que pueden surgir durante su aplicación en campo.

Es posible que, en algunos contextos, los profesionales encargados de aplicar el procedimiento no cuenten ni con el conocimiento ni con el entrenamiento suficiente para usar adecuadamente las herramientas propuestas. Somos conscientes de que, en la actualidad, es escaso el número de programas y cursos para los profesionales de la salud donde se incluyan temas de ergonomía, a pesar del llamado realizado por la OMS en el año 2011 de incluir varios de estos temas en la estructura curricular de los profesionales de la salud [42]. Por lo anterior, esperamos que en la medida en que se creen nuevos cursos y programas de formación en ergonomía y seguridad del paciente en el sector sanitario, irá aumentando la masa de profesionales que potencialmente puedan usar el procedimiento propuesto. En este sentido, recomendamos que la aplicación del procedimiento en campo se haga bajo un enfoque participativo y con el liderazgo o apoyo de un ergónomo o personal formado en ergonomía.

Con la intención de ilustrar la aplicación del procedimiento, se incluyó en el artículo un caso de estudio ilustrativo. Sin embargo, en contextos reales, las situaciones de análisis son más complejas que las presentadas en el caso de estudio. Por ejemplo, se ha reconocido en la literatura que el trabajo por turno y en horarios atípicos, así como trabajar largas horas, pueden ocasionar fatiga en el personal de salud [43,44]. Elevados niveles de fatiga pueden, a su vez, provocar un deterioro del desempeño humano, asociado a procesos cognitivos como la memoria a corto plazo, el tiempo de reacción y el procesamiento y tratamiento de información, entre otros [45,46].

Este tipo de factores deberán ser considerados e incluidos en el análisis de situaciones reales en campo. También es conocido que otros aspectos, como la formación y el desarrollo de competencias de trabajo en equipo, son claves para asegurar un desempeño adecuado del personal de salud [47,48]. Estos elementos tampoco fueron explorados, debido a la limitada información contenida en el caso de estudio ilustrativo. Futuras investigaciones deberán interesarse por la influencia de estos factores en la ocurrencia de errores de medicación, lo que, unido a la experiencia obtenida de la aplicación en campo, permitirían refinar y extender el alcance del procedimiento propuesto.

Por otro lado, en este artículo no se profundiza sobre los posibles mecanismos cognitivos que inciden en el error, por lo que creemos que los elementos del modelo SRK (Skill, Rule and Knowledge) del desempeño humano desarrollado por Rasmussen [49] pudieran incorporarse en un futuro como parte del análisis. Este modelo propone tres niveles de desempeño cognitivo: nivel automatismo (*Skill*), nivel de reglas (*Rule*) y nivel de conocimientos (*Knowledge*). Los detalles de este modelo y su aplicación para entender los mecanismos cognitivos subyacentes a los errores humanos no forman parte del alcance de este artículo.

Finalmente, es necesario mencionar la importancia de incluir los aspectos éticos durante la aplicación en campo del procedimiento propuesto. Una intervención ergonómica participativa que involucre personal de la salud y pacientes deberá contar con el consentimiento voluntario de los participantes. Igualmente, el protocolo de intervención podría necesitar de la aprobación de un comité de ética, con el fin de asegurar el cumplimiento de los criterios de la ética de la investigación según la modalidad de intervención.

Conclusiones

En la actualidad, los errores de medicación constituyen un problema de salud pública a nivel global. Como consecuencia, los pacientes, los familiares y el personal de salud sufren afectaciones que pueden verse reflejadas en el aumento de las tasas de mortalidad, de los tiempos de hospitalización y de los costos médicos en los sistemas de salud.

El enfoque comúnmente usado para abordar los errores de medicación ha estado mayormente centrado en la culpabilización de las personas, demostrando ser una estrategia poco efectiva. En contraste, se ha reconocido que el mejor enfoque para tratar los errores de medicación es el enfoque centrado en el sistema, donde la aplicación de la ergonomía es clave, ya que se centra en optimizar las condiciones bajo las cuales los individuos trabajan, y en diseñar barreras y defensas para evitar errores y mitigar sus efectos.

El procedimiento propuesto en este artículo fue concebido para que los profesionales de la salud puedan generar acciones encaminadas a la prevención de los errores de medicación desde la perspectiva de la ergonomía. Una de las fortalezas del procedimiento es que incorpora métodos de análisis de fiabilidad humana ampliamente utilizados y validados en diferentes sectores, incluido el sector de la salud. La utilización sistemática del procedimiento propuesto puede contribuir a mejorar la seguridad del paciente y la calidad de los servicios de salud, disminuyendo los errores de medicación.

Por último, hay que mencionar que el procedimiento propuesto está alineado con la estrategia “Medicación

sin daños” impulsada por la OMS y en la que se promueven acciones centradas en la mejora de los sistemas y procesos relacionados con los errores de medicación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Fuentes de financiación

Este trabajo no contó con ninguna fuente de financiación.

