

dx.doi.org/10.17488/RMIB.41.1.6

E-LOCATION ID: 1023

Criterios Ergonómicos para el Diseño de Quirófanos

Ergonomic Criteria for Operating Room Design

D. Cortés-Sáenz, D. J. Carrizosa-Morales, C. O. Balderrama-Armendáriz, A. A. De la Torre-Ramos, F. E. Aguirre-Escárcega

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

El personal involucrado en el área quirúrgica se ve afectado con lesiones musculoesqueléticas por esfuerzos y movimientos repetitivos acumulados. La gravedad de sus lesiones está dada en función de las posturas de trabajo, la especialidad quirúrgica y la disposición de los elementos con los que interactúa. La ergonomía ha tomado relevancia ya que ha hecho aportes muy importantes para las condiciones de trabajo en diferentes áreas. Aun cuando en la literatura se pueden encontrar diversas investigaciones de la frecuencia y los efectos de las lesiones ocupacionales en el personal del área quirúrgica, escasos estudios han propuesto pautas para el diseño ergonómico de quirófanos. El presente estudio engloba cuatro criterios ergonómicos que deben considerarse para el diseño de quirófanos.

PALABRAS CLAVE: diseño ergonómico; diseño de quirófanos; espacio de trabajo

ABSTRACT

Personnel involved in the surgical area are affected with musculoskeletal injuries due to accumulated repetitive stress and movements. The severity of the injuries is given according to the work postures, the surgical specialty and the arrangement of the elements in the operating room. Ergonomics has become relevant since it has made very important contributions to working conditions in different areas. Although in the literature investigations of the frequency and effects of occupational injuries on surgical staff can be found, few studies have proposed guidelines for the ergonomic design of operating rooms. The present study encompasses four ergonomic criteria that should be considered for the design of operating rooms.

KEYWORDS: ergonomic design; OR design; workplace design

Correspondencia

DESTINATARIO: David Cortés Sáenz
INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
DIRECCIÓN: Av. Del Charro #450 Norte, Col. Partido
Romero, IADA Edificio de Posgrado G1-108, C. P. 32310,
Ciudad Juárez, Chihuahua, México
CORREO ELECTRÓNICO: david.cortes@uacj.mx

Fecha de recepción:

15 de junio de 2019

Fecha de aceptación:

12 de enero de 2020

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud calcula que en el mundo se realizan cada año 234 millones de operaciones de cirugía mayor, lo que equivale a un procedimiento por cada 25 personas ^[1]. La cirugía es intrínsecamente estresante, y la seguridad del paciente puede verse comprometida cuando las condiciones operativas exigentes precipitan el deterioro del rendimiento técnico y no técnico ^[2]. Existen diversas normativas emitidas por instituciones gubernamentales y autorizadas para establecer y controlar los procedimientos que se llevan a cabo en un quirófano ^[3] ^[4] ^[5] ^[6] sin embargo estas no consideran la distribución ni el diseño de los espacios de trabajo. El diseño de un quirófano requiere una comprensión profunda de los roles y procesos de cuidados críticos, la tecnología y el equipo utilizado durante la atención ^[7]. Las decisiones tomadas durante el proceso de diseño del establecimiento de atención médica tienen el potencial de crear condiciones latentes que pueden afectar negativamente las prácticas laborales de los médicos y contribuir a resultados adversos ^[7]. El personal dedicado al cuidado de la salud es el colectivo mayormente afectado con lesiones musculoesqueléticas (LME) por esfuerzos y movimientos repetitivos acumulados ^[8] ^[9]. De acuerdo con ^[10], la gravedad de la lesión está dada en función de las posturas de trabajo (estáticas o dinámicas), la especialidad quirúrgica, la modalidad de la técnica quirúrgica (abierta o mínimamente invasiva), la disposición y altura de las mesas de trabajo. Varios factores, como la imposibilidad de ajustar la altura de la mesa de operaciones, la posición incorrecta de monitores y el diseño inapropiado de los instrumentos quirúrgicos pueden desencadenar esta situación ^[11]. La ergonomía según la Sociedad de Ergonomistas de México, A.C. es la disciplina científica relacionada con el conocimiento de la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema; aplica datos y métodos para diseñar máquinas, herramientas y la forma en que se desempeñan las labores para mantener la presión del trabajo en el cuerpo a un nivel mínimo.

