

**ERGONOMIA EN CIRUGIA EN MINIMAMENTE INVASIVA**

**PRESENTADO POR:**

**ANGIE PAOLA CORDOBA SOLARTE**

**LEYDY VIVIANA CORDOBA SOLARTE**

**ESPECIALIZACION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES**

**MANIZALES**

**2022**

**ERGONOMIA EN CIRUGIA EN MINIMAMENTE INVASIVA**

**PRESENTADO POR:**

**ANGIE PAOLA CORDOBA SOLARTE**

**LEYDY VIVIANA CORDOBA SOLARTE**

**PRESENTADO A:**

**VIVIANA RACERO**

**ESPECIALIZACION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE MANIZALES**

**MANIZALES**

**2022**

## INTRODUCCIÓN

Entre los servicios que ofrece una institución de salud se encuentra el área de quirófanos, donde se realizan procedimientos de cirugía mínimamente invasiva que en la actualidad constituye un importante avance en la atención en salud por los múltiples beneficios para los pacientes como lo es la pronta recuperación postoperatoria, se minimizan las secuelas, menor cicatrización, disminución de estancia hospitalaria entre otros, no dejando de lado a los profesionales que en equipo realizan este tipo de procedimientos quienes en ejercicio de sus labores se encuentran expuestos de manera permanente a diferentes tipos de riesgos como es el ergonómico, referente a la postura corporal, la organización del espacio de trabajo en el quirófano y el diseño de las herramientas quirúrgicas.

La postura de los trabajadores durante las cirugías se ve afectada principalmente por la postura estática del cuerpo, la altura de la mesa de operaciones, el diseño de los instrumentos quirúrgicos, la posición de la pantalla principal y el uso de pedales. La ergonomía durante la práctica quirúrgica mínimamente invasiva está relacionada con el nivel de experiencia y mejores condiciones ergonómicas que se traducen en la efectividad y eficacia del desempeño de la tarea (1).

Existe un creciente interés y necesidad de mejorar las condiciones de trabajo y posición de los colaboradores en la práctica de la cirugía mínimamente invasiva. En este contexto el estudio de criterios ergonómicos en quirófano supone un beneficio indirecto para los pacientes ya que la reducción de fatiga muscular disminuye el malestar en el desarrollo de las actividades permitiendo una mejor concentración y precisión en cirugía garantizando su éxito y beneficiando de manera directa al personal, brindando alternativas

de mejora en cuanto a las posiciones prolongadas, discomfort en relación al espacio reducido y la interacción con los múltiples elementos biomédicos que son necesario para el desarrollo de estas labores (2).

Teniendo en cuenta la problemática existente supone un reto en cuanto al diseño de equipos biomédicos, requiriendo destreza manual y conocimientos complementarios sobre cómo utilizarlos, así como la ubicación específica de cada elemento como el monitor, la mesa de cirugía, los pedales y otros equipos quirúrgicos que determinan en gran medida las posturas y organización del personal mientras realizan los respectivos procedimientos (1).

El presente estudio se realiza con el propósito de presentar de manera clara y organizada los problemas ergonómicos presentados en la cirugía mínimamente invasiva, que si bien este tipo de cirugía tiene mayores beneficios para el paciente, conlleva una serie de problemas ergonómicos a los profesionales , por tanto, es indispensable proponer de acuerdo a la bibliografía existente alternativas en cuanto a la realización de las prácticas quirúrgicas que minimicen los problemas de salud osteomusculares.

## **1. Descripción del problema**

### **Ergonomía en cirugía mínimamente invasiva**

De acuerdo a la asociación internacional de ergonomía, define ergonomía como "la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema y la profesión que aplica a principios teóricos, datos y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema"(3) según la ley 31 de 1995 de prevención de riesgos laborales, todos los trabajadores tienen derecho a una vigilancia periódica del estado de salud en función a los puestos de trabajo garantizada por sus empleadores. Por lo tanto, es tema de gran interés la ergonomía aplicada en los trabajadores de la salud; en el equipo médico en el desarrollo de la cirugía mínimamente invasiva ya que en el desarrollo de dicho trabajo se emplean múltiples elementos biomédicos tanto de protección personal como de desarrollo de las diferentes tareas, que en la interacción con el profesional que realiza dicha actividad pueden constituir un problema de salud de tipo ergonómico (3).

La aplicación de criterios ergonómicos en la práctica quirúrgica hospitalaria conlleva una serie de beneficios globales, tanto en los profesionales de la salud como en los pacientes. Básicamente, la ergonomía pretende que el equipo quirúrgico disponga de un material de trabajo adecuado, reduciendo así la aparición de patologías osteomusculares y de dolencias asociadas, esta problemática también supone un beneficio indirecto para los pacientes, ya que la reducción de la fatiga muscular de los cirujanos aumenta la precisión en el acto quirúrgico (4)

De acuerdo a diversos estudios realizados sobre ergonomía se ha identificado que el personal que labora en los quirófanos, está expuesto constantemente a riesgos

organizacionales y físicos, que se relacionan directamente con la estación de trabajo y se derivan principalmente de la carga física (estática, dinámica y/o mixta)(5)

Según el estudio por Van Veelen (6) durante 12 operaciones endoscópicas realizadas en un hospital de la ciudad (Eindhoven, Países Bajos). Después de la observación, se distribuyó un cuestionario a todos el personal médico involucrado en el que se obtuvieron los siguientes resultados; todas las categorías de personal tenían problemas físicos, de percepción y cognitivos, especialmente los cirujanos, residentes y la enfermera de operaciones estériles donde las principales causas son el posicionamiento de aparatos y personal, ropa de trabajo, espacio limitado y el escaso alcance de los equipos e instrumentos; teniendo en cuenta que dentro de los elementos de protección personal se encuentran el delantal de plomo provocando incomodidad en cuello, hombros y espalda, el calzado y casco ortopédico provocan molestias musculoesqueléticas.

Según los datos arrojados en un estudio realizado en un Hospital en Santiago Chile indica que que un 13 % del personal estudiado, se encuentra catalogado bajo el concepto de carga global moderada y el 87% con carga global alta y los altos niveles de carga global de trabajo, sumado al nivel de riesgo de carga física biomecánica y la percepción de molestias músculo-esqueléticas presentes en la población estudiada, por tanto, sugieren la necesidad de tomar de medidas ergonómicas en un mediano plazo para minimizar el factor de riesgo en las tareas que realizan los profesionales de la Salud. La presencia sostenida en el tiempo de estos factores de riesgo podría provocar la aparición de fatiga mental temprana y las posturas mantenidas podrían generar mayor discomfort corporal, produciendo fatiga física y como consecuencia lesiones por sobreuso. Es

relevante considerar puestos de trabajo que se conciban favoreciendo la relación de la persona y su entorno laboral, para minimizar dichos factores de riesgo (7).

Hay pocos estudios sobre carga estática en personal hospitalario, aun sabiendo que en el quirófano existe mucha carga postural, y que es durante la cirugía donde se produce más del 80% de las malas posturas. Aunque el trabajo del personal se asocia a un estrés físico importante, con múltiples quejas sobre molestias musculoesqueléticas y datos que aseveran que un 25% de los trabajadores hospitalarios sufre lesiones lumbares, cuya causa principal es la manipulación de los pacientes que sobrepasa con mucho los niveles de carga permitidos por la ley. Las molestias no se explican solamente por las posturas, y lo que se necesita es un enfoque integral de la actividad laboral. Tanto la carga física como factores psicosociales influyen en el desarrollo de problemas musculoesqueléticos. Por otra parte, existen diversos estudios sobre consumo energético y actividad cardíaca (4).

De acuerdo a los datos recopilados en instituciones hospitalarias de la Ciudad de Cali en cuanto al riesgo ergonómico en el personal involucrado en el acto quirúrgico, que constituye, cirujano, anestesiólogo, instrumentador quirúrgico y circulante de cirugía arrojaron los siguientes resultados; de la población estudiada refiere no realizar pausas activas con un porcentaje del 42,6%, presencia de dolor evidencian que un 69,44 % de la población, un 50,7% de la población refiere dolor en más de un segmento del cuerpo y el restante en un solo segmento, indicando que las partes del cuerpo con mayor compromiso corresponden a espalda, muñecas y cuello, como también una elevada carga postural debido a posiciones prolongadas y ubicación de equipos biomédicos (5)

En gran parte de los problemas de salud presentados por el equipo quirúrgico a nivel global especialmente en cirugías mínimamente invasivas están no solo están determinados por los instrumentos manuales si no también los equipos biomédicos y la organización en los quirófanos, el cual limita el espacio de trabajo para los cirujanos forzando a mantener posturas prolongadas, elevando trastornos musculoesqueléticos en el equipo quirúrgico.

A pesar de los resultados que aportan los diferentes estudios en ergonomía, aplicados a la cirugía laparoscópica, hoy en día los cirujanos y demás personal del equipo quirúrgico siguen presentado diversos errores de posicionamiento corporal y ubicación de equipos (2), por tanto se necesita un nuevo enfoque de diseño y organizacional para abordar los problemas que ocurren actualmente.

Con la realización de la presente monografía se pretende dar a conocer la información existente acerca del riesgo ergonómico al que se encuentran expuestos los trabajadores del área de la salud, profesionales encargados de realizar cirugías mínimamente invasivas como aporte sobre esta problemática que de acuerdo a la revisión de estudios realizados en hospitales de diferentes países se puede determinar la prevalencia de síntomas producidos en el ejercicio de sus labores y establecer unas pautas y diseño organizacional para abordar los problemas ocasionados por el riesgo ergonómico.

## **1.1. planteamiento del problema**

¿Cuál es el riesgo ergonómico en cirugía mínimamente invasiva?



## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- ❖ Determinar el riesgo ergonómico en cirugía mínimamente invasiva mediante un estudio documental de publicaciones indexadas desde el año 2000 hasta la actualidad en América latina y Europa.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

- ❖ Identificar cuáles son las afecciones ergonómicas ocasionadas en la cirugía mínimamente invasiva en el equipo quirúrgico.
- ❖ Realizar una revisión bibliográfica detallada de los aspectos ergonómicos, posicionamiento corporal y ubicación de equipos en cirugías mínimamente invasivas.
- ❖ Establecer un diseño organizacional para abordar los problemas ocasionados por el riesgo ergonómico.

### **ALCANCE**

El desarrollo de este trabajo está dirigido al personal profesional que labora en el área de quirófano específicamente en cirugía mínimamente invasiva en el que se describen los factores de riesgo ergonómico y las posibles alternativas de buenas prácticas posturales, de ubicación de equipos y de organización del personal.

Sistematización de documentos, análisis de datos, caracterización de información, documentación de programas de intervención y elaboración de un informe final.

## **JUSTIFICACIÒN**

Los profesionales de la salud son quienes trabajan en equipo por mejorar la salud y la calidad de vida de los pacientes, en ocasiones dado la complejidad de las prácticas conllevan a situaciones inseguras para los trabajadores como lo es en el área de quirófano, a pesar de que existen mejoras a lo largo del tiempo debido a los avances de la tecnología y la complejidad de los procedimientos que se realizan en quirófano, las cirugías mínimamente invasivas necesitan un enfoque en cuanto a la ergonomía debido a problemas osteomusculares, fatiga mental y física; y errores médicos afectando la seguridad del paciente que podrían ser prevenibles realizando cambios ergonómicos. En estudios anteriores de riesgo ergonómico en el quirófano de temática que se han repetido a lo largo del último siglo sin una transformación significativa en la forma en que ocurren las evaluaciones y los estudios de quirófano y sin una expansión del método de investigación y el enfoque. La fatiga en el equipo quirúrgico debido a malas posturas, herramientas mal diseñadas, errores en la práctica especialmente en procedimientos prolongados con un ambiente con deficiente ergonomía sigue siendo una necesidad importante de ampliar la investigación y la implementación de la ergonomía en el quirófano para reducir los errores para la seguridad del paciente y del personal.

De acuerdo a un estudio titulado "El quirófano como entorno hostil para los cirujanos" Sari et al. (8) (9) expresa la gravedad de la situación para estos profesionales médicos durante cirugías mínimamente invasivas, destacando específicamente problemas con el ajuste de la altura de la mesa, la posición del monitor y los mangos de los instrumentos, y quejas en las extremidades superiores dominantes.

Según van Veelen (10), la superficie debe permanecer entre el 70% y el 80% de la altura del codo del cirujano. Esta elevación de la mesa permite que el cirujano realice

la cirugía sin extrema abducción de los brazos, lo que reduce la fatiga del cirujano y previene lesiones. Aunque no se considere para cirugías específicas, por lo tanto, las recomendaciones futuras para tipos de cirugía individuales específicos ayudarán a mejorar la postura del cirujano en cada situación. Albayrak et al. (11) descubrieron que muchos quirófanos tienen menos de los 37 a 55 m<sup>2</sup> de piso recomendados. Este espacio es importante para ayudar al equipo quirúrgico a trabajar en este espacio de manera segura ya que en las salas de cirugías están ambientadas con múltiples equipos biomédicos, que reduce espacio y genera situaciones inseguras para los profesionales (12).

Otro aspecto que causa preocupación es las exigencias físicas de los procedimientos ya que los profesionales se encuentran de pie en largos periodos de tiempo, son un factor importante a considerar ya que causan dolor en la espalda baja, el pie y el tobillo e incluso puede provocar fatiga y dolor en el cuello y los hombros (13). Dichas actividades como las que se realizan durante largos períodos en el quirófano pueden causar dolor en las caderas, muslos, espalda, cuello, hombros, brazos y manos. Hay una serie de dispositivos de soporte para el cuerpo o para sentarse para ayudar a aliviar algunos del dolor y la fatiga asociados con estar de pie. Actualmente hay modelos disponibles en el mercado y hay más bajo investigación Albayrak et al. (11). También se recomendaron soportes de pie ajustables para adaptarse a la cirugía y altura seleccionada por el cirujano (14). De acuerdo a van Veelen (10), la altura necesaria para algunas cirugías mínimamente invasivas está por debajo de la altura de las mesas de operaciones actuales haciendo que el cirujano adopte posiciones incómodas que pueden aumentar el riesgo de fatiga y dolor musculoesquelético.

Los problemas fisiológicos relacionados con el diseño, la fatiga del cirujano, la compensación por movimientos excesivos e incómodos del brazo y la necesidad de una planificación cognitiva compleja podrían reducirse con una buena ergonomía (3).

## **ANTECEDENTES**

Sánchez-Margal (1) realizó una revisión del estado actual de la ergonomía en laparoscopia y la cirugía laparoendoscópica en un solo sitio (LESS), los resultados se

basaron en la literatura científica y la experiencia de los investigadores y mostraron que la postura del cirujano durante la cirugía laparoscópica se ve afectada principalmente por las posturas corporales estáticas, la altura de la mesa de operaciones, el diseño de los instrumentos quirúrgicos, la posición de la pantalla principal y el uso de pedales. Se concluyó que la ergonomía durante la práctica quirúrgica laparoscópica está relacionada con el nivel de experiencia y que mejorar las condiciones ergonómicas se traducen a una mejora en el desempeño y desarrollo de la tarea.

Sánchez-Margal (1) también afirma que “ante los problemas ergonómicos presentados durante la cirugía mínimamente invasiva los instrumentos laparoscópicos con mango axial dan como resultado una postura más ergonómica para la muñeca en comparación con un mango de anillo”. De acuerdo a los estudios realizados este tipo de cirugía es físicamente más exigente que los enfoques convencionales e híbridos, y requiere un mayor nivel de actividad muscular en los músculos de la espalda y los brazos, pero una mejor posición de la muñeca en comparación con la laparoscopia tradicional. La ergonomía física y cognitiva con asistencia robótica fue significativamente menos desafiante en comparación con la cirugía laparoscópica convencional.

