

EVALUACIÓN ERGONÓMICA DEL STARSYSTEM PARA MEJORAR LOS RIESGOS BIOMECÁNICOS EN PROFESIONALES DE LA SALUD QUE DESARROLLAN CARDIOLOGÍA INTERVENCIONISTA Y NEURORRADIOLOGÍA

ERGONOMIC EVALUATION OF THE STARSYSTEM TO IMPROVE BIOMECHANICAL HAZARDS IN PHYSICIANS PERFORMING INTERVENTIONAL CARDIOLOGY AND NEURORADIOLOGY

Felipe Meyer-Cohen*
Leonardo Lagos-Hausheer**
Adrián Garces-Carrasco***

Resumen: Los profesionales que realizan intervenciones médicas corren el riesgo de sufrir trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Estos riesgos están principalmente asociados con posturas de trabajo inadecuadas, falta de soporte ergonómico durante los procedimientos y el efecto acumulativo del esfuerzo físico repetido debido al aumento de la carga de trabajo. Este estudio se centra en un dispositivo llamado STARSsystem y su impacto en la reducción de riesgos laborales en los campos de cardiología intervencionista y neurorradiología, con especial énfasis en los aspectos posturales. La investigación se divide en dos partes cuantitativa y cualitativa. El enfoque cuantitativo empleó técnicas de baropodometría, oscilografía, cinemática y sistemas de video de alta velocidad. El enfoque cualitativo se basó en encuestas y entrevistas para evaluar el STARSsystem desde la perspectiva de los usuarios. Los resultados indican que el STARSsystem proporciona una mejor postura para los especialistas, ya que mejora la distribución de carga más equilibrada en los pies, una movilidad mejorada en términos de cantidad y calidad, reducción del estrés muscular, y un equilibrio estático más eficiente. Además, se observó una mejora en la precisión de los procedimientos y una reducción en el tiempo de configuración en comparación con los sistemas tradicionales. Los especialistas mencionan que mejora no solo la postura de ellos sino también la del paciente. En conclusión, el uso adecuado del STARSsystem puede ayudar a los profesionales que realizan accesos radiales a mejorar su salud, rendimiento en los procedimientos y prevenir patologías musculoesqueléticas.

Palabras clave: Especialidad intervencionista, StarSystem, postura.

Abstract: Professionals performing medical interventions are at risk for work-related musculoskeletal disorders. These risks are mainly associated with improper working postures, lack of ergonomic support during procedures, and the cumulative effect of repeated physical exertion due to increased workload. This study focuses on a device called STARSsystem and its impact on reducing occupational

*Departamento de Ergonomía, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. Correo electrónico: fmeyer@udec.cl. Orcid: <https://orcid.org/0000000283296147>. Autor de correspondencia.

**Departamento de Kinesiología, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. Correo electrónico: leolagos@udec.cl. Orcid: <https://orcid.org/0000000325881548>

***Investigador independiente. Concepción, Chile. Correo electrónico: agarces@balans.cl. Orcid: <https://orcid.org/0009000567823807>

risks in the fields of interventional cardiology and neuroradiology, with special emphasis on postural aspects. The research is divided into two quantitative and qualitative parts. The quantitative approach employed baropodometry, oscillography, kinematics and high-speed video systems. The qualitative approach relied on surveys and interviews to evaluate the STARSystem from the users' perspective. The results indicate that the STARSystem provides improved posture for specialists by improving more balanced load distribution on the feet, improved mobility in terms of quantity and quality, reduced muscle stress, and more efficient static balance. In addition, an improvement in procedural accuracy and a reduction in set-up time compared to traditional systems was observed. Specialists mention that it improves not only their posture but also the patient's posture. In conclusion, the proper use of the STARSystem can help professionals who perform radial access to improve their health, procedure performance and prevent musculoskeletal pathologies.

Keywords: Interventional specialty, StarSystem, posture.