Esta disciplina ha tomado mucha relevancia ya que ha hecho aportes muy importantes para las condiciones de trabajo en diferentes áreas. Aun cuando en la literatura se pueden encontrar diversas investigaciones de la frecuencia y los efectos de las LME ocupacionales en el personal interviniendo en un quirófano ^[12] ^[13], escasos estudios han propuesto pautas para el diseño ergonómico de las áreas quirúrgicas. Tras una revisión de diversos trabajos recientes en la literatura que abordan los factores asociados con lesiones musculoesqueléticas del personal en el área quirúrgica, el presente estudio engloba cuatro criterios ergonómicos que deben considerarse para el diseño de quirófanos.

METODOLOGÍA

A fin de proponer los criterios ergonómicos para el diseño de quirófanos, este estudio se dividió en tres etapas como se observa en la Figura 1.



FIGURA 1. Esquema general de la metodología.

En la primera etapa se investigaron diversos autores que abordan los principios ergonómicos para el diseño de espacios de trabajo. El estudio consideró primeramente la ergonomía del cuerpo humano. Se revisaron los fundamentos de la antropometría en el diseño de estaciones de trabajo y los procedimientos para el diseño antropométrico. Se estudió la postura de trabajo haciendo énfasis en los diseños ergonómicos que tienen un efecto en la postura al realizar una tarea. Asimismo, se revisó la correcta manipulación de elementos en el área de trabajo y el diseño ergonómico de las herramientas que se utilizan. Se consideraron estrategias para minimizar la fatiga. A partir del análisis de los principios ergonómicos, en la segunda etapa se fundamentaron, resumieron y estructuraron cuatro criterios ergonómicos que se pueden considerar en el diseño de quirófanos. Para esto se realizó una revisión

de trabajos recientes en la literatura que abordaban retos y propuestas para el diseño de quirófanos. Los estudios incluyeron la evaluación de metodologías para la reducción de LME, la evaluación antropométrica de diversas áreas en el quirófano y estudios observacionales para el diseño del entorno quirúrgico. Finalmente en la tercera etapa se presentan algunos ejemplos de diseños ergonómicos en la literatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Revisión de principios ergonómicos

La Tabla 1 muestra un resumen de los principios ergonómicos de diversos autores [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19].

Los principios 1 y 2 se relacionan con el **diseño antropométrico**, de manera general destacan la importancia de contar con alturas apropiadas para cada actividad, pudiendo utilizar partes del cuerpo como referencia. Los principios 3 y 4 tratan sobre la **postura correcta de trabajo**, las condiciones laborales que deben adaptarse y los cambios de postura. Referente a la **minimización de la fatiga**, los principios 5 al 10 abordan la disminución del esfuerzo requerido para realizar una tarea distribuyendo la presión de manera uniforme para evitar problemas relacionados al flujo de sangre y a los nervios, evitando sobrecargar las capacidades físicas y mentales.

Finalmente los principios 11 al 16 enfatizan la **importancia de facilitar un entorno confortable** para la realización de tareas. Destacan cómo mejora el desempeño del trabajador en el entorno laboral al disponer de espacios, equipos y un ambiente apropiado.

A continuación se presentan los cuatro criterios ergonómicos basados en los principios estudiados.

Diseño antropométrico

En el diseño de productos, espacios, equipamiento y mobiliario, se debe considerar la diversidad de características físicas y habilidades de los usuarios, conciliando todos los requerimientos especiales que esto implica.

TABLA 1. Resumen de principios ergonómicos para el diseño de espacios de trabajo.

Principios ergonómicos	Autores						
	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
1 Utilizar el codo como altura de referencia					*	*	
2 Alturas apropiadas para cada actividad	*		*	*	*		
3 Posición correcta para cada labor	*		*			*	*
4 Ajuste y cambio de postura	*		*	*	*	*	*
5 Mantener todo al alcance			*	*	*	*	
6 Minimizar la fatiga		*	*	*		*	
7 Reducir repeticiones excesivas	*	*				*	
8 Reducir fuerzas excesivas			*	*			*
9 Minimizar los puntos de presión			*	*		*	
10 Minimizar la presión de agarre					*	*	
11 Mejorar la organización de trabajo		*				*	*
12 Ambiente confortable			*	*	*	*	
13 Equipamiento apropiado en el espacio de trabajo	*			*		*	
14 Mobiliario apropiado en el espacio de trabajo	*	*			*		
15 Buen acceso visual			*			*	*
16 Disponer de espacios y accesos	*				*	*	