En el mismo estudio se concluye que la cirugía laparoscópica implica un rango limitado de movimientos, lo que lleva a adquirir posturas estáticas, forzadas e incómodas a largo plazo. El principal factor de riesgo para la aparición de trastornos musculoesqueléticos es la desviación del cuerpo de la posición neutra. La posición ideal para el cirujano laparoscópico se caracteriza por los brazos ligeramente abducidos, retrovertidos y rotados hacia adentro a la altura de los hombros; el codo debe estar

doblado en un ángulo de 90 a 120 °; las manos deben agarrar los instrumentos con la muñeca ligeramente extendida (1)

De acuerdo a Allendes (7) en el estudio realizado en el Hospital en Santiago Chile indica que un 13 % del personal estudiado, se encuentra catalogado bajo el concepto de carga global de trabajo moderada y el 87% con carga global de trabajo alta y los altos niveles de carga global de trabajo, sumado al nivel de riesgo de carga física biomecánica y la percepción de molestias músculo-esqueléticas presentes en la población estudiada. El nivel de riesgo biomecánico, fue catalogado como medio en la totalidad de la población. 60% manifestó discomfort corporal durante la cirugía. En cuanto a las dificultades técnicas, el “efecto fulcrum o de inversión de movimientos” estuvo presente en el 46% de los cirujanos, el mismo porcentaje tuvo síntomas de ojo seco. El 68% alguna vez accionó el pedal equivocado y ha sentido parestesia del pulgar. Por tanto, estos resultados sugieren la necesidad de tomar medidas ergonómicas en un mediano plazo para minimizar el factor de riesgo en las tareas que realizan los profesionales de la Salud.

Hemal et al. (15) planificó evaluar la prevalencia, la importancia y el conocimiento de los problemas ergonómicos asociados con la cirugía laparoscopia, para ello se distribuyó un cuestionario diseñado para evaluar la frecuencia y el grado de malestar físico que experimentan los cirujanos en el desarrollo de su tarea y su conocimiento de los factores responsables a aproximadamente 350 asistentes al Taller Internacional Live y CME sobre Cirugía Urológica Laparoscópica. En el análisis del estudio se obtuvieron los siguientes resultados: Doscientos cuatro asistentes completaron el cuestionario, de los cuales 131 estaban realizando cirugía laparoscópica (Grupo A). El resto (73) practicaba únicamente cirugía convencional (Grupo B). Los cirujanos del grupo



A fueron significativamente ( $P=0.04$ ) mejores en responder las preguntas sobre neuropraxia. Hubo un aumento estadísticamente significativo ( $P=0.004$ ) en la frecuencia de entumecimiento de los dedos y fatiga ocular en los cirujanos del Grupo A en comparación con el Grupo B. Dentro del Grupo A, el entumecimiento de los dedos ( $P=0.03$ ) y la fatiga ocular ( $P=0.002$ ) fueron significativamente mayores en los cirujanos laparoscópicos junior que en los cirujanos laparoscópicos senior. Los cirujanos que tenían 2 años de experiencia en cirugía laparoscópica se vieron significativamente más afectados.

En el estudio realizado por Miller (16) se investigó la prevalencia de las enfermedades ergonómicas asociadas a las cirugías laparoscópicas aunque que este tipo de procedimientos que resultan significativamente beneficiosos para los pacientes, para los profesionales de la salud que los realizan genera fatiga mental y problemas musculoesqueléticos, mediante un instrumento de encuesta se recolectó información acerca de seguridad, ergonomía y fatiga de 61 cirujanos, el 100% de los participantes presentaron síntomas los más prevalentes fueron dolor de espalda, rigidez de cuello y espalda, siendo este estudio el respaldo de la hipótesis de que los cirujanos experimentan síntomas en una parte del cuerpo y se asocian a la realización de cirugía laparoscopia y los resultados sugieren la utilización del conocimiento y conciencia juntamente con los principios ergonómicos para proteger a los profesionales de los síntomas que pueden llevar a una lesión de tipo profesional.

Xiao et al. (17) evalúa el efecto de los factores ergonómicos en el desempeño de la tarea y la postura del alumno durante el entrenamiento en cirugía laparoscópica. Se formaron dos grupos con 20 personas sin experiencia en laparoscopia. El grupo 1 se

entrenó bajo la configuración de simulación ergonómica óptima de acuerdo con las pautas ergonómicas actuales (Condición A). El grupo 2 se entrenó en un entorno de simulación ergonómico no óptimo que a menudo se puede observar durante el entrenamiento en un laboratorio de habilidades (condición B). El análisis de la postura mostró que los sujetos mantuvieron una postura mucho más neutral en la Condición A que en la Condición B ( $p < 0,001$ ). Los sujetos tenían menos excursión articular y experimentaron menos molestias en el cuello, los hombros y los brazos en la condición A. Se encontró una diferencia significativa en el desempeño de la tarea entre las condiciones A y B ( $p < 0,05$ ). Este estudio muestra que la configuración de simulación ergonómica óptima conduce a un mejor desempeño de la tarea. Además, no se encontraron diferencias significativas en el desempeño de la tarea, para los Grupos 1 y 2 que utilizaron la misma configuración de prueba. Sin embargo, se observó un mejor rendimiento para el Grupo 1. Se puede concluir que el entorno de entrenamiento óptimo y no óptimo tiene diferentes efectos de aprendizaje en el aprendizaje de habilidades de los alumnos.

Alvares et al. (4) determinó la carga postural de la colecistectomía laparoscópica y compararla con la abierta, para establecer el nivel de riesgo de lesión musculoesquelética y buscar soluciones ergonómicas que mejoren la comodidad del cirujano y la eficacia del acto quirúrgico. Se recogieron datos sobre 16 intervenciones quirúrgicas (11 laparoscópicas y 5 abiertas) aplicando el método OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) y se compararon ambas técnicas quirúrgicas respecto a la carga estática. Se encontró diferencias importantes entre la colecistectomía laparoscópica y la abierta respecto a la posición de los brazos, piernas y cabeza. En la colecistectomía

laparoscópica se mantiene una postura más erguida, con sobrecarga de la cintura escapular, y en la técnica abierta hay una flexión casi permanente cervical. Los niveles de riesgo de lesión asociados a estas posturas sobrepasan los ideales, precisando corrección ergonómica. Se concluye que ambas técnicas de colecistectomía comportan un nivel de riesgo de lesión musculoesquelética más que moderado. La aplicación de criterios ergonómicos derivados del mundo industrial en el diseño del instrumental quirúrgico y del quirófano pueden mejorar la comodidad del cirujano y, por tanto, la eficacia de su trabajo.

La cirugía asistida por robot se introdujo con el fin de tener mejores resultados de la cirugía mínimamente invasiva. Estos procedimientos también tienen el potencial de mejorar la ergonomía para el cirujano durante la cirugía endoscópica. Este estudio tuvo como objetivo comparar la comodidad mental y física del usuario al realizar laparoscopia y técnicas asistidas por robot analizando también su rendimiento. En este estudio, 16 participantes sin experiencia quirúrgica realizaron tres tareas utilizando un sistema robótico e instrumentación laparoscópica estándar. El desempeño quirúrgico se analizó con análisis de tiempo-acción. Los parámetros fisiológicos, los cuestionarios, y el análisis tiempo-acción favoreció al grupo asistido por robot en términos de menor carga de tensión y un aumento en la eficiencia del trabajo. En esta configuración experimental, el uso de un sistema quirúrgico asistido por robot fue valioso tanto en el campo cognitivo como en la reducción del estrés físico. La asistencia robótica también demostró una mejora importante en el rendimiento (9)

Van Veelen (18) realizó un estudio con el fin de conocer los problemas relacionados con los elementos utilizados para cirugía mínimamente invasiva, realizó un

inventario de los problemas encontrados durante 12 operaciones endoscópicas realizadas después de su observación se distribuyó un cuestionario a todo el personal involucrado en estos procedimientos, todas las categorías de personal tenían problemas físicos, de percepción y cognitivos, especialmente los cirujanos, residentes y la enfermera de operaciones estériles. Las principales causas fueron el posicionamiento de los equipos biomédicos y el personal, la ropa de trabajo y el alcance limitado de aparatos y / o instrumentos. De los cuestionarios el 50% del personal médico experimentó problemas y el 63% tuvo molestias físicas durante el procedimiento quirúrgico, la diversidad de problemas observados e informado por el personal durante una cirugía mínimamente invasiva disminuye la comodidad, la eficiencia y la seguridad del entorno de trabajo de la sala de operaciones. Por lo tanto, se necesita un nuevo enfoque de diseño para los productos de cirugía mínimamente invasiva con el fin de abordar los problemas que ocurren con los trabajadores de salud de esta área.

Uno de los principales problemas básicos asociados con la laparoscopia es la postura no neutral del cirujano durante los procedimientos laparoscópicos. Hay cinco aspectos principales que influyen en la postura del cirujano: el diseño del instrumento (de mano), la posición del monitor, el uso de pedales para controlar la diatermia, la altura de la mesa de operaciones mal ajustada y la postura corporal estática. Este documento ofrece una descripción general de las pautas ergonómicas que se han desarrollado en estas cinco áreas y muestra las soluciones de productos que se han desarrollado de acuerdo con estas pautas. El personal de quirófano puede utilizar las pautas para evaluar la ergonomía de su entorno de quirófano y mejorar los problemas que no satisfacen las pautas ergonómicas. Cuando los diseñadores utilizan estas pautas para diseñar nuevos equipos de quirófano, los nuevos diseños son una mejora en el campo de los factores humanos en comparación

con el quirófano laparoscópico utilizado actualmente, se crea un entorno nuevo y ergonómico para el cirujano y para los asistentes (18)

En el estudio realizado por L. Wauben (19) su objetivo principal fue obtener una respuesta a la pregunta ¿Se aplican pautas ergonómicas en el quirófano y cuáles son las consecuencias?. Se aplicaron 1.292 cuestionarios a cirujanos que realizan procedimientos laparoscópicos de diferentes especialidades, los encuestados informaron molestias en el cuello, los hombros y la espalda (casi el 80%). No hubo una causa específica para el malestar físico. Además, el 89% de los 284 encuestados no conocía las pautas ergonómicas, aunque el 100% afirmó que consideraba importante la ergonomía. La falta de conciencia de las pautas ergonómicas es un problema importante que plantea una posición difícil para la ergonomía en el quirófano.

Kranenburg (20) en su estudio realizado describió los problemas ergonómicos encontrados en (cirugía torácica asistida por video) VATS y propuso recomendaciones para el diseño de la sala operatoria para cirugía toracoscópica. Para obtener un inventario de los problemas ergonómicos se atendieron quince operaciones torácicas en la Institut Mutualiste Montsouris (París, Francia). Durante las observaciones de las operaciones toracoscópicas se registraron problemas físicos. Los problemas cognitivos y perceptivos se obtuvieron de un estudio de literatura. En general, se pueden distinguir dos posiciones diferentes del cirujano, dependiendo de la ubicación de los trócares y el endoscopio; una posición se asemeja a la posición del cuerpo durante la laparoscopia, lo que implica los mismos problemas como fatiga de las piernas, una posición del cuerpo estática, una gran área de trabajo, movimientos extremos de las extremidades superiores y la muñeca y rigidez del cuello. La otra posición es específica para VATS, lo que da como resultado

una parte superior del cuerpo rotada mientras que el cirujano tiene que inclinarse sobre el paciente para poder manipular los instrumentos. El estudio dio como resultado una lista de problemas ergonómicos encontrados durante VATS.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Posturas corporales en cirugía laparoscópica**

Algunos estudios asocian la cirugía laparoscópica a una postura más estática del cuello y el tronco, probando al mismo tiempo más movimientos incorrectos de los

miembros superiores. El cirujano durante el procedimiento tiende a mantener una postura más vertical con menor movilidad de la espalda y menor cambio en el reparto de pesos que los que practican procedimientos convencionales (15)

En la cirugía laparoscópica, la destreza está limitada debido a la posición fija del puerto de acceso, que determina el ángulo de movimiento de los instrumentos. Los grados de libertad en cirugía abierta está en 36°, mientras que en cirugía mínimamente invasiva se reduce hasta 4°, situación que provoca que los cirujanos adopten posturas estáticas, forzadas e incómodas a largo plazo. El principal factor de riesgo para la aparición de trastornos musculoesqueléticos es la desviación del cuerpo de la posición neutral (21)

La posición ideal para el cirujano durante la cirugía laparoscópica se caracteriza por los brazos ligeramente abducidos, retrovertidos y rotados hacia adentro a la altura de los hombros; el codo debe estar doblado en un ángulo de 90 a 120 °; las manos deben agarrar los instrumentos con la muñeca ligeramente extendida y con las articulaciones interfalángicas distales casi extendidas, y las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas proximales flexionadas entre 30 y 50 °; los dedos deben estar en abducción y el pulgar debe estar opuesto al dedo índice (22).

Un factor importante dentro de la cirugía laparoscópica es la ubicación del equipo quirúrgico con relación al cirujano y con el paciente. La posición de la parte inferior del cuerpo puede ser no ergonómica provocando estrés físico. Al realizar el procedimiento los cirujanos suelen realizar actividades prolongadas de pie con una posible pérdida de estabilidad y posibilidades limitadas de cambiar su peso corporal, especialmente cuando se utilizan pedales (23).

### **Organización quirófano**

La organización y ubicación de equipos en el quirófano, específicamente en los lugares de trabajo, se traduce que cada miembro del equipo quirúrgico tenga el espacio y acceso adecuados a todo el equipo, y la falta de organización y equilibrio entre el personal quirúrgico y los componentes e instrumentos del quirófano puede generar sobrecargas de trabajo y lesiones. Los avances en el campo de la laparoscopia se reflejan en el desarrollo de ópticas con mayor resolución e instrumentos operativos mejorados. Es importante tener en cuenta algunas consideraciones al utilizar el equipo laparoscópico antes y durante los procedimientos quirúrgicos (2).

### **Ubicación del monitor**

La información visual del escenario quirúrgico es proporcionada por un monitor, que se ajusta antes de la cirugía para evitar posturas indeseables durante un largo período de tiempo. En el plano horizontal, el monitor debe estar en línea recta frente al cirujano y alineado con el eje motor del antebrazo-instrumento. En el plano sagital, debe colocarse por debajo del nivel del ojo del cirujano para evitar la extensión del cuello. La dirección de visualización más cómoda es aproximadamente  $15^\circ$  hacia abajo. La distancia de visualización depende en gran medida del tamaño del monitor. El monitor debe estar lo suficientemente lejos para evitar una amplia acomodación de los ojos y la contracción de los músculos extraoculares, y lo suficientemente cerca para evitar la mirada fija y la pérdida de detalles, por tanto, para lograr tareas de precisión, se recomienda el uso de un monitor adicional cerca del campo operatorio, ya que mejora la coordinación ojo-mano(24).

### **Ubicación y características de la mesa de operaciones**



La mesa de operaciones debe adaptarse a la altura y posición del cirujano (de pie o sentado). Si la mesa de operaciones se coloca demasiado alta, los músculos aplican una fuerza de contracción considerablemente alta para levantar y sujetar los hombros y los codos. Si dicha posición se mantiene durante un período de tiempo, conduce rápidamente a la fatiga de los músculos del hombro. La altura de la mesa debe ajustarse de tal manera que los mangos de los instrumentos laparoscópicos queden ligeramente por debajo del nivel de los codos del cirujano. La ubicación adecuada de la mesa mantiene los hombros hacia abajo y el ángulo entre el brazo superior e inferior es de entre 90 ° y 120 ° cuando se realiza un trabajo manual. Se pueden utilizar elevadores en caso de que la mesa no se pueda bajar a una determinada altura (18)(25)

### **Ubicación de pedales**

Los pedales son instrumentos usados comúnmente durante la cirugía laparoscópica para activar instrumentos como electro cauterización, tijeras ultrasónicas, dispositivo bipolar u otros instrumentos para la división de tejidos.