Recepción: 10.04.2023 / Revisión: 17.04.2023 / Aceptación: 03.05.2023

Introducción

La ergonomía aboga por un enfoque de sistemas para diseñar el trabajo y los lugares en donde se desarrolla, considerando las complejas interacciones entre el trabajador, las herramientas, los compañeros y la organización del trabajo (Moray, 2000). En el ámbito de la atención de la salud, los entornos de trabajo son particularmente complejos y requieren un enfoque ergonómico sistemático y holístico para comprender y mejorar el sistema (Buckley et al., 2006). Específicamente, el entorno del quirófano puede ser peligroso y estresante para los cirujanos, quienes realizan procedimientos complejos bajo presiones de tiempo (Memo et al., 2016; Edgar et al., 2000). A menudo, los médicos se ven expuestos a altas cargas de trabajo y están sujetos a diversos riesgos laborales, como lesiones cortantes, exposición a patógenos, estrés relacionado con el trabajo y dolor musculoesquelético (Vijendren et al., 2015; Vijendren et al., 2016).

A pesar de los avances en tecnología médica, los quirófanos aún carecen de un diseño ergonómico que tenga en cuenta la salud y comodidad de los cirujanos (Schlussel & Maykel, 2019). Las deficiencias ergonómicas, como la movilidad limitada de las mesas de operaciones, las superficies duras del suelo y la colocación incorrecta de los monitores, entre otros aspectos, pueden exponer a los cirujanos a situaciones peligrosas y condiciones de trabajo desfavorables. Como resultado, más del 80% de los cirujanos sufren lesiones o enfermedades relacionadas con el trabajo a lo largo de su carrera (Ronstrom et al., 2018).

Aunque el enfoque en el quirófano se centra generalmente en el paciente, es necesario considerar simultáneamente la postura adecuada para el cirujano. A menudo, los síntomas de incomodidad experimentados por los cirujanos son ignorados, lo que puede disminuir su productividad y poner en peligro su carrera (Knuttinen et al., 2021). En el caso particular de los cirujanos especialistas intervencionistas (EI), que son aquellos que realizan procedimientos terapéuticos con técnicas mínimamente invasivas, guiadas por imágenes diagnósticas, la falta de principios ergonómicos específicamente para cardiólogos y neuro radiólogos, contribuye a trastornos que pueden afectar su calidad de vida, productividad y

medios de vida (Cornelis et al., 2021; Shinohara, 2015) ya que estos profesionales, presentan trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (Benjamin & Meisinger, 2018), sin embargo, las prácticas ergonómicas y los entornos de trabajo de ellos, no han sido ampliamente evaluados, lo que los expone a un mayor riesgo de lesiones relacionadas con el trabajo (Cornelis et al., 2021; Knuttinen et al., 2021).

Factores ergonómicos en especialistas intervencionistas

Benjamin y Meisinger (2018), utilizaron el cuestionario nórdico (NMQ) para determinar las áreas comúnmente afectadas por problemas musculoesqueléticos relacionados con el trabajo entre los médicos. Los resultados indicaron que el dolor en el cuello fue el más frecuente, con un 65%, seguido de la espalda, hombro y miembros superiores, con un 59%, 52% y 39%, respectivamente. De aquellos con trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, el 12% requirió permisos de ausencia, restricciones o modificaciones en su práctica, o incluso jubilación anticipada.

En el caso de los EI, el equipo utilizado, las posturas incómodas, la falta de ergonomía en el equipo y las condiciones de trabajo pueden provocar dolor de cuello y espalda al menos una vez por semana en un 50% a un 60% de los médicos, con aproximadamente un 30% desarrollando lesiones en las extremidades superiores, una cifra que aumenta en el caso de las mujeres. Aunque la edad y la exposición acumulada al estrés laboral son factores de riesgo para el desarrollo de estos problemas, hasta el 80% de los médicos más jóvenes también pueden experimentar este problema, lo que podría atribuirse a su limitada experiencia y habilidades operativas (Knuttinen et al., 2021). Sin embargo, es posible que exista un sesgo hacia la falta de información sobre la incomodidad debido a la cultura general, donde solo los cirujanos con prácticas y/o condiciones más saludables continúan operando (Cornelis et al., 2021).