La esencia de la antropometría es la búsqueda de la adaptación física entre el cuerpo humano en actividad y los diversos componentes del espacio que lo rodean [20]. Para diseñar para una población de usuarios es necesario primero especificar dicha población y entonces diseñar para acomodar el mayor rango posible, normalmente el 90% de los usuarios, y sus mediciones caerán en un rango de ± 1.65 desviaciones estándar del promedio [21] [22]. A pesar de los grandes avances en la tecnología médica, frecuentemente la tecnología misma o los espacios para su uso en el qui-

rófono no están adaptados antropométricamente. Por ejemplo, el diseño de la sala de operaciones favorece mayormente a los cirujanos más altos. En un modelo simulado de la interacción entre la altura de la mesa y el diseño del mango de un instrumento laparoscópico, se demostró que la mesa de quirófono tradicional, ajustable entre 73 y 122 cm, es demasiado alta para el 95% de los cirujanos que realizan procedimientos laparoscópicos. De manera similar, se demostró que la posición tradicional del monitor a una altura fija de 150 cm sobre el piso, está muy desalineada para una visualización ergonómica óptima de "mirar hacia abajo" [23].

Una estación de trabajo basada en el diseño antropométrico debería considerar al menos los siguientes puntos [22]:

- a. **Caracterizar a la población usuaria.** Se deben considerar los datos antropométricos disponibles y evaluar si estos pueden ser usados en la población actual, de lo contrario se deben realizar mediciones de acuerdo con el personal que estará involucrado.
- b. **Determinar los rangos percentiles.** Si los usuarios dominantes son hombres o mujeres, es sensato diseñar considerando al género dominante utilizando medidas masculinas o femeninas aplicando los percentiles 5 y 95. Sin embargo, estos percentiles deben asegurar que las personas pequeñas alcancen y las altas se puedan ajustar. Para definir las dimensiones mínimas, se elige un valor percentil alto de una dimensión antropométrica apropiada. Por ejemplo, el ancho de un asiento no debe ser más estrecho que el mayor ancho de cadera en la población objetivo. Por el contrario, para definir las dimensiones máximas, se elige un percentil bajo, asegurando, por ejemplo, que una persona de baja estatura pueda apoyar los pies en el suelo mientras está sentada.

- c. **Considerar las distancias del espacio de trabajo.** Además del cálculo de los percentiles de los usuarios se deben considerar las mediciones del mobiliario mismo, grosores y distancias entre el usuario y los elementos con los que interactuará. Se deben especificar distancias de alcance para asegurar que los controles y otros objetos de trabajo son colocados dentro de una zona de alcance conveniente.
- d. **Considerar aspectos dinámicos.** Es importante destacar que, en el diseño final de los espacios de trabajo, los datos antropométricos se verán limitados sin un análisis de las tareas que se realizan. Los datos antropométricos son estáticos y en la práctica existen muchos elementos dinámicos. Se puede construir una maqueta a escala real de cartón o espuma de poliestireno. El propósito es que personas de diferentes tamaños prueben la estación de trabajo moviendo sus cuerpos simulando las tareas.

Postura de trabajo

En un quirófono existen tres posturas de trabajo: de pie, sentado o una combinación de ambas. De pie es la posición de elección para muchas tareas que se realizan en el quirófono, el alcance es mayor y se requiere menos espacio de trabajo. Esta posición se adopta por cortos periodos de tiempo, requiriendo descansos, de lo contrario es fisiológica y mecánicamente inaceptable [21]. La operación repetitiva de herramientas puede conducir a malas posturas de trabajo y frecuentes movimientos incómodos, requiere un exceso de fuerza o posturas fijas que pueden causar trastornos en el cuello, espalda, brazos y muñecas. A fin de mejorar la postura de trabajo, se enlistan algunas consideraciones ergonómicas [17]:

- a. **Espacio de trabajo.** Se debe proporcionar suficiente espacio para mantener posturas y pies estables durante el uso de herramientas. El suelo

debe ser plano y no resbaladizo, debe existir suficiente espacio para las rodillas y pies, a fin de permitir una postura estable cerca del punto de operación.

b. **Movimiento de objetos.** El diseño debe permitir al trabajador mover objetos de un lugar a otro mientras mantiene una postura natural, o alcanzar objetos sin necesidad de inclinarse. En ambos casos es necesario asegurar que el área esté libre de obstáculos.

c. **Agarres del instrumental.** Un elemento fundamental es el diseño ergonómico de los agarres del instrumental quirúrgico. Además de mejorar el rendimiento y eficacia de la cirugía, disminuye la sobrecarga en las articulaciones, ligamentos y músculos de los miembros superiores, esto evita posturas forzadas y movimientos repetitivos [24]. En [22] se pueden encontrar guías para el diseño de herramientas manuales de manera general, de precisión y de potencia.