A menudo están mal posicionados y pueden exigir posturas incómodas y antinaturales. Sus principales problemas son la falta de control visual, la posición desequilibrada del cirujano y el uso de demasiados pedales durante la cirugía laparoscópica. Una posible solución podría ser reemplazarlos con controles manuales cuando sea posible. Los pedales deben colocarse cerca del pie y alinearse en la misma dirección que los instrumentos, hacia el cuadrante objetivo y el monitor laparoscópico. Esto permite a los cirujanos activar el pedal sin torcer el cuerpo o la pierna. Es preferible un pedal con reposapiés integrado (25).

### **Cirugía laparoscópica**

Durante el desarrollo de la cirugía laparoscópica implica un rango limitado de movimientos, lo que lleva a adquirir posturas estáticas, forzadas e incómodas a largo plazo. El principal factor de riesgo para la aparición de trastornos musculoesqueléticos es la desviación del cuerpo de la posición neutral. La posición ideal para el cirujano laparoscópico se caracteriza por los brazos ligeramente abducidos, retrovertidos y rotados hacia adentro a la altura de los hombros; el codo debe estar doblado en un ángulo de 90 a 120 °; las manos deben agarrar los instrumentos con la muñeca ligeramente extendida. Los resultados de la literatura científica mostraron que la ergonomía durante la práctica quirúrgica laparoscópica está relacionada con el nivel de experiencia (1).

A demás la cirugía laparoscópica, la vista del órgano es bidimensional e indirecto en un monitor; manipulación está al final de un eje sin retroalimentación háptica. las diferencias en las desviaciones de la muñeca, flexión de la muñeca y extensión, flexión y extensión del codo, así como actividad en el bíceps braquial, tríceps braquial, deltoides, y trapecio superior mientras se utilizan dos instrumentos quirúrgicos laparoscópicos diferentes.

De un análisis ergonómico se concluye que los instrumentos laparoscópicos con mango axial implican una postura más ergonómica para la articulación de la muñeca en comparación con un mango de anillo. Con respecto a la ergonomía en cirugía mínimamente invasiva algunos estudios informan que este enfoque quirúrgico es más exigente físicamente que los enfoques convencionales e híbridos. El método de cirugía laparoscópica requiere un mayor nivel de actividad muscular en los músculos de la espalda y los brazos, pero conduce a una mejor posición de la muñeca en comparación con la laparoscopia tradicional (1)

## **Problemas ergonómicos asociados a la cirugía laparoscópica**

Aunque la cirugía laparoscópica tiene muchas ventajas para los pacientes, también tiene desventajas con respecto a los cirujanos: la reducción en la libertad de movimiento se debe a la necesidad de utilizar instrumentos laparoscópicos a través de agujeros, la necesidad de ser precisos, la vista a través de un monitor donde el cirujano pierde la sensación táctil con la consecuente dificultad en la coordinación ojo-mano, la pérdida del sentido de profundidad y, finalmente, la adopción y mantenimiento de posturas forzadas durante largos períodos de tiempo. La combinación de estos factores da como resultado una disminución en el rendimiento y la precisión de los cirujanos, lo que aumenta la incidencia de fatiga física y trastornos musculoesqueléticos (26).

Los estudios han demostrado las consecuencias del uso actual de los instrumentos y herramientas utilizados en cirugía laparoscópica con quejas que van desde dolor o entumecimiento en el cuello / extremidades superiores para lesiones nerviosas y parestesias en la mano / dedo. El problema va más allá de los síntomas que provocan un verdadero daño fisiológico al cirujano y potencialmente evitar que regresen enfermedades graves con la práctica continua del procedimiento quirúrgico.

Hoy en día, el objetivo de la ergonomía, que es definida como "la ciencia que se ocupa de la consideración de características, expectativas y comportamientos humanos en el diseño de cosas que la gente usa en su trabajo y en su vida diaria. y los entornos en los que trabajan y viven" es diseñar un entorno hombre-máquina que mejore la efectividad y la eficacia de su interacción, mientras que sea deseable se mejoran los valores humanos como la seguridad y la comodidad. Ciertamente, en MIS la solución ergonómica para el

entorno hombre-máquina no es perfecta, por lo que el objetivo de la investigación biomédica es encontrar un equilibrio aceptable entre seguridad y eficiencia por un lado y comodidad del operador. En la literatura, tenemos estudios que correlacionan diferentes características humanas con la seguridad y el desempeño de los cirujanos (25).

## MARCO LEGAL

### Normatividad nacional.

#### Normas Legales

Ley 378 de 1997	Establece el Asesoramiento en materia de salud, seguridad, higiene en el trabajo y ergonomía, así como en materia de equipos de protección individual y colectiva.
Decreto 1072 de 2015	Regula el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. La implementación del SG-SST es de obligatorio cumplimiento. Las empresas, sin importar su naturaleza o tamaño, deben implementar un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Resolución 0312 de 2019	Se definen los estándares mínimos del sistema de Gestión de la Seguridad y salud en el Trabajo SG-SST
Resolución 4059	Reportes de accidentes de trabajo y enfermedad laboral

### **Normas técnicas colombianas en temas relacionados con ergonomía**

Norma Técnica NTC 3955	Tiene por objeto dar los conceptos básicos para la aplicación de la terminología de la ergonomía en cualquier población, región, empresa, grupo de trabajo, y comunidad académica e investigativa en Colombia.
Norma Técnica NTC 5831	Establece los requisitos ergonómicos para trabajar con pantallas video terminales.
Norma Técnica NTC 5655	Establece los principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.
NTC 5649 de 2008 – homologación de la norma ISO 7250:2008	Establece los principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.
NTC 5723	Ergonomía, evaluación de posturas de trabajo estáticas
Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para a Desórdenes	Emitir recomendaciones basadas en la evidencia para el manejo integral (promoción, prevención,

<p>Musculoesqueléticos (DME) relacionados con Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores</p>	<p>detección precoz, tratamiento y rehabilitación) del síndrome del túnel carpiano (STC), la enfermedad de De Quervain y las epicondilitis lateral y medial relacionados con movimientos repetitivos y otros factores de riesgo en el lugar de trabajo.</p>
--	---

**Normas y estándares internacionales:**

<p>Norma ISO 11228</p>	<p>Manejo Manual de Cargas: Especifica límites recomendados para el levantamiento, descenso y transporte manual y para las tareas de empujar y jalar, respectivamente.</p>
<p>Norma ISO 6385</p>	<p>Principios ergonómicos para proyectar sistemas de trabajo: Establece los principios ergonómicos básicos que orientan el diseño de los sistemas de trabajo.</p>
<p>Norma EN 614</p>	<p>Seguridad de las máquinas - Principios de diseño ergonómico: Se refiere a las interacciones entre los operadores y las máquinas durante la instalación, operación, preparación, mantenimiento, limpieza, desmontaje, reparación y transporte del equipo y resume los principios a considerar para tener en cuenta la salud, la seguridad y el bienestar del operador.</p>
<p>Norma EN 1005</p>	<p>Seguridad de las máquinas, comportamiento físico del ser humano: Establece los límites de aplicación de fuerzas recomendados y el procedimiento de cálculo</p>

	de los niveles de riesgo asociados a las mismas, permitiendo identificar situaciones potencialmente perjudiciales o el correcto diseño de máquinas y puestos de trabajo.
Norma EN ISO 9241	Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD).
Norma prEN 13921	Equipos de protección individual – Principios ergonómicos: Brinda recomendaciones de las características genéricas de los equipos de protección personal individual.
Convenio C127 OIT	Convenio sobre el peso máximo.:

## MARCO CONCEPTUAL

### **Cirugía mínimamente invasiva**

La cirugía mínimamente invasiva se realiza mediante la intervención quirúrgica a través de incisiones en el cuerpo del paciente, de 5 a 12 mm de diámetro, en el cual se insertan tres o cuatro trócares. Por uno de ellos se introduce la óptica que está conectada a una cámara de video y a una fuente de luz, que ilumina el campo quirúrgico y proyecta la imagen en monitores. Por los otros trócares introducen diferentes tipos de herramientas para ejecutar la cirugía, las cuales manejan con la referencia de óptica de los monitores (27)

Durante los últimos años la cirugía mínimamente invasiva se ha convertido rápidamente en el procedimiento intervencionista preferido dentro de una larga lista de especialidades quirúrgicas. La transición de la cirugía abierta se ha visto respaldada por períodos de recuperación más cortos, menos dolor posoperatorio y menor riesgo de complicaciones operativas para el paciente. A pesar de las claras ventajas de este tipo de



cirugía para el paciente, el alejamiento de la cirugía abierta parece haber tenido un impacto negativo en la salud del cirujano; específicamente, una mayor prevalencia de trastornos musculoesqueléticos (TME) (28)

Según los estudios realizados por Stucky et al. (29) y Franasiak et al. (30) la cirugía mínimamente invasiva, en comparación con la cirugía abierta, se ha asociado con un riesgo significativamente mayor de TME en el cuello, el tórax y los hombros, con quejas de TME reportadas en el 88% de 244 cirujanos. La causa más probable del aumento de las tasas de TME se ha atribuido al aumento de las posturas no neutrales adoptadas por los cirujanos durante la LS.

### **Ergonomía**

La Ergonomía es una disciplina relacionada con la interacción entre el hombre y su puesto de trabajo, así como las herramientas y el ambiente laboral en general; resulta un campo muy extenso al cual tributan otras ciencias tales como: la biología; medicina y; ciencias tecnológicas por sólo mencionar tres de ellas (31)

### **Ergonomía quirúrgica.**

El principal objetivo de la ergonomía se basa principalmente en la adopción de la forma de realizar un trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano mediante una serie de soluciones destinadas a mejorar las condiciones de trabajo con el propósito de eliminar o reducir la presencia de fatiga o las alteraciones producidas por un sobre carga física, reducir el número de bajas laborales y el absentismo, y contribuir a aumentar la satisfacción y el rendimiento en el lugar de trabajo. Con la implementación de la cirugía mínimamente invasiva para tratar a pacientes en quirófano, los equipos de visión y el

instrumental quirúrgico cambian por completo y es el punto donde se empieza a identificar problemas ergonómicos asociados al personal quirúrgico (32).

Para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores dentro del equipo quirúrgico, es importante el diseño adecuado de los puestos de trabajo, lo que conlleva a efectos positivos en los resultados del trabajo y bienestar de las personas que lo realizan. Por otro lado, un diseño inadecuado puede conllevar la aparición de riesgos para la salud provocando efectos negativos combinados con otros riesgos ya existentes.

Un diseño correcto de los puestos de trabajo supone un enfoque global en el que se deben tener en cuenta diferentes factores, entre los que se pueden destacar los espacios, las condiciones ambientales, los distintos equipos y herramientas requeridos para realizar la tarea o intervención, las propias características de la actividad a realizar, la organización del sitio de trabajo y el recurso humano involucrado (33)

En la cirugía Mínimamente invasiva los instrumentos utilizados son largos y rígidos que magnifican los movimientos naturales de la mano del cirujano y la retroalimentación táctil. Durante la cirugía mínimamente invasiva realizada en un quirófano tradicional, el campo operativo se visualiza indirectamente con un laparoscopio conectado a una cámara que proyecta una imagen bidimensional en un monitor. La ubicación del monitor a una cierta altura y distancia determinada obliga al cirujano a trabajar en una dirección mientras mira en otra. las posibilidades de movimiento del monitor son muy limitadas debido a la posición fija, tanto en altura como en dirección(27).

### **Higiene postural**

La higiene postural es el conjunto de normas con el objetivo de mantener el cuerpo en una posición correcta, ya sea en posición dinámica u ortostática, para proteger

principalmente la columna vertebral al realizar las actividades diarias, laborales o de ocio, y prevenir así posibles lesiones musculoesqueléticas derivadas de posturas estáticas y movimientos incorrectos y repetitivos, así como sobrecargas musculares. En la intervención quirúrgica mínimamente invasiva el personal de quirófano no puede cumplir con estas normas, ya que los quirófanos diseñados para cirugías de acceso abierto aceptan la tecnología que les llega para realizar CMI, pero no se adaptan ni estructural ni ergonómicamente a ella (32,34).

### **Posición del cirujano en la intervención de Cirugía Mínimamente Invasiva CMI.**

El cirujano debe encontrarse en una posición erecta, con los ángulos adecuados en cuanto a la colocación de los codos y muñecas, y con la musculatura cervical en posición de relajación. La visión debe ser la correcta a fin de evitar tensión y fatiga visual, lo que permitirá reducir las cefaleas y el estrés. Todo ello pasa por conseguir una distancia del monitor a 0,6 m respecto a los ojos del cirujano. Asimismo, la altura del monitor debe ser la adecuada para que el cirujano lo tenga en un eje perpendicular con su visión, con una inclinación máxima de 15° en relación a la línea de visión del cirujano. La altura óptima de la superficie del paciente sobre la mesa es de 0% en relación con la altura del codo y, respecto a la mesa, la inclinación óptima es de 20°. El ángulo de la muñeca con respecto al eje del antebrazo debe ser de 0°; para ello, los mangos del instrumental quirúrgico deben adaptarse ergonómicamente a esta posición y la longitud del instrumento debe permitir una relación intracorporal /extracorporal > 1. El paciente debe ser colocado adecuadamente sobre la mesa quirúrgica, de forma que los brazos deberán ir pegados al cuerpo y las piernas del paciente estarán abiertas o cerradas según el tipo de cirugía. La

posición del cirujano variará en ciertas técnicas y en algún momento de la cirugía, y esta forma de colocar al paciente permite mantener los principios ergonómicos en todo momento (17).

### **Instrumental en Cirugía mínimamente invasiva**

En la cirugía Mínimamente invasiva las herramientas instrumentales son una de las piezas fundamentales que pueden llegar a generar trastornos musculoesqueléticos en el cirujano a causa del diseño del mango de agarre, por la articulación de las puntas y por su ángulo de entrada a través del trocar. Este tipo de instrumentales por su ubicación y forma obligan al cirujano a que se el pulgar se introdujera en la anilla del mango provocando lesiones en la articulación metacarpofalángica. Sin embargo, con la actualización de los instrumentales, estos se han ido sustituyendo por unos de mejor apoyo en el palmar que mejoran los movimientos y posición de la muñeca y codo.

Las puntas del instrumental, podrían permitir un giro fácil y con su articulación, mejorarían la ergonomía y no fuerzan los ángulos de codo y muñeca del cirujano, lo que permite acceder a zonas anatómicas difíciles con mayor facilidad (20)

Además, la incorporación de la robótica a la cirugía ha favorecido mucho la ergonomía del cirujano, en especial por la posición de sentado, que le requiere menos trabajo de espalda, cuello y hombros. Asimismo, permite descansos durante el acto quirúrgico al mantener estable el equipo y el campo a pesar de la retirada del cirujano de la consola. Si a ello le añadimos el control y la estabilidad de la visión del campo quirúrgico por el propio cirujano, la mejor ergonomía en el diseño del instrumental, la ausencia de mango de agarre entre pinza y mano del cirujano, la visión mejorada en 3D y la adecuación de los pedales a la guía ergonómica diseñada por Van Veelen, podríamos

acercarnos a la ergonomía ideal para el cirujano. Hasta ahora solo hemos hablado de las condiciones ideales del entorno quirúrgico, del instrumental que se utiliza y del posicionamiento del cirujano dentro del quirófano, pero creemos que esta descripción estaría incompleta si no hiciéramos más hincapié en la prevención de los TME, de forma que, como dice Park, esta epidemia deje de serlo (10,17).

### **Trastornos musculoesqueléticos**

El origen fundamental de las molestias musculoesqueléticas que sufren los cirujanos radica en la dificultad que tienen para mantener una postura neutra durante los procedimientos de cirugía mínimamente invasiva. La intensidad de tal dificultad depende de factores tales como el diseño de instrumental, la posición del monitor, el uso de pedales de control de diatermia, la altura de la mesa quirúrgica y las posturas estáticas mantenidas.