Materiales y métodos

Para la evaluación del STARSsystem, que consiste en una combinación de STARBoard, STARSsupport and STARTable, Figura 1, se utilizó un enfoque de métodos mixtos en dos fases. La fase 1, fue cuantitativa, basada en evaluaciones biomecánicas (Figura 2). La fase 2, la fase cualitativa, basada en encuestas y entrevistas. El método mixto es un procedimiento para recopilar, analizar y / o integrar datos cuantitativos y cualitativos en alguna etapa del proceso de investigación dentro de un solo estudio para obtener una mejor comprensión del objetivo de la investigación. Este diseño de estudio es más útil cuando el investigador desea evaluar tendencias y relaciones con datos cuantitativos, pero también ser capaz de explicar la razón detrás de la tendencia resultante. Por lo tanto, cuando se usan en combinación, los métodos cuantitativos y cualitativos se complementan entre sí y permiten un análisis más robusto, cada uno aprovechando sus fortalezas.

Figura 1. STARSystem.



Nota. El dispositivo STARSystem (1.d) está conformado por STARBoard (1.a), STARTable (1.b) y STARSupport (1.c).

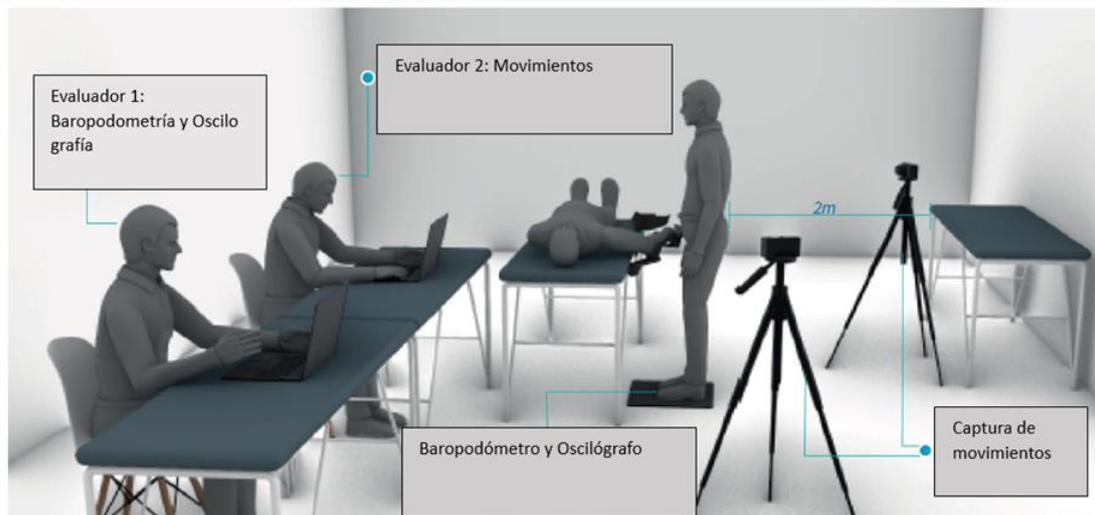
Fase 1: Evaluaciones biomecánicas

Este estudio se realizó en el laboratorio de prácticas y simulación de los departamentos de Ergonomía y Kinesiología de la Universidad de Concepción, entre diciembre de 2021 y marzo de 2022. El equipo de investigación replicó el ambiente utilizado por los equipos médicos y de enfermería que se conocían en las áreas quirúrgicas de los centros médicos que vieron visitas y entrevistas previas.

Participantes

Los sujetos (n=4) elegidos no tenían conocimiento previo ni experiencia con el equipo. Para fines de investigación, recibieron instrucciones verbales sobre el ensamblaje del dispositivo y las posturas corporales destinadas a replicar la actividad clínica, es decir, sin postura clínica (WCP) y con postura clínica (PC). El sujeto de prueba de camilla era un maniquí de simulación para adulto, figura 3.

Figura 2. Representación lugar de simulación en donde se desarrolló la fase 1.