d. **Uso de pedales.** En ocasiones el uso de pedales sustituye a los controles manuales, sobre todo cuando se llevan a cabo procedimientos donde ambas manos están ocupadas. Sin embargo, los pedales a menudo requieren mantener una postura especial y, por lo tanto, restringen el movimiento. Se debe evitar la mayor cantidad posible de pedales que son operados repetidamente por un solo pie, deberán estar ubicados al nivel del piso para evitar posiciones incómodas del pie y ser lo suficientemente grandes para adaptarse a la planta del pie.

e. **Referencias antropométricas.** Todas las operaciones importantes y frecuentes deben realizarse cerca y delante del cuerpo, y alrededor o ligeramente por debajo del nivel del codo. Las alturas óptimas para las operaciones de trabajo frecuen-

tes son: para el trabajo de pie entre el nivel de la cintura y el nivel del corazón; para trabajar sentado entre el codo y el corazón.

f. **Cambio de postura.** Es natural que el personal se canse si las operaciones de trabajo siempre se realizan en la misma posición, incluso si la posición es óptima. Las variaciones en la postura de trabajo son esenciales, por lo tanto, se deben asegurar sillas de descanso ocasional para las intervenciones de pie. También deben asegurarse tareas que permitan levantarse ocasionalmente si se realizan procedimientos en posición sentado por periodos largos de tiempo.

Minimizar la fatiga

Para el personal interviniendo en quirófano, la fatiga arriesga las capacidades perceptivas y aumenta la posibilidad de errar al decidir, reduciendo la probabilidad de dar respuestas apropiadas [25]. Además de las pausas intermitentes, si el diseño de quirófanos tiene consideraciones ergonómicas, éstas deberían reducir o eliminar la fatiga y otras alteraciones producidas por sobrecarga física durante las actividades [26]; a continuación, ciertas consideraciones para reducir la fatiga.

a. **Todo al alcance.** Mantener al alcance herramientas, partes, productos y otros elementos que son de uso frecuente de acuerdo con los procedimientos que se realizan, además de facilitar el trabajo y reducir el tiempo, minimizará la fatiga al evitar que el personal tenga que torcerse, inclinarse o someterse algún tipo de tensión. Los artefactos que se usan con frecuencia o que son de especial importancia deben colocarse en posiciones prominentes, por ejemplo, en el centro de la superficie de trabajo o cerca de la mano dominante. Cuando un procedimiento particular siempre se ejecuta en orden secuencial, los artefactos involucrados deben organizarse de acuerdo con este orden y agruparse de acuerdo con su función [27].

b. **Disposición y configuración de zonas.** El movimiento excesivo e innecesario debido a las largas trayectorias de viaje puede causar fatiga, retrasar el cumplimiento de la tarea u obstaculizar el rendimiento general. La disposición y configuración de zonas puede afectar qué tan lejos necesitan viajar y con qué frecuencia. Una proximidad adecuada de las zonas de inicio y finalización de actividades reducirá la fatiga y mejorará el rendimiento del personal.

c. **Sillas de soporte.** Para algunos procedimientos, donde el cirujano debe mantener una postura recta y estática por periodos largos de tiempo (como la cirugía laparoscópica), el uso de sillas que ayuden a dar soporte al cuerpo del cirujano ha demostrado reducir de manera efectiva la actividad muscular y la incomodidad [28]. Este tipo de sillas, dependiendo de su diseño, pueden proporcionar soporte ergonómico para el pecho, las extremidades y la espalda. Por ejemplo, las sillas para descanso ocasional, deben disponer de un respaldo que pueda reclinarse, el respaldo debe proporcionar un soporte lumbar y el asiento debe poder inclinarse hacia adelante [14].

Diseño del entorno

Además de contar con un adecuado espacio de trabajo y tener un fácil acceso a cualquier área, la mejor práctica para el diseño quirófanos sugiere líneas de visión claras, visibilidad del campo quirúrgico y diseño ergonómico de monitores de información clave [29]. Algunos quirófanos se pueden configurar para adaptarse a la tecnología, pero esto no siempre es posible, dependiendo del tipo de cirugía, la posición de las salas de preparación y la sala de anestesia, y la dinámica del flujo del paciente. Esto puede provocar un acceso difícil a los monitores y controles, un mayor riesgo de tropiezos y restricciones o desconexiones [30]. La ubicación de la zona del equipo (en particular, la mesa quirúrgica), unidades de comunicación, computadoras y