La fatiga musculoesquelética que sufren los profesionales que laboran en quirófano proviene de la dificultad de mantener postura neutra durante la realización de cirugías mínimamente invasivas que se da por la posición del monitor, uso de pedales para control de diatermia, la altura de la mesa quirúrgica y las posturas estáticas prolongadas.

Stomberg et al., 2010 pone de manifiesto que más del 70% de los cirujanos laparoscopista refieren sufrir, o haber sufrido, molestias musculoesqueléticas atribuidas a la cirugía. Otros autores refieren que la prevalencia es del 100% entre los residentes quirúrgicos. mínimamente invasivas que se da por la posición del monitor, uso de pedales para control de diatermia, la altura de la mesa quirúrgica y las posturas estáticas prolongadas.

Stomberg pone de manifiesto que más del 70% de los cirujanos laparoscopistas refieren sufrir, o haber sufrido, molestias musculoesqueléticas atribuidas a la cirugía. Otros autores refieren que la prevalencia es del 100% entre los residentes quirúrgicos. Skiadopoulos y Oude relacionan el número de horas de actividad quirúrgica con el dolor en cuello (43%) y manos (31%).

Por su parte, otros publican que más del 80% de los cirujanos han experimentado al menos un área de síntomas osteomusculares en los últimos 12 meses. La zona del cuello registra la tasa de prevalencia más alta (82,9%), seguida por la zona lumbar (68,1%), los hombros (57,8%) y la zona superior de la espalda (52,6%), con una asociación entre los factores de riesgo físicos y psicosociales.

## **MARCO CONTEXTUAL**

### **Equipo quirúrgico en cirugía mínimamente invasiva**

El principal objetivo de los profesionales de la salud es contribuir en la salud, bienestar y calidad de vida de los pacientes, en el ejercicio de sus funciones pueden estar expuestos a múltiples factores de riesgo que amenazan la integridad física y cognitiva por lo cual es importante el sentido de autocuidado, dentro de las labores que se realizan en el quirófano se encuentra un grupo de profesionales que realizan cirugía mínimamente invasiva que esta compuesto por el cirujano, anestesiología, medico ayudante, profesional en instrumentación quirúrgica y auxiliar de enfermería son los encargados mediante trabajo integral en equipo de llevar a cabo este tipo de procedimientos, mediante el desarrollo de su labor se encuentran expuestos principalmente al riesgo ergonómico biomecánico por posturas prolongadas, movimientos repetitivos por los múltiples equipos e instrumentos que se utilizan. El objetivo de esta monografía es recolectar información acerca de investigaciones, artículos, guías a nivel internacional que puedan ser instrumento para minimizar los factores de riesgo ergonómico para los trabajadores de la salud que laboran en quirófano.

### **Quirófano**

En la cirugía mínimamente invasiva, la destreza está limitada por la ubicación de los equipos, ubicación de la cámara, puerto de acceso que limita el movimiento de los instrumentos. El principal factor de riesgo para la aparición de trastornos musculoesqueléticos es la desviación del cuerpo de la posición neutral (21)

La postura del cirujano durante la cirugía laparoscópica se ve afectada principalmente por las posturas corporales estáticas, la altura de la mesa de operaciones, el diseño de los instrumentos quirúrgicos, la posición de la pantalla principal y el uso de pedales. De acuerdo a algunos estudios e investigaciones realizados sobre ergonomía durante la práctica quirúrgica laparoscópica está principalmente relacionada con el nivel de experiencia

Las ventajas de la cirugía mínimamente invasiva radican en los beneficios para los pacientes, sin embargo, Los cirujanos, deben hacer frente a las desventajas causadas por la organización de un quirófano poco ergonómico debido a las características y condiciones de la cirugía en si. Esto incluye la arquitectura, el diseño de quirófano, la interacción del equipo, el equipamiento y, finalmente, la postura y los mangos de los instrumentos. Para prevenir áreas de presión, lesiones nerviosas persistentes, calambres musculares y fatiga causados por herramientas poco ergonómica (35)

El equipo quirúrgico actúa bajo la actividad visual y de retroalimentación de sus acciones desde un monitor colocado en la parte superior de un carro laparoscópico que se encuentra fuera del quirófano campo y lejos del paciente, debido a este diseño y ubicación, la línea de visión se desvía de la línea de acción, generando una postura incómoda para el cirujano que incluye la rotación de la columna, extensión del cuello y elevación de la parte superior extremidades. Esta posición llevada a cabo por varias horas ocasiona molestias musculoesqueléticas en las cuales compromete el desempeño de la tarea quirúrgica (21)



## **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

En la presente monografía se determinará el riesgo ergonómico basados en la literatura existente e investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional a través de búsqueda bibliográfica, fuentes documentales basadas en la evidencia en bases de datos como SCOPUS, EBSCO, GOOGLE ACADÉMICO, SPRINGER OPEN.

Serán incluidos los documentos obtenidos del análisis bibliométrico con respecto al riesgo ergonómico encontrado en quirófano en procedimientos de cirugía mínimamente invasiva, por este medio identificar cuáles son los síntomas y patologías que presentan con mayor prevalencia en los profesionales de la salud, con el fin de aportar un diseño organizacional y de estructuración de los datos recolectados, argumentación crítica de los resultados y la elaboración de conclusiones con respecto a los datos, artículos e investigaciones encontradas.

## **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION DOCUMENTAL**

### **Análisis documental.**

- Recolección y clasificación de información obtenida de bases de datos tales como: SCOPUS, EBSCO, GOOGLE ACADÉMICO, SPRINGER OPEN.
- Análisis bibliométrico en SCOPUS
  - Criterios de análisis: Numero de documento por año, numero de documento por autor, numero de documento por institución, clasificación por tipo de documento.
- Análisis de información bibliométrico utilizando el Software Vosviewer 1.6.18.
  - Análisis de coocurrencias por palabra clave
  - Definición de variables: tiempo de cirugía, ubicación de equipos, diseño de equipos
  - Interpretación de resultados
  - Redacción de resultados y conclusiones

### **Análisis de contenido cualitativo.**

- Diseño organizacional sobre problemática ocasionada por riesgo ergonómico en cirugía mínimamente invasiva
  - Definición de criterios y guías ergonómicas de posicionamiento corporal

## **RESULTADOS DE ANALISIS BIBLIOMETRICO SCOPUS**

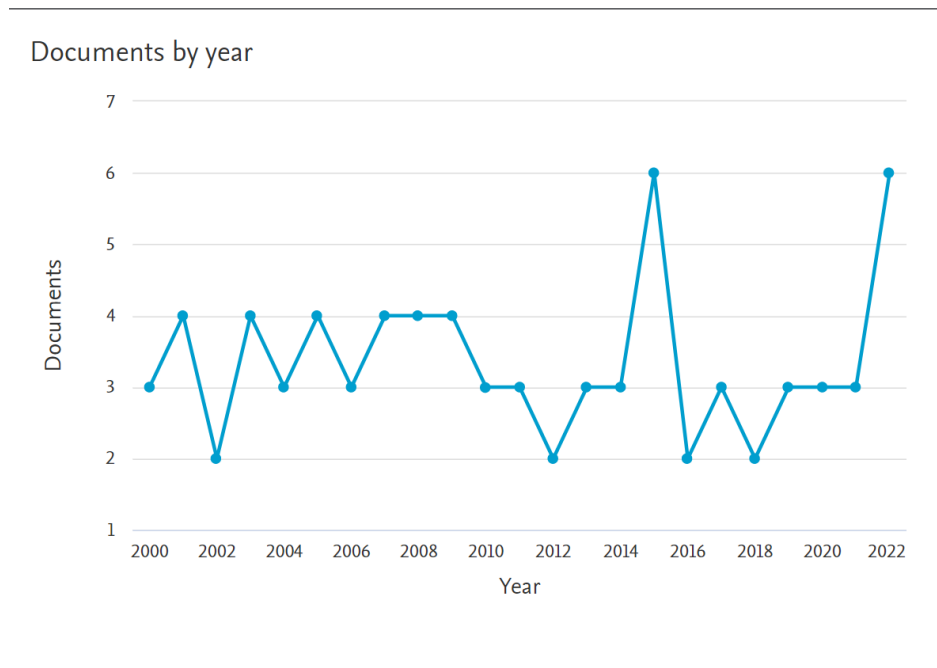
En este análisis bibliográfico se muestra la producción científica que se encuentra disponible en el periodo 2000 – 2022 con relación a la ergonomía en cirugía mínimamente invasiva el cual permite conocer las tendencias de publicación por autores, temáticas, instituciones, países y regiones, entre otros.

### **CONDICIONES DE BUSQUEDA SCOPUS**

**TITLE-ABS-**

**KEY ( ergonomics AND minimally AND invasive AND surgery ) AND ( LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "Surgical Endoscopy" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "Minimally Invasive Therapy And Allied Technologies" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2022 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2011 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2010 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2009 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2008 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2007 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2006 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2005 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2004 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2003 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2002 ) OR LIMIT-**

TO ( PUBYEAR , 2001 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2000 ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ch" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "bk" ) ) AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Minimally Invasive Surgery" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Ergonomics" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Humans" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Article" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Laparoscopy" ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Laparoscopic Surgery" ) ).



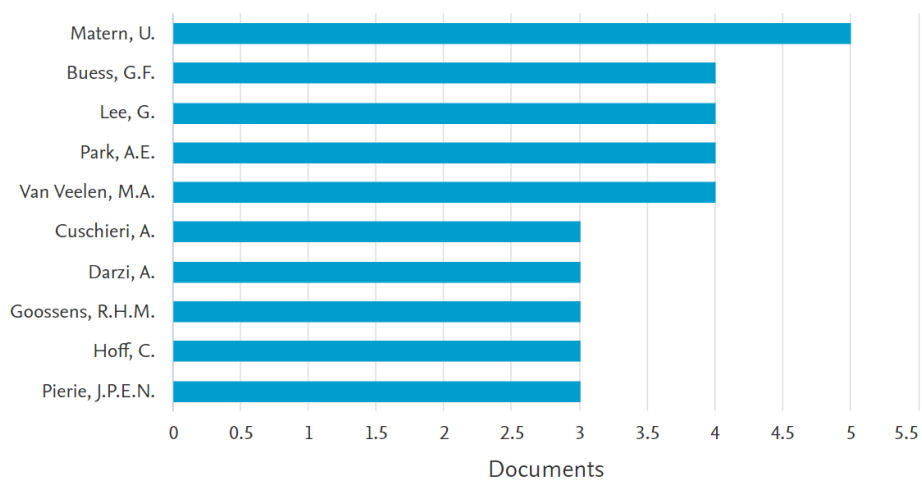
**Grafica 1. Número de documentos por año.**

De acuerdo a la revision bibliografica realizada desde el año 2000 hasta la actualidad, se evidencia que los años donde se produjo mayor contenido academico fue en el 2015 y 2022 encontrando 6 publicaciones por cada año; en el 2015 Tung, Kryztopher D. realizó una prueba de una nueva herramienta para el desarrollo de cirugías

mínimamente invasivas considerando su función ergonómica en comparación con el instrumento utilizado tradicionalmente, en el 2022 Thurston, Tegan estudió el estrés y fatiga musculo esquelética el material recopilado se puede usar para formar programas de capacitación en el área quirúrgica enfocados en la relevancia de la ergonomía de los profesionales y reducir los factores de riesgo de lesiones ocupacionales.

### Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.

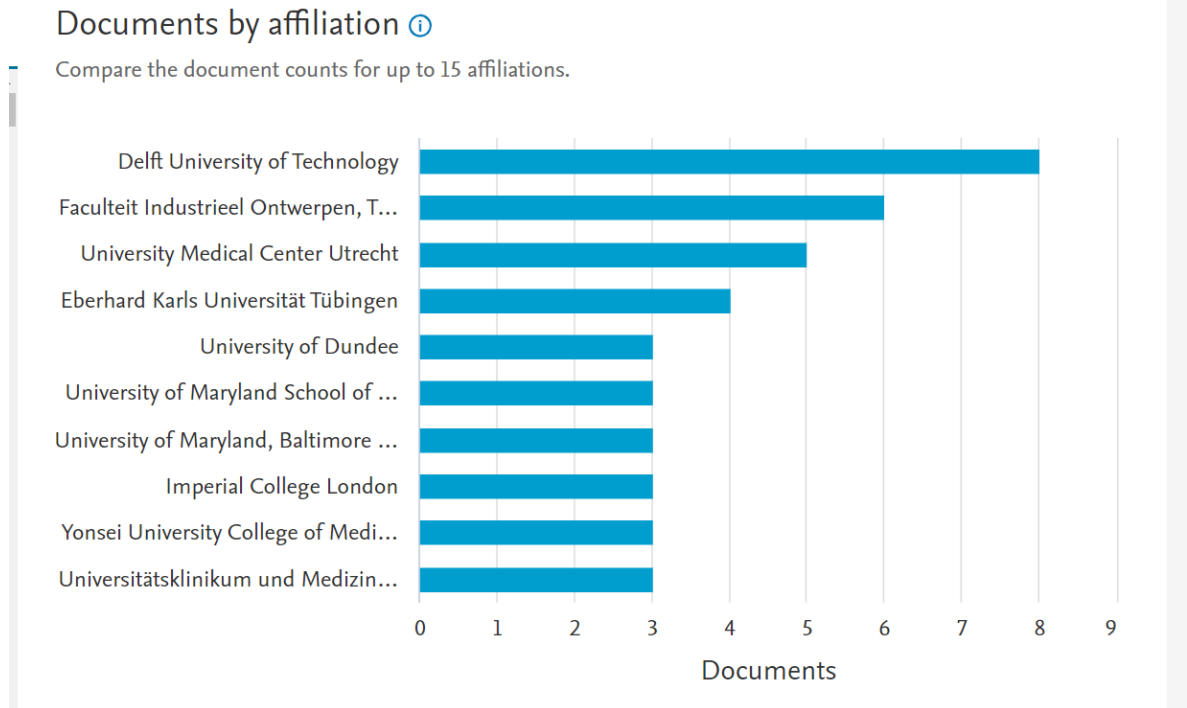


### **Grafica 2. Número de documentos por autor.**

Los autores mencionados en la grafica son los que tuvieron mayor actividad academica en el periodo 2000 – actualidad, sus estudios fueron enfocados en recopilar informacion acerca de las causas de las afecciones osteomusculares ocasionadas en el desarrollo de cirugias minimamente invasivas de diferentes especialidades, incluyendo las condiciones de las salas de operaciones, los instrumentos que se utilizan con mayor frecuencia y la influencia de factores internos y externos en los sintomas presentados por los profesionales.

Matern, U. realizó un importante aporte con respecto a la ergonomia de los instrumentos (mangos) de la cirugia minimamente invasiva para lo cual recomienda en

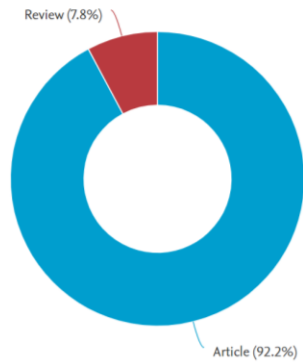
su estudio postura de trabajo ergonomica con informacion anatomica, fisiologia y ergonomica, estableciendo criterios para selección de instrumentos.



**Grafica 3. Número de afiliaciones por institución.**

De la producción científica en el periodo utilizado para la revisión bibliográfica se pueden visualizar las 10 instituciones con mayor actividad académica; la institución con mayor número de publicaciones es el Delft University of Technology con 8 publicaciones, seguido Faculteit Industrieel Ontwerpen, TU Delft con 6 publicaciones, el University Medical Center Utrecht con 5 publicaciones, Eberhard Karls Universität Tübingen con 4 publicaciones, y el University of Dundee, University of Maryland School of Medicine, University of Maryland, Baltimore UMB, Imperial College London, Yonsei University College of Medicine, Universitätsklinikum und Medizinische Fakultät Tübingen con 3 artículos respectivamente.