Declaración de responsabilidad

El caso de estudio presentado en el artículo tiene como objetivo ilustrar la aplicación del procedimiento propuesto. El mismo no constituye un método de referencia para la administración de medicamentos. Los autores no se hacen responsables por el uso indebido en la práctica clínica de la información contenida en este artículo.

Contribución de los autores

Los autores cumplen los cuatro criterios de autoría según ICMJE.

Referencias

1. Sarter DDW, Sidney D, Richard C, et al. Behind Human Error. London: CRC Press; 2010.
2. Senders JW, Moray NP. Human error: Cause, prediction, and reduction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1991.
3. Reason J. Human error. New York, USA: Cambridge University Press; 1990.
4. Reason J. Human error: Models and management. *BMJ*. 2000;320(7237):768-70. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>
5. Reason J. Understanding adverse events: human factors. *Quality in Health Care*. 1995;4(2),80-89. DOI: <https://doi.org/10.1136/qshc.4.2.80>
6. Anderson JG, Abrahamson K. Your health care may kill you: Medical errors. *Stud Health Technol Inform*. 2017;234:13-7. DOI: <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-742-9-13>
7. Risk Analytica. The case for investing in patient safety in Canada [internet]; 2017 [citado 2019 nov. 15]. Disponible en: https://bit.ly/Canadian_Patient_Safety
8. World Health Organization (WHO). Patient Safety: Data and Statistics [internet]; 2019 [citado 2019 may. 24]. Disponible en: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/patient-safety/data-and-statistics>
9. Donaldson L. An organisation with a memory. *Clin Med (Lond)*. 2002;2(5):452-7. DOI: <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.2-5-452>
10. Lane R, Stanton NA, Harrison D. Applying hierarchical task analysis to medication administration errors. *Appl Er-*