puertas son importantes para la eficiencia y la eficacia del flujo de trabajo del personal [31]. Aunado a esto, los humanos a menudo no se desempeñan correctamente en condiciones menores a las ideales. La mala iluminación, el exceso de calor, frío o humedad dificulta el trabajo efectivo [15]. A continuación, se enlistan diversas consideraciones ergonómicas para el diseño del entorno quirúrgico:

a. **Accesos al quirófano.** Un problema común en la mayoría de los quirófanos es la frecuente apertura y cierre de puertas. El flujo de aire en el quirófano está cuidadosamente diseñado para alejar los contaminantes del sitio quirúrgico a partes menos estériles, sin embargo, las aperturas frecuentes de las puertas pueden interrumpir e incluso revertir el flujo de aire direccional [29], pueden provocar interrupciones del flujo quirúrgico, que son eventos con diferentes niveles de gravedad que interrumpen el flujo de trabajo del personal o el procedimiento quirúrgico. Algunas de las estrategias que pueden ayudar a reducir las aperturas de puertas [32] son la mejora de tecnologías de comunicación, almacenamiento en el quirófano, tarjetas de preferencia, circulación eficiente fuera del quirófano, esto debido a que el personal externo al equipo quirúrgico suele utilizar las puertas para proporcionar suministros o mantener conversaciones relacionadas o no con la cirugía. También para reducir la duración excesiva de la apertura, se pueden utilizar puertas inteligentes donde el botón automático se comunica con un sensor y cierra la puerta fácilmente después de que se despeja.

b. **Tamaño del quirófano.** El espacio inadecuado en el quirófano puede dar lugar a condiciones ergonómicas inadecuadas para el personal, eventos adversos de seguridad del paciente, escasez de almacenamiento y desorden [29]. Los quirófanos tienen una serie de zonas (generalmente de anes-



FIGURA 2. Representación gráfica de los criterios ergonómicos para el diseño de quirófanos.

tesia, de circulación y la zona estéril) en función de las actividades clave que tienen lugar en esa zona en particular. Sin embargo, dependiendo del tipo de cirugía estas zonas pueden aumentar. De acuerdo con estas zonas y la ubicación de los materiales, se puede lograr un diseño ideal aumentando el tamaño quirófano para acomodar más equipos y equipos más grandes [33], pero se requiere un enfoque analítico para tener una idea del rendimiento del diseño. El uso de modelos de simulación y técnicas cuantitativas juega un papel crucial [34] [35].

c. **Campo de visión.** Las decisiones clave sobre la colocación de mobiliario, equipos y pantallas de visualización deben basarse en un análisis ergo-

nómico de las líneas de visión en el quirófano bajo diferentes configuraciones de equipo quirúrgico y para diversos procedimientos quirúrgicos [29]. Algunas posibles soluciones a los desafíos relacionados con el campo visual son [34]: una pantalla adicional montada en la pared frente al cirujano y en su línea de visión, un claro indicador de la temperatura ambiente cuando está dentro de la habitación, demarcación del piso que indica dónde deben ir los equipos o las personas, una reconsideración de la orientación y ubicación de la estación de trabajo de enfermería.

d. **Ambiente confortable** [29]. La mala calidad de la iluminación y la mala ergonomía de los sistemas de iluminación quirúrgica pueden obstaculizar el

rendimiento del personal quirúrgico [36]. Los quirófanos requieren iluminación quirúrgica especializada para realizar cirugías, así como luz ambiental en la sala fuera del campo quirúrgico [37]. El diseño del sistema de ventilación y la calidad del aire son factores críticos que afectan la seguridad del paciente y del personal en el quirófano, muchos estudios se han centrado en los sistemas de ventilación de flujo laminar con impactos en los recuentos bacterianos e infecciones del sitio quirúrgico. La temperatura en el quirófano, junto con la humedad y el flujo de aire, contribuye a un ambiente de trabajo cómodo y seguro. Los estudios sobre el confort térmico en el quirófano muestran que el personal prefiere un rango diverso de temperaturas. Una directriz son las normativas en cada país para regular el rango de temperaturas recomendadas en los quirófanos. Además de causar distracción, el ruido puede dificultar otros procesos mentales y psicológicos entre los miembros del equipo quirúrgico que pueden afectar su capacidad de responder rápidamente a las necesidades del paciente en el quirófano. Estrategias de diseño ambiental, como el uso de paneles de techo con absorción de sonido, a diferencia de las que reflejan el sonido, mejoran la experiencia laboral del personal al reducir la presión y la tensión percibidas.