Documents by type

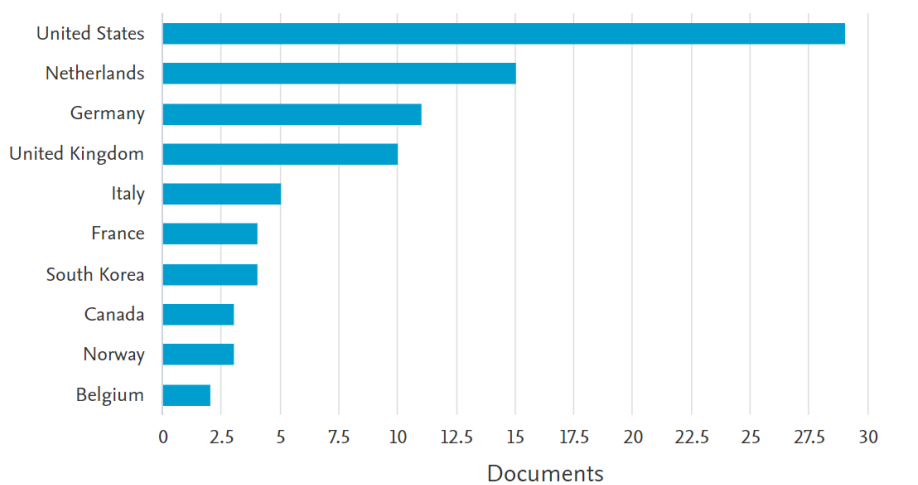


**Grafica 4. Clasificación por tipo de documento.**

Más del 90 % de los estudios realizados en relación a la ergonomía en cirugía mínimamente invasiva son de tipo artículo científico realizando investigación en la población de interés con el objetivo de recopilar datos para la mejora de la organización de los elementos utilizados en el desarrollo de las actividades.

Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

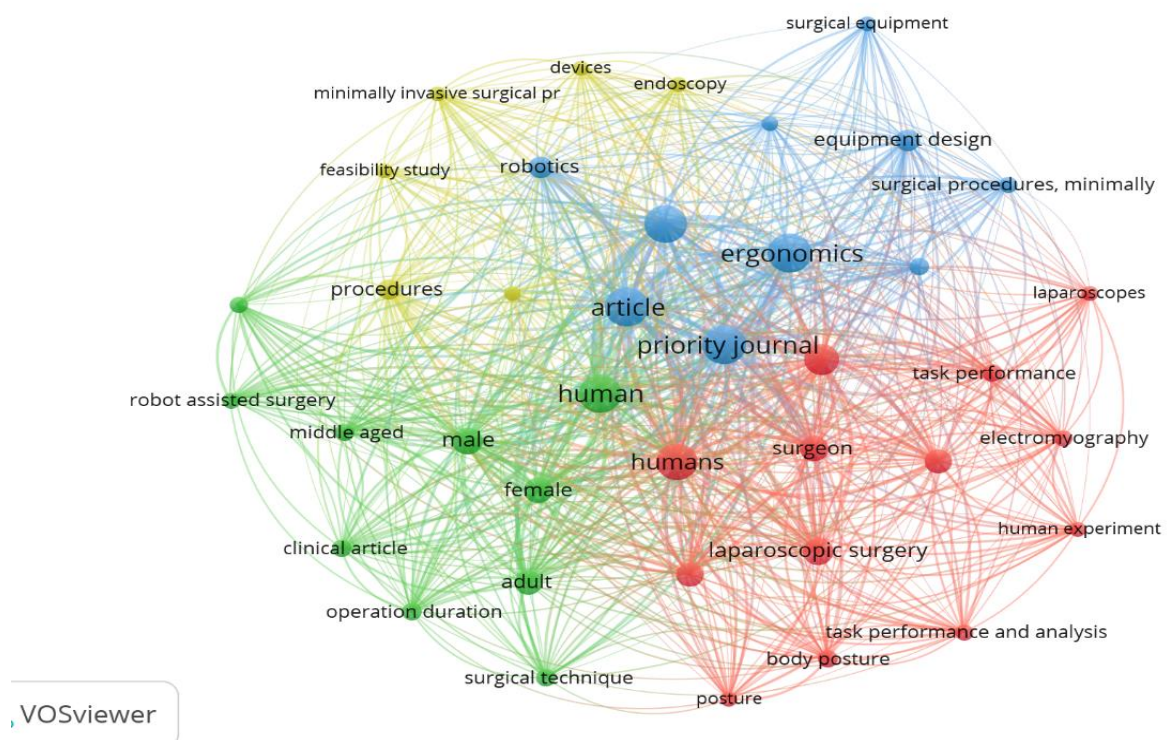


**Grafica 5. Clasificación por lugar de producción.**

En la gráfica n° 5 muestra el número de documentos publicados por país, mencionando los 10 países donde se realizaron estudios con respecto a ergonomía en cirugía mínimamente invasiva, teniendo Estados Unidos 29 documentos, Países bajos 15 documentos, Alemania 11 documentos, Reino Unido 10 documentos, Italia 5 documentos, Francia 4 documentos, Corea del Sur 4 documentos, Canadá 3 documentos, Noruega 3 documentos, Bélgica 2 documentos.

### RESULTADOS DE ANALISIS BIBLIOMETRICO EN EL SOFTWARE VOSVIWER

Se realizó un analisis bibliometrico teniendo en cuenta la busqueda de ergonomia en cirugia minimamente en la base de datos scopus, en formato Ris, tipo de analisis de co-ocurrencia, con un numero minimo de co-ocurrencias por palabra clave de 10. Se utilizaron 77 documentos para el analisis.



**Grafica 6.** Visualización de una red de asociacion de palabras claves, en ergonomia minimamente invasiva.

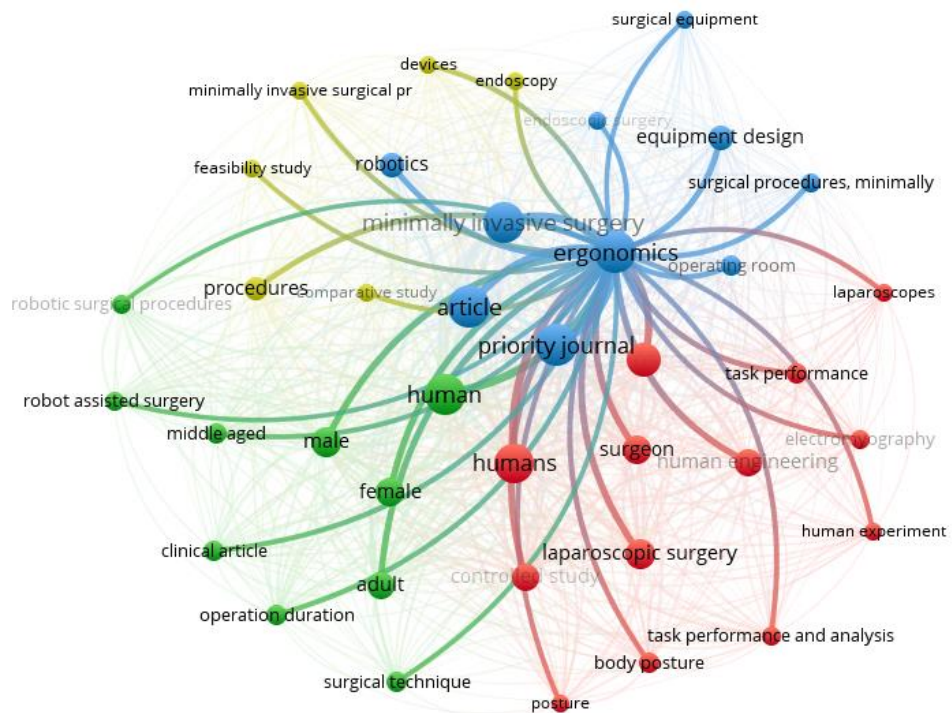


En la grafica 6 se observan cuatro cluster formados de las palabras claves con mas relevancia en los articulos analizados, por asociacion de temas de acuerdo a las lineas de investigacion de ergonomia en cirugia minimamente invasiva, en donde cada circulo o nodo representa cada palabra y de acuerdo a su tamaño representa mayor numero de referencias, tal es el caso de ergonomia, articulo prioritario, postura corporal, cirugia laparoscopica, entre otras.

De acuerdo con el acoplamiento bibliografico, se puede evidenciar que cuanto mas cerca se encuentran dos palabras, mayor será la relación entre ellas. Es decir que las palabras o lineas de investigacion que se ubican cerca una de la otra, se tienden a citar en los mismos articulos.

Los colores indican agrupaciones de palabras clave fuertemente relacionadas entre si, según la fuerza de acomplamiento bibliografico.

Ademas se evidencia que para cluster de color azul, que represneta los nodos de mayor tamaño, en el cual se han desarrollado los temas asociados a las palabras clave ergonomia, procedimientos en cirugia minimamente invasiva, diseño de equipos, equipos de cirugia principalmente; los articulos que en la busqueda se encuentran asociados a la ergonomia, se encuentra una comparacion del riesgo ergonomico y laparoscopico y robotico, Evaluación de la actividad muscular y la fatiga durante la cirugía laparoscópica, Experiencia inicial utilizando un controlador de aguja laparoscópico manual totalmente articulado controlado por software en la reparación de hernia inguinal TAPP, Impacto de la asistencia robótica en la carga de trabajo mental y el rendimiento cognitivo de los cirujanos en formación que realizan una tarea compleja de sutura mínimamente invasiva, evaluación ergonómica de la cirugía torácica asistida por video con acceso de puerto único versus acceso de tres puertos, El efecto del diseño ergonómico del mango de la herramienta laparoscópica en el rendimiento y la eficiencia, Comparación de sistemas quirúrgicos robóticos y laparoendoscópicos de un solo sitio en una tarea de sutura y atado de nudos entre otros, estos estudios se han centrado en investigar las posiciones corporales, tiempo de cirugia, diseño de equipos, investigacion de cirugias asistidas por robot en las cirugias minimamente invasivas evaluando la ergonomia de los cirujanos.

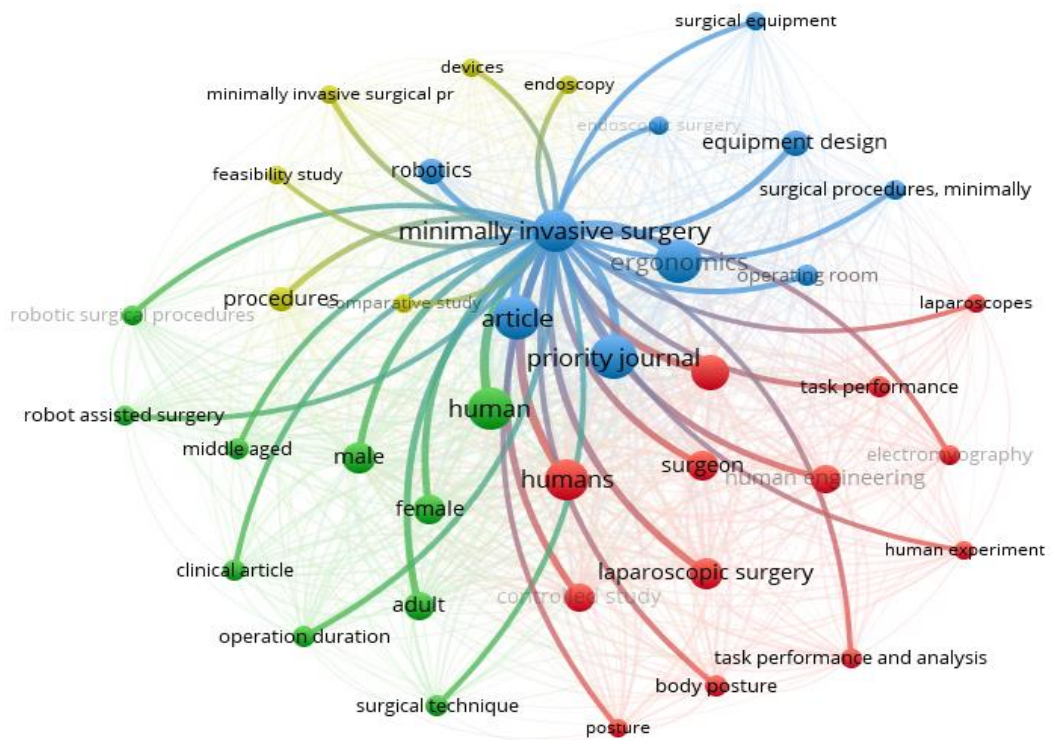


**Grafica 7.** Visualización de mapa de la correlación entre ergonomía y otras líneas de investigación.

Se presenta el mapa bibliométrico para la palabra de mayor relevancia, que es ergonomía que se encuentra con una relación más fuerte con las áreas de artículos prioritarios, cirugía, cirugía laparoscópica, cirugía mínimamente invasiva, que tienen mayor número de referencias por ende mayor posicionamiento.

Dentro de la correlación de ergonomía con las diferentes palabras clave se han desarrollado los siguientes estudios; Bosma, en su estudio estableció los requisitos de diseño de instrumentos laparoscópicos con base a esto se fabricó un prototipo funcional y se probó durante 3 procedimientos, en los cuales se encontró una postura más ergonómica. (36)

Albayrak A. realizó una evaluación de un soporte corporal para cirugías mínimamente invasivas y abiertas; los resultados de este estudio implican que apoyar el cuerpo es una forma efectiva de reducir la actividad muscular, lo que a largo plazo puede reducir los problemas físicos y las molestias. Además, el producto apoya al cirujano en su postura natural durante los procedimientos abiertos y mínimamente invasivos y se puede adaptar fácilmente al diseño actual del quirófano.(37)



**Grafica 8.** Visualización de mapa de la relación de las palabras cirugía mínimamente invasiva con la revisión bibliográfica

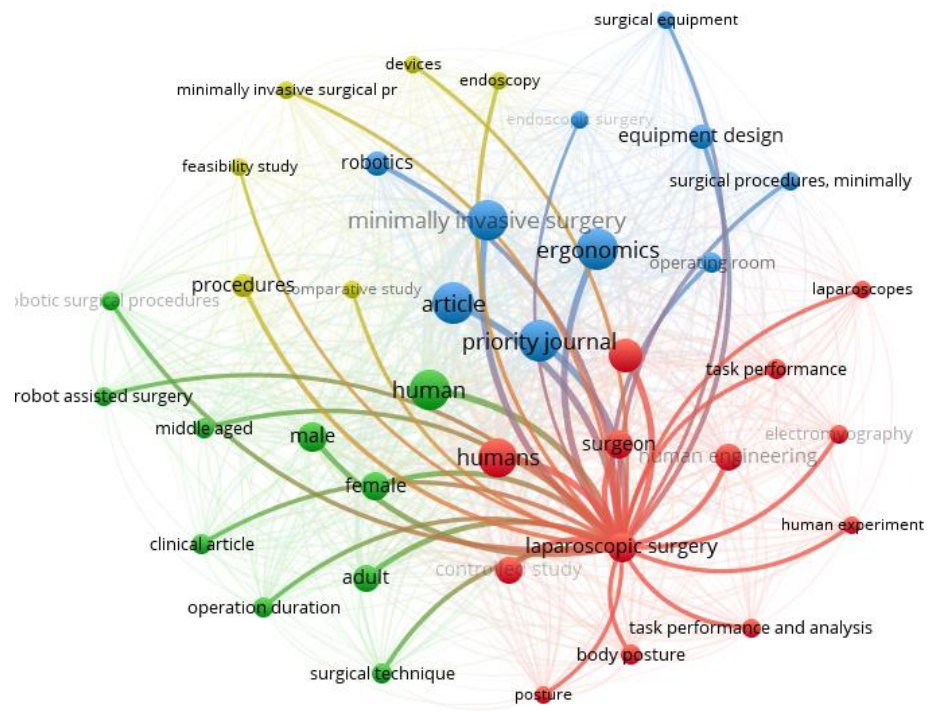
En la gráfica número 8, se observa la relación más fuerte entre el área de cirugía mínimamente invasiva con los artículos que más referencian el área de diseño de equipos, ergonomía, robótica y presentan una fuerte correlación entre ellas.