- gon. 2006;37(5):669-79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.08.001>
11. Ferner RE, Aronson JK. Medication errors, worse than a crime. *Lancet*. 2000;355(9208):947-8. doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(00\)99025-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(00)99025-1)
 12. Aranaz-Andrés JM, Aibar-Remón C, Limón-Ramírez R, et al. Prevalence of adverse events in the hospitals of five Latin American countries: Results of the 'Iberoamerican study of adverse events' (IBEAS). *BMJ Quality & Safety*. 2011;20(12):1043-51.
 13. Machado-Alba JE, Moncada JC, Moreno-Gutiérrez PA. Errores de medicación en pacientes atendidos en servicios ambulatorios de Colombia, 2005-2013. *Biomédica*. 2016;36(2):251-7. doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i2.2693>
 14. Moscoso S, Parra C, et al. Prevención de errores de medicación en la dispensación de medicamentos a pacientes ambulatorios, Colombia junio 2014-junio 2015. *Vitae*. 2015;22(Supl. 1):S94-S96.
 15. Machado-Alba JE, Moreno-Gutiérrez PA, Moncada-Escobar JC. Hospital medication errors in a pharmacovigilance system in Colombia. *Farm Hosp*. 2015;39(6):338-49. doi: <https://doi.org/10.7399/fh.2015.39.6.8899>
 16. World Health Organization (WHO). Medication without harm- WHO Global Patient Safety Challenge. Geneva: World Health Organization; 2017.
 17. Holden RJ, Carayon P, Gurses AP, et al. SEIPS 2.0: A human factors framework for studying and improving the work of healthcare professionals and patients. *Ergonomics*. 2013;56(11):1669-86. doi: <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.838643>
 18. Hignett S, Carayon P, et al. State of science: Human factors and ergonomics in healthcare. *Ergonomics*. 2013;56(10):1491-503. doi: <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.822932>
 19. National Health Service (NHS). Developing a patient safety strategy for the National Health Service. Proposals for consultation. London: NHS Improvement; 2018.
 20. ISO, editor. Program of the ISO 2019: "New opportunities for new generations". 19th Annual Meeting of the International Society of Pharmacovigilance; 26th to 29th October; Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Farmacovigilancia; 2019.
 21. Torres Y, Nadeau S, Landau K. Application of human errors analysis in manufacturing: A proposed intervention framework and techniques selection. *Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft [Congress of the German Society of Ergonomics]*; feb. 27-mar. 1; Dresden, Germany: GfA-Press; 2019.
 22. Sharit J. Human error and human reliability analysis. In: Salvendy G, editor, *Handbook of human factors and ergonomics*, Fourth edition. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2012.
 23. Babu VR. 4 - Motion economy. In: Babu VR, editor. *Industrial engineering in apparel production*. New Delhi, India: Woodhead publishing India; 2012. pp. 47-62.
 24. Stanton NA. Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. *Appl Ergon*. 2006;37(1):55-79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.06.003>
 25. Anett J. Hierarchical task analysis. In: Hollnagel E, editor. *Handbook of cognitive task design*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 2003. pp. 17-35.
 26. Kirwan B. Human error identification in human reliability assessment. Part 1: Overview of approaches. *Applied Ergonomics*. 1992;23(5):299-318. doi: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(92\)90292-4](https://doi.org/10.1016/0003-6870(92)90292-4)
 27. Khandan M, Yusefi S, et al. SHERPA technique as an approach to healthcare error management and patient safety improvement: A case study among nurses. *Health Scope*. 2017;6(2):e37463. doi: <https://doi.org/10.5812/jhealthscope.37463>
 28. Embrey DE. SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach. *Proceedings of the International Topical Meeting on Advances in Human Factors in Nuclear Power Systems*, April 21-24; Knoxville, TN: American Nuclear Society; 1986. pp. 184-93.
 29. Embrey D. Application of SHERPA to predict and prevent use error in medical devices. *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care*. 2014;3(1):246-53.
 30. Embrey D, editor. *SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach to modelling and assessing human reliability in complex tasks*. 22nd European Safety and Reliability annual conference (ESREL 2013). Amsterdam: CRC Press; 2014.
 31. International Organization for Standardization (ISO). *ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. Geneva, Switzerland: ISO; 2018.
 32. MacLeod IS, Hone GN, Farmilo AJ, editors. *The HTA tool [Hierarchical Task Analysis]*. 2005 The IEE and MOD HFI DTC Symposium on People and Systems - Who Are We Designing For (Ref No 2005/11078); 2005 16-17 Nov.; 2005.
 33. Carraretto AR, Curi EF, Almeida CED de, Abatti REM. Ampolas de vidro: riscos e benefícios. *Rev Bras Anestesiol*. 2011;61(4):517-21. doi: <https://doi.org/10.1590/S0034-70942011000400013>
 34. Painchart L, Odou P, Bussièrès JF. Présence de particules associées à la préparation de médicaments provenant d'ampoules de verre : revue de littérature. *Ann. Pharm. Fr*. 2018;76(1):3-15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2017.07.002>
 35. Chiannikulchai N, Kejkornkaew S. Safety concerns with glass particle contamination: Improving the standard guidelines for preparing medication injections. *Int J Qual Health Care*. 2021;33(2). doi: <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzab091>
 36. Zhang Z, Qi Q. An efficient RFID authentication protocol to enhance patient medication safety using elliptic curve cryptography. *J Med Syst*. 2014;38(5):47. doi: <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0047-8>
 37. Pourasghar F, Tabrizi JS, Yarifard K. Design and development of a clinical risk management tool using Radio Frequency Identification (RFID). *Acta Inform Med*. 2016;24(2):111-5. doi: <https://doi.org/10.5455/aim.2016.24.111-115>
 38. Sharit J. Human error. In: Salvendy G, editor, *Handbook of human factors and ergonomics*, Third edition, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2006. pp. 708-60.
 39. Michalek C, Carson SL. La implementación de la administración de medicamentos con código de barras y las bombas de infusión inteligentes es sólo el comienzo del camino seguro para prevenir los errores de administración. *Farm Hosp*. [internet]. 2020 {citado 2020 jul. 4}; 44(3):114-21. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1130-634320200003000008&script=sci_arttext&tlng=es
 40. Thuemmler C. The Case for Health 4.0. In: Thuemmler C, Bai C, editors. *Health 40: How virtualization and big data are revolutionizing healthcare*. Cham: Springer International Publishing; 2017. pp 1-22.
 41. Manogaran G, Thota C, et al. Big data security intelligence for Healthcare Industry 4.0. In: Thames L, Schaefer D, editors. *Cybersecurity for industry 40: Analysis for design and manufacturing*. Cham: Springer International Publishing; 2017. pp. 103-26.

42. World Health Organization (WHO). Patient safety curriculum guide: Multi-professional edition. Geneva: WHO [internet]; 2011[citado 2020 jul. 4]. Disponible en: <https://bit.ly/3feRcnf>
43. Yumang-Ross DJ, Burns C. Shift work and employee fatigue: Implications for occupational health nursing. *Workplace Health Saf.* 2014;62(6):256-61. DOI: <https://doi.org/10.1177/216507991406200606>
44. Jehan S, Zizi F, Pandi-Perumal SR, et al. Shift work and sleep: Medical implications and management. *Sleep Med Disord.* 2017;1(2):00008.
45. Williamson A, Lombardi DA, Folkard S, et al. The link between fatigue and safety. *Accid Anal Prev.* 2011;43(2):498-515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.11.011>
46. Kaliyaperumal D, Elango Y, et al. Effects of sleep deprivation on the cognitive performance of nurses working in shift. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(8):CC01-CC3. DOI: <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26029.10324>
47. Tannenbaum SI, Traylor AM, et al. Managing teamwork in the face of pandemic: Evidence-based tips. *BMJ Qual Saf.* 2020;30(1):59-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjqs-2020-011447>
48. Garden AL, Le Fevre DM, et al. Debriefing after simulation-based non-technical skill training in healthcare: A systematic review of effective practice. *Anaesth Intensive Care.* 2015;43(3):300-8. DOI: <https://doi.org/10.1177/0310057X1504300303>
49. Rasmussen J. Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics.* 1983;SMC-13(3):257-66. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMC.1983.6313160>