La Figura 2 muestra una representación gráfica de los criterios ergonómicos propuestos.

Ejemplos de diseños ergonómicos en quirófanos

La Tabla 2 presenta algunos ejemplos de aportaciones que se han hecho en la literatura de diseños ergonómicos implementados en los quirófanos. De manera general son escasas las investigaciones que abordan este tipo de diseños, sin embargo sus resultados son muy prometedores al demostrar grandes mejoras con la implementación de metodologías y dispositivos sencillos.

TABLA 2. Ejemplos de diseños ergonómicos en quirófanos.

Autores	Aportaciones
[7]	Presenta una metodología para optimizar la distribución espacial de la sala de operaciones para mejorar los flujos de trabajo.
[10]	Se identifican factores de riesgo asociadas a las posturas del personal quirúrgico.
[12]	Se recomiendan mejoras ergonómicas en el diseño de instrumentación y el uso de guantes.
[23]	Se propone el rediseño de mangos de instrumentos laparoscópicos para mujeres.
[24]	Se establece la altura del codo del cirujano como referencia para determinar la altura de la mesa de operaciones en cirugía laparoscópica.
[28]	Se desarrolló la silla ETHOS que permite al cirujano operar sentado en una posición cómoda con soporte en el pecho, brazos y espalda para minimizar la fatiga.
[29]	Se recomienda posicionar el monitor a la altura de los ojos para disminuir la tensión muscular.
[30]	El dispositivo Maquet Flow-i ofrece flexibilidad de ajustes para personas diestras en equipos de anestesia.
[35]	Se propone un modelo de simulación del flujo de tráfico de personal, pacientes, equipos y materiales en la sala de operaciones.
[38]	Se propone el dispositivo BetterBack para mejorar la postura para disminuir el dolor en la región lumbar.

CONCLUSIONES

Tras el análisis de diversos principios ergonómicos para el diseño de espacios de trabajo, en este artículo se propusieron cuatro criterios para el diseño de quirófanos. Se expuso la importancia de considerar la diversidad de características físicas y habilidades del personal en el área quirúrgica, conciliando todos los requerimientos especiales que esto implica. Además se presentaron diversas estrategias que ayudan a mejorar la postura de trabajo en el quirófano.

Asimismo, se establecieron algunas pautas para mejorar el rendimiento del personal a través de la mejora del entorno y las condiciones ambientales. Se presentaron escasas aportaciones de diseños ergonómicos en la literatura. La mayoría de los estudios revisados se limitan a destacar los principales factores causantes de fatiga y lesiones musculoesqueléticas en el personal del área quirúrgica. Todos enfatizan la necesidad de implementar acciones correctivas considerando el diseño ergonómico, sin embargo no proponen guías para la implementación de estos.