A pesar que la cirugía mínimamente invasiva tiene grandes avances en la medicina, presenta grandes desafíos ergonómicos para el médico cirujano, por tanto, se han realizado varias en investigaciones enfocadas en mejorar las condiciones de los cirujanos entre ellas encontramos; Una comparación del riesgo ergonómico laparoscópico y robótico, el objetivo de este estudio fue comparar los riesgos ergonómicos específicos entre los cirujanos para procedimientos robóticos y laparoscópico, en el cual se evidencio que el entumecimiento del dedo derecho y la rigidez del hombro derecho y la irritabilidad del cirujano después de la laparoscopia y un aumento de la rigidez de la espalda después de la cirugía robótica (38).

Se encuentra un estudio realizado por Bertolaccini, L. et al. 2015, (20) en la que evalúan la ergonomía de la cirugía torácica asistida por video con acceso de puerto único versus acceso de tres puertos, esta es una técnica utilizada para la cirugía mínimamente invasiva que ofrece ventajas ergonómicas y nuevos desafíos para el cirujano. En este estudio se realizó un análisis de postura de los cirujanos, midiendo la rotación axial cabeza – tronco y flexión de la cabeza.

En el área de cirugía también se encuentra un estudio realizado por Al-Hakim, L. 2011 (39) hacia el impacto de la interrupción prevenible en el tiempo operatorio para la cirugía mínimamente invasiva, en donde estudios ergonómicos actuales muestran que la interrupción expone a los equipos quirúrgicos a estrés y trastornos musculoesqueléticos. Este estudio considera la cirugía mínimamente invasiva como un proceso sociotécnico sujeto a una variedad de eventos disruptivos distintos a los reconocidos por la ciencia ergonómica.

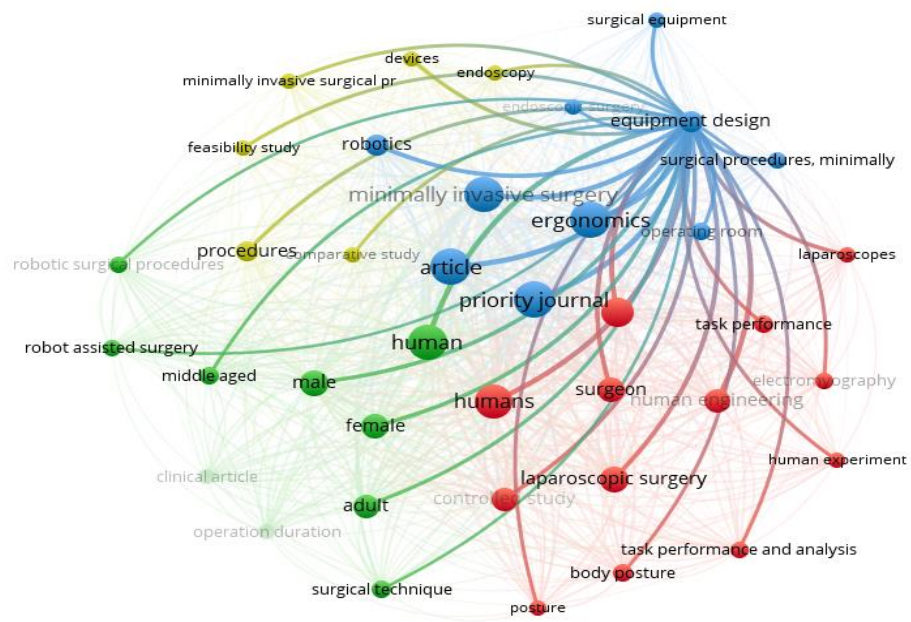
Bertolaccini, L. et al. Realizó un estudio en el año 2020 (20) en donde evalúan el impacto de la asistencia robótica en la carga de trabajo mental y el rendimiento cognitivo de los cirujanos en formación que realizan una tarea compleja de sutura mínimamente invasiva que afecta el desempeño de los cirujanos en el desarrollo de las cirugías y ocasionan una mala ergonomía en los mismos.



**Grafica 9.** Visualización de mapa de la relación del área temática cirugía laparoscópica con otras áreas temáticas

Teniendo en cuenta los datos presentados en la gráfica 9, se evidencia el nivel de referenciación en el área de cirugía laparoscópica, con una fuerte relación con el área de postura corporal, cirugía, experimentación en humanos; Thurston, Tegan, desarrolló un estudio en el cual evaluó la actividad muscular y la fatiga durante la cirugía laparoscópica el cual concluyo que este estudio se puede usar para desarrollar programas de capacitación quirúrgica centrados en la importancia de la ergonomía del cirujano y minimizar el riesgo de lesiones ocupacionales.(40)

Van Det M.J. Realizo una revisión en la tuvo como objetivo formular los desafíos ergonómicos relacionados con el posicionamiento del monitor en cirugía mínimamente invasiva el cual tuvo como resultado que la posición del monitor es un factor ergonómico importante durante la cirugía mínimamente invasiva. En el plano horizontal, el monitor debe estar derecho frente a cada persona y alineado con el eje motor antebrazo-instrumento para evitar la rotación axial de la columna. En el plano sagital, el monitor debe colocarse por debajo del nivel de los ojos para evitar la extensión del cuello.(41)



**Grafica 10.** Visualización de mapa de la relación del área temática diseño de equipos con otras áreas temáticas

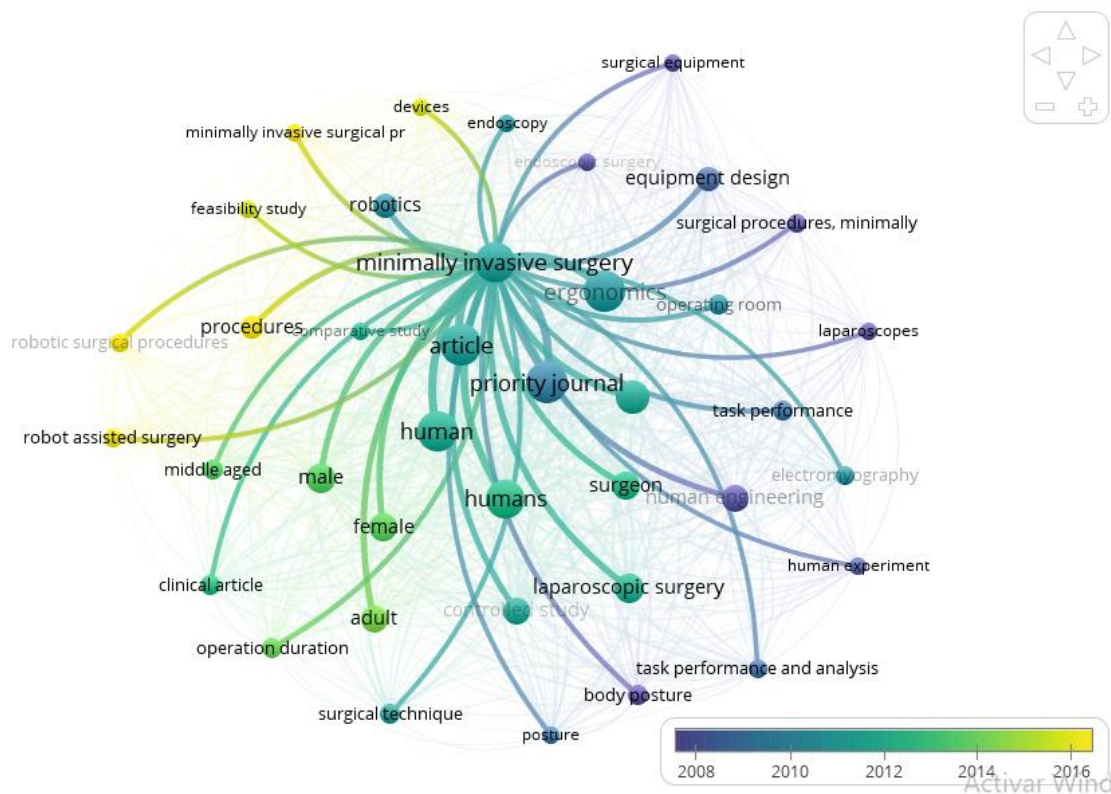
La línea de investigación para el diseño de equipos está fuertemente relacionada con la ergonomía, con los procedimientos realizados en la cirugía mínimamente invasiva, cirugía laparoscópica que es un tipo de cirugía mínimamente invasiva, para esta área se encuentra una investigación realizada por Tung, K.D.(42) en donde realiza un estudio asociado al efecto del diseño ergonómico del mango de la herramienta laparoscópica en el rendimiento y la eficiencia. El objetivo de este estudio es cuantificar el impacto que tienen las consideraciones de diseño ergonómico en el desempeño del cirujano, teniendo en cuenta que son muchos los factores que afectan el desempeño de un cirujano en el quirófano; estos pueden incluir la comodidad del cirujano, la ergonomía del diseño del mango de la herramienta y la fatiga.

El mango de una herramienta laparoscópica diseñado con consideraciones ergonómicas se probó con una herramienta del mercado actual con un mango de agarre tradicional.

Otro importante estudio asociado al diseño de equipos es una Comparación de sistemas quirúrgicos robóticos y laparoendoscópicos de un solo sitio en una tarea de sutura y atado de nudos, investigación realizada por Eisenberg, D. et al. en el año 2013 (43) el cual tuvo como objetivo principal Comparar un sistema LESS (cirugía

laparoscópica de un solo sitio) con una plataforma de cirugía robótica de un solo sitio en el desempeño de una tarea de sutura y anudado en condiciones clínicamente simuladas.

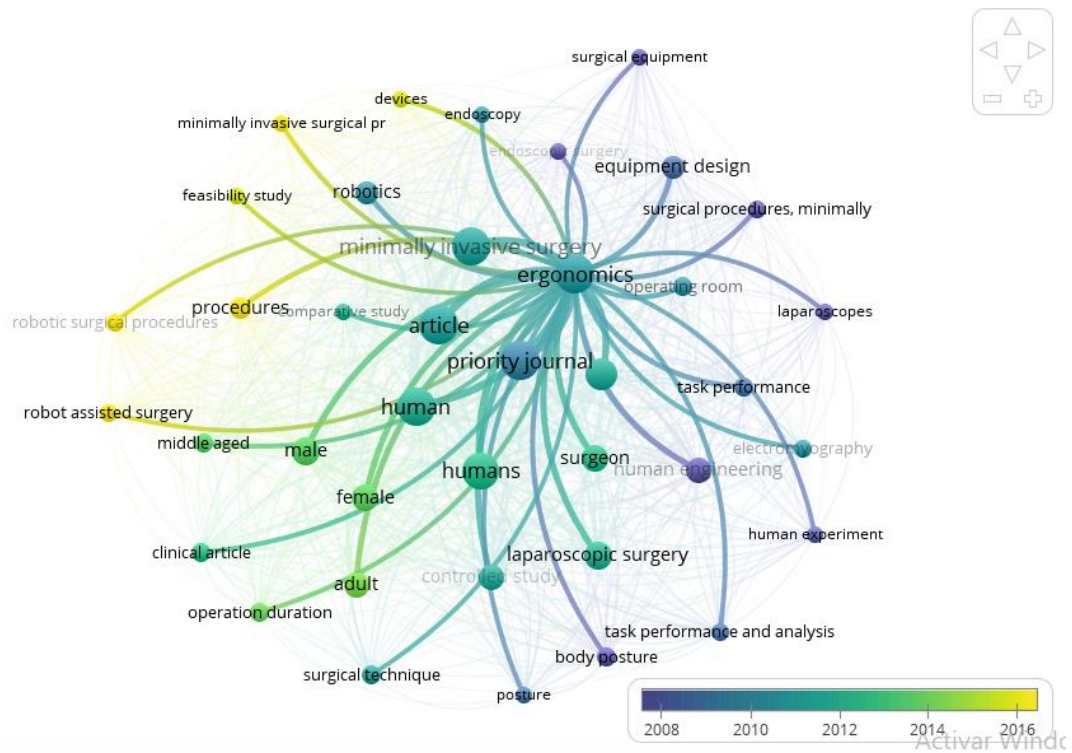
La cirugía laparoendoscópica de un solo sitio (LESS) se ha establecido para varios procedimientos. Las deficiencias de la cirugía LESS incluyen la pérdida de triangulación, colisiones de instrumentos y mala ergonomía, lo que hace que las tareas laparoscópicas avanzadas sean especialmente desafiantes.



**Grafica 11. Área de investigación - Cirugía mínimamente invasiva año 2012**

Dentro de los estudios realizados durante el periodo de tiempo y tema al cual hace alusión la gráfica está; “Ergonomics of disposable handles for minimally invasive surgery “ en el cual Büchel D investigó un nuevo concepto de mango de pistola ergonómica, realizada como prototipo, y dos mangos de anillo desechables de acuerdo con las propiedades ergonómicas establecidas por los nuevos estándares europeos, encontrando como resultado que los mangos de anillo, los voluntarios pudieron realizar la mayoría de las tareas de manera más eficiente utilizando el mango prototipo sin áreas de presión, calambres o dolor notables.(44)

Göpel, Tobias concluyo en su estudio La sutura parcialmente automatizada en cirugía mínimamente invasiva ofrece ventajas con respecto a la rapidez de operación y ergonomía. El trabajo en curso en este campo tiene que concentrarse en la minimización, la implementación en sistemas robóticos y el desarrollo de nuevos métodos de operación.(45)



**Grafica 12. Área de investigación - Ergonomía, año 2010-2012**

En la gráfica anterior de visualización del área de investigación asociada para ergonomía se realizó entre los años 2010 a 2012 aproximadamente, durante ese tiempo se produjeron algunos artículos científicos tales como Ergonomía de mangos desechables para cirugía mínimamente invasiva investigación realizada por Büchel, D., Mårvik, R., Hallabrin, B., Matern, U. Un estudio de la actividad muscular postural de los cirujanos durante la cirugía abierta, laparoscópica y endovascular laparoscópica, Szeto, G.P.Y., Ho, P., Ting, A.C.W., (...), Tsang, R.C.C., Cheng, S.W.K.; Segmentectomía lateral izquierda laparoscópica con incisión única de metástasis hepática colorrectal Las dificultades



ergonómicas de la laparoscopia de puerto único incluyen la pérdida de la triangulación de instrumentos y la operación con cámara e instrumentos en paralelo.

### **Afecciones Ergonómicas ocasionadas en cirugía Mínimamente Invasiva**

La cirugía mínimamente invasiva ha traído múltiples beneficios en medicina como la rápida recuperación de los pacientes, estancias hospitalarias cortas etc. De ahí radica la importancia de cuidar el bienestar ergonómico de los profesionales quienes realizan estos procedimientos ya que al realizar su labor se ven enfrentados a múltiples afecciones de tipo ergonómico.