Los materiales usados fueron:

- Baropodómetro: El examen baropodometrico consiste en la evaluación de las presiones del pie y su relación con la distribución de cargas corporales que se reflejan en la base de sustentación. Se utilizó Baropodómetro 40x40 SensorMedica, Italia, 2020. Software Freestep.
- Oscilografía: La oscilografía estudia el desplazamiento del centro de presión plantar, el cual es influido por el resto del cuerpo. Para la oscilografía se usó la función destinada para ello en este mismo dispositivo baropodometrico.
- Sistema de captura de video de alta velocidad: Se utiliza para capturar imágenes y videos en alta velocidad, esto para capturar tiempos y ángulos de movimientos corporales. Se utilizó cámaras de 330Fps, USB 3.0, sistematizadas en software Kinovea.
- Marcadores reflectantes: Estos fueron ubicados con cinta de doble contacto en puntos de referencia óseos utilizado habitualmente en estudios de biomecánica; pabellón auricular, C7, acromion, cabeza del radio, proceso estiloides ulnar, trocánter mayor, espinas iliacas posteriores.

Variables

Para todos los estudios se consideraron las siguientes variables:

- Con postura clínica (CPC): Posición usada por el clínico al momento de realizar la intervención. De pie, al costado de la cama, manipulando mano y antebrazo del paciente con sus dos extremidades. La vista va a las manos y al frente simulando las pantallas utilizadas en los procedimientos.
- Sin postura clínica (SPC): De pie, vista al frente, manos a los costados, base de sustentación a la altura de los hombros.
- Basal: Evaluación inicial utilizada siempre SPC. Es considerada una referencia para

comparar los procedimientos con y sin los utensilios.

- Con STARSsystem; Combinación de STARBoard, STARSsupport and STARTable (CSS): dispositivo usado durante el proceso investigativo. Hace referencia al estabilizador de hombro, codo y mano, y a la mesa lateral.
- Sin STARSsystem (SSS): Hace referencia a la instalación tradicional del paciente en posición pre-intervención. Es decir, ubicado en la cama en semi fowler generalmente o decúbito supino: hombro abducido, codo semi-flexionado, muñeca en hiperextensión soportada por un elemento externo en la porción dorsal, sujeción con banda tipo gasa.

Protocolo

El protocolo usado para cada sujeto constó de las siguientes pruebas, siempre en el mismo orden:

1. Baropodometría: tiempo de evaluación de 15 segundos por prueba a 400 Hz de captura. Los datos se visualizan en 2 y 3 dimensiones.
 - Basal, SPC, SSS.
 - CPC, CSS.
 - CPC, SSS.
2. Oscilografía: tiempo de captura de 60 segundos. Los datos se obtienen en data cruda, representación gráfica oscilográfica, y en tabla de frecuencias.
 - Basal, SPC, SSS.
 - CPC, CSS.
 - CPC, SSS.
3. Cinemetría: sistema de 2D ubicado en visión lateral y posterior del sujeto evaluado, usado para conocer ángulos y tiempo.
 - Basal, SPC, SSS.
 - CPC, CSS.
 - CPC, SSS.

Estudio de cinemetría

Los ángulos identificados en el estudio fueron:

- Ángulo de flexión de cuello: es evaluado entre un eje vertical desde el marcador acromial y otro en el pabellón auricular.
- Ángulo de flexo- extensión de columna: fue valorado como la proyección vertical tomada desde el marcador de trocánter mayor y el marcador ubicado en acromion.

- Ángulo de flexión de hombro: es el ángulo formado por los marcadores ubicados entre acromion y cabeza radial.

Tiempo

Armado del instrumental Adept Medical: sistema de 2D ubicado en visión lateral y posterior del sujeto evaluado. Para el estudio del tiempo se utilizó un cronómetro, siendo el inicio, la señal indicada por el evaluador, y el final, el momento en el cual el dispositivo estaba totalmente armado y el paciente en correcta ubicación.

- Se realizaron 2 pruebas por cada usuario.
- El instrumental fue colocado en una camilla ubicada a 2 metros de la camilla donde debía ser armado.
- El tiempo comenzó a contar desde la distancia de 2 metros donde estaban almacenados los equipos.