REFERENCIAS

- [1] Thomas G Weiser, Alex B haynes, George Molina, Stuart R Lipsitz, Micaela M esquivel O. Size and distribution of the global volume of surgery in 2012 [Internet]. World Health Organization 2016 p. 201-9. Available from: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.15.159293>
- [2] Modi HN, Singh H, Fiorentino F, Orihuela-Espina F, Athanasios T, Yang GZ, et al. Association of Residents' Neural Signatures with Stress Resilience during Surgery. *JAMA Surg* [Internet]. 2019;154(10). Available from: [10.1001/jamasurg.2019.2552](https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.2552)
- [3] Salud OM de la. Lista OMS de verificación de la seguridad de la cirugía manual de aplicación: la cirugía segura salva vidas [Internet]. La cirugía segura salva vidas. Ginebra, Suiza; 2008. Available from: https://www.who.int/patientsafety/safesurgery/ssl_brochure_spanish.pdf
- [4] CENETEC. Guía Tecnológica No. 14 Lámparas Quirúrgicas [Internet]. 2005. Available from: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/14gt_lamparasquirurgicas.pdf
- [5] Fajardo Dolci GE. NORMA Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2012 [Internet]. 2012. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284306&fecha=08/01/2013
- [6] Lozano Alarcón J. NOM 001 ARTICULO 517-INSTALACIONES EN LUGARES DE ATENCION DE LA SALUD [Internet]. Diario Oficial de la Federación 2012 p. 37-9. Available from: http://www.diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280615&fecha=29/11/2012
- [7] Bayramzadeh S, Joseph A, Allison D, Shultz J, Abernathy J. Using an integrative mock-up simulation approach for evidence-based evaluation of operating room design prototypes. *Appl Ergon* [Internet]. 2018;70(August 2017):288-99. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.03.011>
- [8] Schuh-Renner A, Canham-Chervak M, Hearn DW, Loveless PA, Jones BH. Factors Associated With Injury Among Employees at a U.S. Army Hospital. *Work Heal Saf*. 2018;66(7):322-30.
- [9] Breslin FC, Dollack J, Mahood Q, Maas ET, Laberge M, Smith PM. Are new workers at elevated risk for work injury? A systematic review. *Occup Environ Med* [Internet]. 2019;1-8. Available from: <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105639>
- [10] Velasco-Rey KM. Análisis de las posturas adoptadas por instrumentadores quirúrgicos durante cirugía. *Rev Salud Publica*. 2017;19(1):181-90.
- [11] Ordóñez-Ríos M, Salamea JC, Robles-Bykbaev V. Anthropometric Evaluation and Operation Room Design Analysis for Laparoscopic Surgeries in Cuenca, Ecuador. In: Rebelo F, Soares MM, editors. *Advances in Ergonomics in Design* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 190-200. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-319-94706-8_22
- [12] Janki S, Mulder EEAP, IJzermans JNM, Tran TCK. Ergonomics in the operating room. *Surg Endosc* [Internet]. 2017;31(6):2457-66. Available from: [10.1007/s00464-016-5247-5](https://doi.org/10.1007/s00464-016-5247-5)
- [13] Dąbek J, Piotrkowicz J, Korzeń D, Gąsior Z. Knowledge and use of ergonomic principles in physicians and nurses with low back pain. *Heal Probl Civiliz* [Internet]. 2019;13(3):217-24. Available from: [10.5114/hpc.2019.81342](https://doi.org/10.5114/hpc.2019.81342)
- [14] Salvendy G. *Handbook of Human Factors and Ergonomics: Fourth Edition* [Internet]. *Handbook of Human Factors and Ergonomics: Fourth Edition*. 2012. Available from: [10.1002/9781118131350](https://doi.org/10.1002/9781118131350)
- [15] MacLeod D. *The Ergonomics Kit for General Industry* [Internet]. London: CRC Press Taylor & Francis; 2006. 350 p. Available from: <https://www.crcpress.com/The-Ergonomics-Kit-for-General-Industry/MacLeod/p/book/9780849370298>
- [16] MacLeod D. *The Ergonomics Edge: improving safety, quality, and productivity* [Internet]. Wiley; 1995. 288 p. Available from: <https://www.wiley.com/en-us/search?pq=The+ergonomics+Edge%3A+Improving+Safety%2C+Quality%2C+and+Productivity%7Crelevance>
- [17] Office IL. *Ergonomic Checkpoints* [Internet]. Vol. 66. Geneva, Switzerland; 2010. 37-39 p. Available from: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-/ed_protect/-/protrav/-/safework/documents/instructionalmaterial/wcms_178593.pdf
- [18] United States Ergonomics. Office Ergonomics [Internet]. *Workplace Ergonomics*. 2019. Available from: <https://us-ergo.com/workplace-ergonomics/office-ergonomics/>
- [19] Dennerlein JT. Ergonomics/musculoskeletal issues. *Int Encycl Public Heal* [Internet]. 2008;443-52. Available from: [10.1016/B978-012373960-5.00288-4](https://doi.org/10.1016/B978-012373960-5.00288-4)
- [20] Balderrama Armendáriz CO, Valdovinos Rodríguez SE. Ergonomía en el diseño gráfico e industrial [Internet]. 1st ed. Ciudad Juárez, Chihuahua, México: UACJ; 2011. 212 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/330822208_Ergonomia_en_el_Disenio_Grafico_e_Industrial
- [21] Bridger RS. *Introduction to ergonomics*. Third Edit. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis; 2009. 776 p.
- [22] Helander M. *A Guide to Human Factors and Ergonomics*. Second. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis; 2006. 388 p.
- [23] Sutton E, Irvin M, Zeigler C, Lee G, Park A. The ergonomics of women in surgery. *Surg Endosc* [Internet]. 2014;28(4):1051-5. Available from: [10.1007/s00464-013-3281-0](https://doi.org/10.1007/s00464-013-3281-0)
- [24] Pérez-Duarte FJ, Sánchez-Margallo FM, Díaz-Güemes Martín-Portugués I, Sánchez-Hurtado M ángel, Lucas-Hernández M, Usón Gargallo J. Ergonomía en cirugía laparoscópica y su importancia en la formación quirúrgica. *Cir Esp* [Internet]. 2012;90(5):284-91. Available from: [10.1016/j.ciresp.2011.04.021](https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.04.021)
- [25] Catchpole K. Surgery Through a Human Factors and Ergonomics Lens. In: *Surgical Patient Care* [Internet]. 2017. p. 39-50. Available from: [10.1007/978-3-319-44010-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-44010-1)
- [26] Velasco KM. Ergonomía en instrumentación quirúrgica Introducción. *Repert Med y Cirugía* [Internet]. 2013;22(3):168-76. Available from: https://www.fucsalud.edu.co/sites/default/files/2017-09/168-176_0.pdf
- [27] Marmaras N, Nathanael D. *Workplace Design*. In: *Handbook of Human Factors and Ergonomics* [Internet]. 2012. p. 599-615. Available from: [10.1002/9781118131350](https://doi.org/10.1002/9781118131350)
- [28] Huh J, Sehr D, Molina WR, Kim HJ, Turner CD, Kim FJ. A novel ergonomic surgical chair for laparoscopic pelvic surgery: Initial experience. *J Endourol* [Internet]. 2011;37(4):455-60. Available from: [10.1590/s1677-55382011000400003](https://doi.org/10.1590/s1677-55382011000400003)