En la revisión realizada por Dalager, sobre literatura existente acerca cirugía laparoscópica y robótica y expone que los cirujanos que realizan cirugía mínimamente invasiva se exponen a posturas de trabajo incómodas y estáticas y requieren mayor habilidad y destreza. Se ha postulado que la laparoscopia asistida por robot es superior a la laparoscopia convencional en cuanto a la tensión ergonómica para los cirujanos, y se expone la necesidad de que los estudios de intervención futuros deben evaluar los posibles medios para aliviar y prevenir el dolor musculoesquelético entre los cirujanos.(46)

El estrés y fatiga musculoesquelética es de las afecciones más recurrentes en cirugía mínimamente invasiva, en el estudio realizado por Tegan Thurston los cirujanos desarrollaron fatiga en casos consecutivos mientras realizaban cirugía mínimamente invasiva y los resultados de la investigación se pueden usar para desarrollar programas de capacitación quirúrgica centrados en la importancia de la ergonomía del cirujano y minimizar el riesgo de lesiones ocupacionales.(40)

En la última década se incrementó la realización de cirugías mínimamente invasivas por los múltiples beneficios que conlleva tanto como al paciente como a las instituciones de salud, de ahí radica la importancia en generar estrategias las cuales sirvan de apoyo en cuanto a posturas, jornadas laborales, tiempo de descanso entre procedimientos ya que en la actualidad se carece de literatura con respecto a mejoras en la ergonomía de la cirugía mínimamente invasiva, en el estudio realizado por Armijo, expone que los profesionales que desarrollan cirugía mínimamente invasiva sufren distensión muscular y fatiga en miembros superiores y cansancio a nivel del cuello y hombros; en los profesionales que realizan cirugía robótica presentaron algunas molestias menores, en comparación con aquellos que realizan cirugía mínimamente invasiva, por lo cual sugiere la cirugía robótica como la opción más cómoda y segura para los cirujanos.(47)

Las lesiones musculoesqueléticas son cada vez más conocidas y pueden llevar a un accidente de trabajo ya que este puede ocurrir con cualquier lesión corporal ocurrida en el trabajo en la investigación que desarrolló Janki, expuso que a pesar de los beneficios de la cirugía mínimamente invasiva, trae desventajas como restricción de movimiento, postura estática de cuello y espalda en periodos prolongados, posición incomoda para mirar el monitor, lo que conlleva a una fuerte fatiga muscular, aquellos que han padecido lesiones de este tipo ha sido necesario la medicación con analgésicos, antiinflamatorios no esteroideos, y relajantes musculares, como también ha sido necesario masajes como terapia y fisioterapia, lo cual se han propuesto acciones de mejora en cuanto a ubicación de equipos y diseño de área para mejorar las molestias. (48)

La ergonomía de quien realiza cirugías mínimamente invasivas en comparación con la cirugía asistida por robot es mejor, en este estudio se demostró que la cirugía

robótica puede reducir la carga de trabajo y la estrés físico o mental. Esto se aplica especialmente a tipos de cirugía específicos como la cirugía pélvica. Y se encontró menos estrés mental, mejor ergonomía y mejor rendimiento en una configuración experimental las personas que se incluyeron en el estudio. (49)

La postura corporal es de importancia ya que se puede reducir algunas de las afecciones musculoesqueléticas e incluso prevenirlas, Kramp evaluó dos posturas del paciente en el desarrollo de una cirugía mínimamente invasiva en específico, postura francesa y postura americana, la cual en la posición francesa se notó una ligera flexión toracolumbar en comparación con la americana. (50)

Sutton, enfocó su estudio en las afecciones padecidas por mujeres realizando cirugías mínimamente invasivas las cuales sufren con mayor frecuencia molestas en muñecas, manos y dedos en comparación con el género masculino lo cual se concluye que es necesario un rediseño en los mangos laparoscópicos y mejoras en la posición y altura de la mesa de operaciones.(51)

### **Aspectos ergonómicos, posicionamiento corporal y ubicación de equipos en cirugía mínimamente invasiva.**

Actualmente, se han incrementado los procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos, debido a todos los beneficios que conllevan para el paciente, sin embargo presenta grandes desafíos ergonómicos para el cirujano (52). Estudios muestran que existe una mayor carga de trabajo que ocasionan lesiones varios grupos musculares en la parte superior del cuerpo, hombros y cuello, debido las posturas prolongadas para el desarrollo de la cirugía.

El estrés musculoesquelético ocasionado durante la cirugía mínimamente invasiva puede contribuir al desarrollo de lesiones crónicas en los cirujanos (53), debido al tiempo

de cirugía y postura ocasiona fatiga en ellos, reflejada en el trabajo muscular de los bíceps y tríceps. Entre algunas lesiones y/o fatigas generadas se encuentran el entumecimiento del dedo derecho, rigidez del hombro derecho y la irritabilidad del cirujano después de la laparoscopia y un aumento de la rigidez de la espalda después de la cirugía robótica (38)

Estudios demuestran que una de las técnicas que pueden presentar mejoras para la ergonomía del cirujano son las que incluyen con asistencia robótica, En la cirugía laparoscópica se presentan aumentos en el dolor en la mano y hombro derecho y en el dolor en la mano y hombro izquierdo en comparación con la cirugía mínimamente invasiva con técnica Robótica. Además, se evidencia una mayor actividad muscular en el musculo deltoides derecho y en el trapecio en comparación con la asistida por robótica (38)

La implementación de herramientas y equipos pueden disminuir las afecciones ergonómicas en los cirujanos, en un estudio realizado por (54) se determina si un impulsor de aguja articulado laparoscópico controlado por software de mano puede disminuir o mitigar estas dificultades la cirugía de hernia inguinal laparoscópica, que dió como resultado que es una herramienta prometedora en las cirugías mínimamente invasiva.

Dentro de la cirugía mínimamente invasiva además de las lesiones o afecciones físicas, también presenta impactos sobre la carga mental y el rendimiento cognitivo después de un tiempo determinado de desarrollo de la cirugía (55).

Entre otros factores que pueden afectar el desempeño o eficiencia del cirujano en el quirófano que influyen directamente en la comodidad del cirujano, ergonomía del diseño del mango de la herramienta y la fatiga (42).

Entre los estudios consultados, se encuentra información donde afirman que la cirugía robótica trae consigo mejoras en la ergonomía del cirujano debido a la postura corporal, que implica sentarse en una consola robótica, en donde es más seguro para el cirujano desde el punto de vista de la lesión y el esfuerzo del músculo en comparación con los cirujanos que realizan cirugía laparoscopia tradicional (52).

Entre los aspectos ergonómicos el diseño del quirófano y del instrumental está relacionado o ha favorecido a cirujanos con características físicas tales como: más altos, con manos grandes y fuertes. Y se encuentran en una gran desventaja aquellas mujeres con características físicas contrarias a las anteriormente mencionadas (56). Por tanto, las mujeres experimentan lesiones y molestias en las manos, el rediseño de los mangos de los instrumentos laparoscópicos y las mejoras en la altura de la mesa comprenden soluciones prometedoras.

Los diferentes procedimientos quirúrgicos requieren diferentes demandas físicas a los cirujanos y se han presentado tasas de prevalencia de dolor de cuello y hombro entre los cirujanos generales, En el estudio realizado por (57) compara las actividades de los músculos del cuello y el hombro en tres tipos de cirugía y entre diferentes cirujanos, además examina las relaciones de las actividades de los músculos posturales con los síntomas musculoesqueléticos y los factores personales y concluye que que la cirugía abierta impuso demandas físicas significativamente mayores sobre los músculos del cuello en comparación con las cirugías endovasculares y laparoscópicas. Esto puede deberse a las demandas de tareas manuales más livianas de estas cirugías mínimamente invasivas en comparación con los procedimientos abiertos, que generalmente requieren movimientos más dinámicos y esfuerzos más enérgicos.

Es importante resaltar que dentro de las investigaciones realizadas algunas de ellas están enfocadas al diseño e implementación de nuevas y mejoradas herramientas que faciliten las labores de los cirujanos en los procedimientos mínimamente invasivos, Buchel, D et al., (58) investigó un nuevo concepto de empuñadura de pistola ergonómica, realizado como prototipo, y dos empuñaduras de anillo desechables de acuerdo con las propiedades ergonómicas para evaluar la ergonomía de los mangos utilizados en los procedimientos operativos estándar (p. ej., medir una sutura y cortar a la medida, maniobras y orientación precisas, y disección. )

La ubicación de equipos dentro del quirófano es otros de los aspectos que influyen en la ergonomía del cirujano, de acuerdo a la estudio realizado por Van Det, et al., (33)

la posición del monitor en la cirugía laparoscópica es un importante determinante de la ergonomía del cirujano durante el procedimiento, cuando este se ubica en la mayor proximidad de las manos del cirujano, en línea con el eje motor de antebrazo -instrumento del cirujano evita fatiga visual y mejor postura general.

La mejor posición del monito también se define como un equilibrio entre eficacia y eficiencia por una parte y comodidad y seguridad por otra. Este equilibrio varía según el individuo, disciplina y el tipo de procedimiento. Sin embargo, este equilibrio se logra teniendo conciencia por parte del equipo quirúrgico para crear su propio entorno. El tipo de procedimiento también puede influir en el equilibrio. La prevención de las molestias musculoesqueléticas es un problema mayor durante procedimientos largos y complejos, en los que se enfatiza más el aspecto de comodidad y seguridad que durante procedimientos cortos procedimientos (59).

Los estudios referenciados indican que la cirugía laparoscópica es un tipo de cirugía más estática que la cirugía laparoscópica tradicional, por tanto, las posturas que se ocupan durante las cirugías deben ser neutrales cuando esta es prolongada.

### **Diseño organizacional de ergonomía en cirugía mínimamente invasiva.**

Diferentes estudios son de gran utilidad para construir diferentes estrategias en las cuales sirvan de guía referente a posturas corporales correctas, ubicación de equipos y dispositivos médicos con el fin de optimizar los espacios en el quirófano, y variedad de instrumental que se ha utilizado para los estudios investigativos los cuales sus resultados hayan sido positivos con el fin de contribuir a mejorar la calidad de vida de los profesionales en salud, y minimizar los riesgos a los cuales se encuentran expuestos ejerciendo su labor.

En una investigación Göpel, T, realizó pruebas a una sutura llamada EndoStitch automatizada, la cual proporciona al cirujano la facilidad ergonómica ya que su funcionamiento se logra utilizando un solo dedo, la sutura automatizada en cirugía mínimamente invasiva ofrece ventajas con respecto a la velocidad de operación y la ergonomía, tiene un cómodo agarre, el cambio de agujas es automático y una favorable

manipulación ergonómica, este estudio puede servir de referente en la adquisición de nuevos instrumentos en favor de optimizar tiempos de cirugía reducidos así mismo en disminuir las molestias y síntomas que se puedan presentar por los cirujanos y por el equipo quirúrgico, al estar expuestos a posturas prolongadas en largos periodos de tiempo.(45)

Se ha evidenciado del importante papel que juegan de los instrumentos y dispositivos médicos en la realización de las tareas y su facilidad de ejecución en cirugías mínimamente invasivas, enfocándose en ofrecer ergonomía al equipo quirúrgico, en los últimos años se han realizado diseños de instrumentos y pruebas en el ámbito quirúrgico con el fin de proporcionar la comodidad y ergonomía tanto como sea posible, Büchel, D. realizó el estudio de un nuevo prototipo de mango con pistola ergonómica fabricado por Ethicon, se realizó este estudio en comparación con dos mangos tradicionales y los resultados arrojaron que el nuevo prototipo no genera áreas de presión y dolor que lo generan los mangos tradicionales, y también completaron las tareas en menor tiempo y se cometieron menos errores, los cuales sus beneficios se ven reflejados de forma

positiva tanto en el personal de salud ya que sus tiempos de cirugía con mas cortos, y en mejores condiciones y para los pacientes al exponerse menos tiempo en el procedimiento quirúrgico. (44)

Uno de los principales problemas de tipo ergonómico que afecta al personal de salud que ejecuta los procedimientos de cirugía mínimamente invasiva está basado en el diseño de las salas de cirugía convencionales ya que es una sala utilizada para todo tipo de procedimientos quirúrgicos, y es necesario en el momento de realizar los procedimientos desplazar los dispositivos médicos hasta la sala de operaciones siendo estos objetos pesados e incómodos como también los cables de conexión y tubos quedan suspendidos en el piso obstaculizando el movimiento dentro de la sala ; en las salas convencionales el equipo está instalado en un carro móvil y en la cima está instalado el monitor no permite ajustar altura, una de las soluciones la plantea Van Det, en su investigación expone implementar una sala dedicada a la cirugía mínimamente invasiva donde los equipos están integrados, los monitores deben estar suspendidos del techo con

opción de ajustar altura y rotación para proporcionar postura ergonómica y prevenir angulaciones de la cabeza y cuello, en este estudio Van Det realizó una comparación de la postura ergonómica de todo el equipo quirúrgico en una cirugía en la sala de operaciones convencional y en la sala de cirugía mínimamente invasiva la cual redujo la sintomatología musculoesquelética y mejoría en la postura de cabeza y cuello.(60)

Además, se han realizado estudios con respecto a la ubicación, diseño de equipos y herramientas de cirugía mínimamente invasiva actuales, en particular el malestar físico ocasionado durante y después del uso de instrumentos laparoscópicos.

La posición del monitor es un factor muy importante en la ejecución de las cirugías mínimamente invasivas. “En el plano horizontal, el monitor debe estar derecho frente a cada persona y alineado con el eje antebrazo-instrumento para evitar la rotación axial de la columna vertebral En el plano sagital, el monitor debe estar colocado más bajo que el nivel de los ojos para evitar la extensión del cuello” (41)

En la revisión bibliográfica Van Det expone las siguientes pautas referentes a la ubicación de equipos y posturas corporales ergonómicas realizando la cirugía mínimamente invasiva.

En el plano horizontal, el monitor debe estar recto delante de cada persona en línea con el antebrazo-eje del motor del instrumento, evitando la rotación axial de la columna vertebral.

En el plano sagital, el monitor debe colocarse más bajo que el nivel de los ojos para evitar la extensión del cuello.

La dirección de visualización más cómoda es aproximadamente 158 cm hacia abajo. El monitor más eficiente posición está cerca del campo operatorio, lo que implica una mayor dirección de visión inclinada.

La distancia de visualización depende en gran medida del tamaño del monitor debe estar lo suficientemente lejos para evitar la acomodación extensa de los ojos y la conversión por el musculo extraocular, y debe estar lo suficientemente cerca para evitar mirada fija y pérdida de detalle.



El paciente debe colocarse de manera que el cirujano puede trabajar directamente frente a él o ella.

El equipo, así como los cables y tubos que corren del equipo al paciente no debe interrumpir el eje ojo-mano-objetivo del cirujano.

La posición del equipo quirúrgico no debe interrumpir el eje ojo-mano-objetivo de la operación.

La persona que opera el laparoscopio debe colocarse para hacerlo en una posición neutral con una visión clara de un monitor.(41)

## CONCLUSIONES

Los profesionales que realizan procedimientos en cirugía mínimamente invasiva se encuentran expuestos a posturas de trabajo incómodas y estáticas y requieren mayor habilidad y destreza, de ahí radica la importancia de cuidar su bienestar ergonómico. El estrés y fatiga musculoesquelética son de las afecciones más recurrentes en este tipo de procedimientos. Las lesiones musculoesqueléticas pueden llevar a accidentes o enfermedades laborales afectando no solo al cirujano si no al paciente.

En la revisión bibliográfica se encontró que las mujeres presentan una gran desventaja por sus características físicas y aumentan las lesiones musculoesqueléticas debido a equipos y diseño del quirófano están enfocados o ha favorecido a cirujanos con características físicas tales como: más altos, con manos grandes y fuertes.

Los procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos son muy utilizados en la actualidad debido a todos los beneficios que conllevan para el paciente, sin embargo, presenta grandes desafíos ergonómicos para el cirujano, entre los principales aspectos ergonómicos en la cirugía mínimamente invasiva se encuentran, posturas corporales estáticas prolongadas, altura de la mesa de cirugía, el diseño y mango de los instrumentos, posición y ubicación del monitor, por tanto, los estudios se han enfocado en el diseño e implementación de nuevas y mejoradas herramientas que faciliten las labores de los cirujanos en los procedimientos mínimamente invasivos, la ubicación de las herramientas, especialmente cuando este se ubica en la mayor proximidad de las manos del cirujano, en línea con el eje motor de antebrazo -instrumento del cirujano evita fatiga visual y mejor postura general.

## **RECOMENDACIONES**

Los múltiples síntomas musculoesqueléticos presentados por los profesionales en salud sugieren futuros estudios e investigaciones para identificar el riesgo al que están para brindar información y lograr desarrollar estrategias que minimicen tanto sea posible las afecciones presentadas en los trabajadores, como también brindar pautas que puedan aportar en el diseño de nuevos prototipos de instrumentos que se emplean en cirugía mínimamente invasiva, ya que sea demostrado que en la mejoría del diseño ergonómico se disminuyen notablemente las molestias corporales, que permitan realizar el procedimiento quirúrgico en menor tiempo favorece como al personal de salud al reducir el tiempo de exposición como también al paciente.

## BIBLIOGRAFIA

1. Sánchez-Margallo FM, Sánchez-Margallo JA. Ergonomics in Laparoscopic Surgery. In: Laparoscopic Surgery. InTech; 2017.
2. 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. 2012 May;90(5):284–91.
3. Lee GI, Lee MR, Clanton T, Sutton E, Park AE, Marohn MR. Comparative assessment of physical and cognitive ergonomics associated with robotic and traditional laparoscopic surgeries. Surg Endosc. 2014;28(2):456–65.
4. Álvarez LS, González JJ, Navarrete F, Martínez E. Estudio ergonómico del cirujano durante la colecistectomía por vía abierta y laparoscópica. Cir Esp. 2002;71(4):192–6.
5. Riesgo ergonómico en el personal de cirugía de diferentes instituciones hospitalarias de la ciudad de Santiago de Cali, 2018 Resumen.
6. Van Veelen MA, Nederlof EAL, Goossens RHM, Schot CJ, Jakimowicz JJ. Ergonomic problems encountered by the medical team related to products used for minimally invasive surgery. Surg Endosc Other Interv Tech. 2003 Jul;17(7):1077–81.
7. Allendes PC, Cerda Díaz E, Rodríguez -Herrera C, Rey PN, Miranda -Mendoza I. Trabajo Original Ergonomía en cirugía laparoscópica ginecológica Ergonomics and gynecologic laparoscopic surgery. 2020.
8. Sari V, Nieboer TE, Vierhout ME, Stegeman DF, Kluivers KB. The operation room as a hostile environment for surgeons: Physical complaints during and after laparoscopy. Minim Invasive Ther Allied Technol. 2010 Apr;19(2):105–9.
9. Van Der Schatte Olivier RH, Van't Hullenaar CDP, Ruurda JP, Broeders IAMJ. Ergonomics, user comfort, and performance in standard and robot-assisted laparoscopic surgery. Surg Endosc. 2009;23(6):1365–71.

10. van Veelen MA, Jakimowicz JJ, Kazemier G. Improved physical ergonomics of palacosopic surgery. Vol. 13, Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies. 2004. p. 161–6.
11. Albayrak A, Kazemier G, Meijer DW, Bonjer HJ. Current state of ergonomics of operating rooms of Dutch hospitals in the endoscopic era. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2004 Jun;13(3):156–60.
12. Koneczny S. The operating room: Architectural conditions and potential hazards. *Work.* 2009;33(2):145–64.
13. Sheikhzadeh A, Gore C, Zuckerman JD, Nordin M. Perioperating nurses and technicians' perceptions of ergonomic risk factors in the surgical environment. *Appl Ergon.* 2009;40(5):833–9.
14. Matern U, Kuttler G, Giebmeier C, Waller P, Faist M. Ergonomic aspects of five different types of laparoscopic instrument handles under dynamic conditions with respect to specific laparoscopic tasks: An electromyographic-based study. *Surg Endosc Other Interv Tech.* 2004;18(8):1231–41.
15. Hemal AK, Ch M, Srinivas M, Charles AR. Ergonomic Problems Associated with Laparoscopy. Vol. 15, *JOURNAL OF ENDOUROLOGY.* Mary Ann Liebert, Inc; 2001.
16. Miller K, Benden M, Pickens A, Shipp E, Zheng Q. Ergonomics principles associated with laparoscopic surgeon injury/illness. In: *Human Factors.* 2012. p. 1087–92.
17. Xiao DJ, Jakimowicz JJ, Albayrak A, Goossens RHM. Ergonomic factors on task performance in laparoscopic surgery training. *Appl Ergon.* 2012;43(3):548–53.
18. Van Veelen MA, Snijders CJ, Van Leeuwen E, Goossens RHM, Kazemier G. Improvement of foot pedals used during surgery based on new ergonomic guidelines. *Surg Endosc Other Interv Tech.* 2003 Jul;17(7):1086–91.
19. Wauben LSGL, Van Veelen MA, Gossot D, Goossens RHM. Application of ergonomic guidelines during minimally invasive surgery: A questionnaire survey of 284 surgeons. *Surg Endosc Other Interv Tech.* 2006 Aug;20(8):1268–74.
20. Bertolaccini L, Viti A, Terzi A. Ergon-trial: ergonomic evaluation of single-port access versus three-port access video-assisted thoracic surgery. *Surg Endosc.* 2015;29(10):2934–40.
21. Matern U. Ergonomic deficiencies in the operating room: Examples from minimally invasive surgery. *Work.* 2009;33(2):165–8.

22. Matern U, Waller P. New technology Instruments for minimally invasive surgery Principles of ergonomic handles. 1999.
23. Gofrit ON, Mikahail AA, Zorn KC, Zagaja GP, Steinberg GD, Shalhav AL. Surgeons' Perceptions and Injuries During and After Urologic Laparoscopic Surgery. *Urology*. 2008 Mar;71(3):404–7.
24. Mezzacappa ES, Kelsey RM, Katkin ES. The effects of epinephrine administration on impedance cardiographic measures of cardiovascular function. Vol. 31, *International Journal of Psychophysiology*. 1999.
25. Berquer R, Smith WD, Davis S. An ergonomic study of the optimum operating table height for laparoscopic surgery. *Surg Endosc Other Interv Tech*. 2002;16(3):416–21.
26. Lucas-Hernaández M, Pagador JJ, Pe´rez-Duarte FJ, Castello´, PC, Sa´nchez-Margallo FM. Ergonomics Problems Due to the Use and Design of Dissector and Needle Holder: A Survey in Minimally Invasive Surgery. 2014.
27. Gutierrez-Diez MC, Benito-Gonzalez MA, Sancibrian R, Gandarillas-Gonzalez MA, Redondo-Figuero C, Manuel-Palazuelos JC. A study of the prevalence of musculoskeletal disorders in surgeons performing minimally invasive surgery. *Int J Occup Saf Ergon*. 2018 Sep;24(1):111–7.
28. Sers R, Forrester S, Zecca M, Ward S, Moss E. The ergonomic impact of patient body mass index on surgeon posture during simulated laparoscopy. *Appl Ergon*. 2021 Nov;97.
29. Stucky CCH, Cromwell KD, Voss RK, Chiang YJ, Woodman K, Lee JE, et al. Surgeon symptoms, strain, and selections: Systematic review and meta-analysis of surgical ergonomics. Vol. 27, *Annals of Medicine and Surgery*. Elsevier Ltd; 2018. p. 1–8.
30. Fransiak J, Ko EM, Kidd J, Secord AA, Bell M, Boggess JF, et al. Physical strain and urgent need for ergonomic training among gynecologic oncologists who perform minimally invasive surgery. In: *Gynecologic Oncology*. 2012. p. 437–42.
31. Litardo Velásquez CA, Ricardo J, Caballero D, Arturo G, Espinoza P. Artículo Original Este documento posee una licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional. Vol. X, *Revista Cubana de Ingeniería*. 2019.
32. Garb JR, Dockery CA. Reducing Employee Back Injuries in the Perioperative Setting. *AORN J*. 1995;61(6):1046–52.

33. Van Det MJ, Meijerink WJHJ, Hoff C, Totté ER, Pierie JPEN. Optimal ergonomics for laparoscopic surgery in minimally invasive surgery suites: A review and guidelines. Vol. 23, *Surgical Endoscopy*. Springer New York LLC; 2009. p. 1279–85.
34. Kant I., de Jong LCGM, Van Rijssen-Moll M, Born PJA. A survey of static and dynamic work postures of operating room staff. *Occup Environ Heal*. 1992;63:423–8.
35. Van Det MJ, Meijerink WJHJ, Hoff C, Van Veelen MA, Pierie JPEN. Ergonomic assessment of neck posture in the minimally invasive surgery suite during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc Other Interv Tech*. 2008;22(11):2421–7.
36. Bosma J, Boeken Kruger A, Jaspers J. A novel, intuitive instrument positioner for endoscopy, involving surgeons in design and feasibility. *Minim Invasive Ther Allied Technol* [Internet]. 2015;24(6):326–33. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84942778193&doi=10.3109%2F13645706.2015.1039547&partnerID=40&md5=aadf0826322aa330bc729652032fc06c>
37. Albayrak A, Van Veelen MA, Prins JF, Snijders CJ, De Ridder H, Kazemier G. A newly designed ergonomic body support for surgeons. *Surg Endosc Other Interv Tech* [Internet]. 2007;21(10):1835–40. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-34548649130&doi=10.1007%2Fs00464-007-9249-1&partnerID=40&md5=560458f7112e44cf12513b6a8e7b4968>
38. Monfared S, Athanasiadis DI, Umana L, Hernandez E, Asadi H, Colgate CL, et al. A comparison of laparoscopic and robotic ergonomic risk. *Surg Endosc*. 2022;
39. Al-Hakim L. The impact of preventable disruption on the operative time for minimally invasive surgery. *Surg Endosc*. 2011;25(10):3385–92.
40. Thurston T, Dolan JP, Husein F, Stroud A, Funk K, Borzy C, et al. Assessment of muscle activity and fatigue during laparoscopic surgery. *Surg Endosc* [Internet]. 2022; Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85123061193&doi=10.1007%2Fs00464-021-08937-6&partnerID=40&md5=364d4cca5fe5eb282cb1ea5a850d80d6>
41. Van Det MJ, Meijerink WJHJ, Hoff C, Totté ER, Pierie JPEN. Optimal ergonomics for laparoscopic surgery in minimally invasive surgery suites: A review and guidelines. *Surg Endosc* [Internet]. 2009;23(6):1279–85. Available from:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-68849123998&doi=10.1007%2Fs00464-008-0148-x&partnerID=40&md5=244f46558faadf18cb9c82571905e791>

42. Tung KD, Shorti RM, Downey EC, Blosswick DS, Merryweather AS. The effect of ergonomic laparoscopic tool handle design on performance and efficiency. *Surg Endosc*. 2015;29(9):2500–5.
43. Eisenberg D, Vidovszky TJ, Lau J, Guiroy B, Rivas H. Comparison of robotic and laparoendoscopic single-site surgery systems in a suturing and knot tying task. *Surg Endosc*. 2013;27(9):3182–6.
44. Büchel D, Mårvik R, Hallabrin B, Matern U. Ergonomics of disposable handles for minimally invasive surgery. *Surg Endosc* [Internet]. 2010;24(5):992–1004. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77955658061&doi=10.1007%2Fs00464-009-0714-x&partnerID=40&md5=3db50618fc54a903b0175dd76fa7242d>
45. Göpel T, Härtl F, Schneider A, Buss M, Feussner H. Automation of a suturing device for minimally invasive surgery. *Surg Endosc* [Internet]. 2011;25(7):2100–4. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79960416659&doi=10.1007%2Fs00464-010-1532-x&partnerID=40&md5=ca7d7be9d0305a1d5f01122085c49c6a>
46. Dalager T, Sjøgaard K, Bech KT, Mogensen O, Jensen PT. Musculoskeletal pain among surgeons performing minimally invasive surgery: a systematic review. *Surg Endosc* [Internet]. 2017;31(2):516–26. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84975303624&doi=10.1007%2Fs00464-016-5020-9&partnerID=40&md5=37dfb6f8b57ecfc9081495a95d342f90>
47. Armijo PR, Huang C-K, High R, Leon M, Siu K-C, Oleynikov D. Ergonomics of minimally invasive surgery: an analysis of muscle effort and fatigue in the operating room between laparoscopic and robotic surgery. *Surg Endosc* [Internet]. 2019;33(7):2323–31. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85055499673&doi=10.1007%2Fs00464-018-6515-3&partnerID=40&md5=eb4c192be354e2506a973ced1e0d8138>
48. Janki S, Mulder EEAP, IJzermans JNM, Tran TCK. Ergonomics in the operating room. *Surg Endosc* [Internet]. 2017;31(6):2457–66. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84991735492&doi=10.1007%2Fs00464-016-5247-5&partnerID=40&md5=cfcaab6f302a530cee7aa13adc29989f>



49. Szold A, Bergamaschi R, Broeders I, Dankelman J, Forgione A, Langø T, et al. European association of endoscopic surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery. *Surg Endosc*. 2015;29(2):253–88.
50. Kramp KH, Van Det MJ, Totte ER, Hoff C, Pierie J-PEN. Ergonomic assessment of the French and American position for laparoscopic cholecystectomy in the MIS suite. *Surg Endosc* [Internet]. 2014;28(5):1571–8. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84900305159&doi=10.1007%2Fs00464-013-3353-1&partnerID=40&md5=fdc3fe6776605bc43f4b8be123b373d4>
51. 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: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84899491349&doi=10.1007%2Fs00464-013-3281-0&partnerID=40&md5=3842ad48525d124203847bb4685b4e21>
52. Armijo PR, Huang C-K, High R, Leon M, Siu K-C, Oleynikov D. Ergonomics of minimally invasive surgery: an analysis of muscle effort and fatigue in the operating room between laparoscopic and robotic surgery. *Surg Endosc*. 2019;33(7):2323–31.
53. Thurston T, Dolan JP, Husein F, Stroud A, Funk K, Borzy C, et al. Assessment of muscle activity and fatigue during laparoscopic surgery. *Surg Endosc*. 2022;
54. Needham V, Camacho D, Malcher F. Initial experience using a handheld fully articulating software-driven laparoscopic needle driver in TAPP inguinal hernia repair. *Surg Endosc*. 2021;35(6):3221–31.
55. Lau E, Alkhamesi NA, Schlachta CM. Impact of robotic assistance on mental workload and cognitive performance of surgical trainees performing a complex minimally invasive suturing task. *Surg Endosc*. 2020;34(6):2551–9.
56. Sutton E, Irvin M, Zeigler C, Lee G, Park A. The ergonomics of women in surgery. *Surg Endosc*. 2014;28(4):1051–5.
57. Szeto GPY, Ho P, Ting ACW, Poon JTC, Tsang RCC, Cheng SWK. A study of surgeons' postural muscle activity during open, laparoscopic, and endovascular surgery. *Surg Endosc*. 2010;24(7):1712–21.
58. Büchel D, Mårvik R, Hallabrin B, Matern U. Ergonomics of disposable handles for minimally

invasive surgery. *Surg Endosc.* 2010;24(5):992–1004.

59. Van Det MJ, Meijerink WJHJ, Hoff C, Totté ER, Pierie JPEN. Optimal ergonomics for laparoscopic surgery in minimally invasive surgery suites: A review and guidelines. *Surg Endosc.* 2009;23(6):1279–85.
60. Van Det MJ, Meijerink WJHJ, Hoff C, Van Veelen MA, Pierie JPEN. Ergonomic assessment of neck posture in the minimally invasive surgery suite during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc Other Interv Tech [Internet]*. 2008;22(11):2421–7. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-54049084511&doi=10.1007%2Fs00464-008-0042-6&partnerID=40&md5=6a79b6c73d7eaed316b1efc0641c11ca>