- [29] Joseph A, Bayramzadeh S, Zamani Z, Rostenberg B. Safety, Performance, and Satisfaction Outcomes in the Operating Room: A Literature Review. *Heal Environ Res Des J* [Internet]. 2018;11(2):137-50. Available from: [10.1177/1937586717705107](https://doi.org/10.1177/1937586717705107)
- [30] Broadway JW, Bostock GD, Driver IK. Right- or left-handed anaesthesia workstations - a safety issue. *Anaesthesia* [Internet]. 2017;72(3):410-1. Available from: <https://doi.org/10.1111/anae.13815>
- [31] Bayramzadeh S, Joseph A, San D, Khoshkenar A, Taaffe K, Jafarifiroozabadi R, et al. The Impact of Operating Room Layout on Circulating Nurse's Work Patterns and Flow Disruptions: A Behavioral Mapping Study. *Heal Environ Res Des J*. 2018;11(3):124-38.
- [32] Mousavi ES, Jafarifiroozabadi R, Bayramzadeh S, Joseph A, San D. An observational study of door motion in operating rooms. *Build Environ* [Internet]. 2018;144(August):502-7. Available from: [10.1016/j.buildenv.2018.08.052](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.052)
- [33] Schneider G. Designing the molecular future. *J Comput Aided Mol Des* [Internet]. 2012;26(1):115-20. Available from: [10.1007/s10822-011-9485-2](https://doi.org/10.1007/s10822-011-9485-2)
- [34] Watkins N, Kobelja M, Peavey E, Thomas S, Lyon J. An evaluation of operating room safety and efficiency: pilot utilization of a structured focus group format and three-dimensional video mock-up to inform design decision. *HERD* [Internet]. 2011;5(1):6-22. Available from: [10.1177/193758671100500102](https://doi.org/10.1177/193758671100500102)
- [35] Khoshkenay A, Taaffe K, Muhs M, Fredendall L, Ferrand Y, Joseph A. SIMULATION-BASED DESIGN AND TRAFFIC FLOW IMPROVEMENTS IN THE OPERATING ROOM. In: Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference [Internet]. 2017. p. 2975-83. Available from: [10.1109/WSC.2017.8248019](https://doi.org/10.1109/WSC.2017.8248019)
- [36] Conrad C, Konuk Y, Werner PD, Cao CG, Warshaw AL, Rattner DW, et al. A Quality Improvement Study on Avoidable Stressors and Countermeasures Affecting Surgical Motor Performance and Learning. *Ann Surg* [Internet]. 2012;255(3):1190-4. Available from: <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e318250b332>
- [37] Rostenberg B, Barach PR. Design of cardiovascular operating rooms for tomorrow's technology and clinical practice - Part 2. *Prog Pediatr Cardiol* [Internet]. 2012;33(1):57-65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppedcard.2011.12.010>
- [38] Parker AD, Burns JR, Boyd JC, Reynolds LM, Atkins KT, Pollette WA. Does BetterBack Lumbar Support and Posture Trainer Decrease Back Pain and Improve Posture? *J Ergon* [Internet]. 2019;09(01):1-6. Available from: [10.35248/2165-7556.19.9.250](https://doi.org/10.35248/2165-7556.19.9.250)