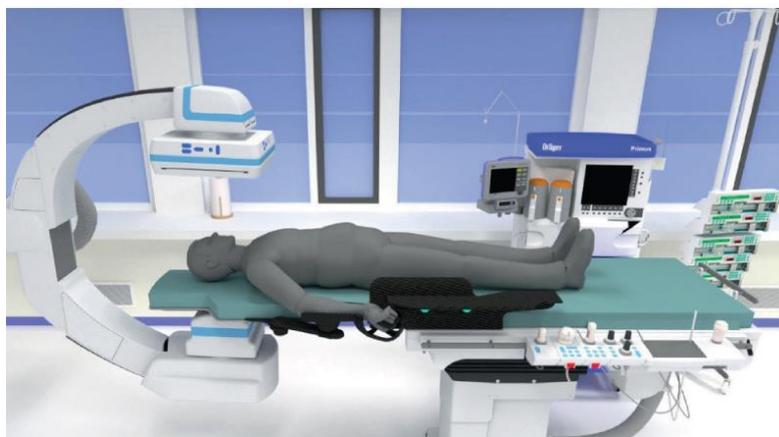
Fase cualitativa, encuestas y entrevistas

En esta fase participaron 13 profesionales de las áreas de radiología intervencionista y neurorradiología intervencionista (misma área), y de cardiología intervencionista (hemodinámica). El STARSsystem se instaló en las áreas de hemodinámica cardiológica y neurológica de un hospital de la ciudad de Concepción por un periodo de 4 meses, entre octubre del 2021 y marzo del 2022, Figura 3.

Se organizaron reuniones para discutir y presentar las preguntas y el alcance de la evaluación. El proceso de entrevista se realizó presencial y online en sesiones individuales o dobles de 20 a 60 minutos durante los meses de noviembre de 2021 - marzo de 2022.

El tipo de muestreo fue por “conveniencia”. Se utilizó una encuesta y entrevistas con representantes de los diferentes centros médicos para comprender en profundidad sus sistemas de trabajo relacionados con la función y la operatividad.

Figura 3. Representación gráfica del área de cardiología intervencionista (hemodinámica) en donde se instaló el STARSsystem para su testeo en intervenciones reales.



Resultados y discusión

La primera parte se refiere a los resultados del enfoque cuantitativo de fase 1, separados en los resultados del estudio de baropodometría, oscilografía y osteocinemática. La segunda parte presenta los resultados del enfoque cualitativo de la fase 2. Finalmente, una discusión sobre los hallazgos.

Resultados fase cuantitativa

Estudio baropodométrico

En la Tabla 1, se puede ver los cinco aspectos baropodométricos evaluados en el estudio de la distribución de la presión plantar. 1) Distribución de la carga entre los pies izquierdo y derecho; 2) Distribución de la carga entre el antepié izquierdo y el pie trasero; 3) Distribución de la carga entre el antepié derecho y el pie trasero; 4) Punto de presión máxima para los pies izquierdo y derecho; 5) Diferencia de superficie.

La distribución de cargas entre los pies izquierdo y derecho mejora de 42/58% a 53/47%, esto significa que la distribución de la carga entre ambos pies es más simétrica cuando se utiliza el sistema STARSystem. Incluso mejor que una posición no quirúrgica al 40/60%. Esto tiene un impacto positivo, ya que genera una mejor distribución del peso en la columna vertebral y la parte inferior del cuerpo, lo que permite una mayor comodidad con una actividad bípeda prolongada.

Tabla 1. Estudio baropodométrico con postura clínica (CPC) con STARSystem (CSS) y con postura clínica (CPC) sin STARSystem (SSS): expresado en el porcentaje de distribución de la carga (%).

Variables estudiadas	Referencia (%)	Basal SPC (%)	CPC CSS (%)	CPC SSS (%)
Distribución de la carga pie izquierdo	50,00	40,00	53,00*	42,00
Distribución de la carga pie derecho	50,00	60,00	47,00*	58,00
Distribución de la carga antepié izquierdo	45,00	27,50	41,00*	36,50
Distribución de la carga retropié izquierdo	55,00	72,50	59,00*	63,50
Distribución de la carga antepié derecho	45,00	43,50*	52,50	44,00*
Distribución de la carga retropié derecho	55,00	56,50*	47,50	56,00*

Nota. *Diferencias estadísticas significativas ($p < 0,005$).

En cuanto a la distribución de la carga entre el antepié izquierdo y el pie trasero, la distribución de la carga tiene una respuesta fisiológica positiva y se distribuye mejor cuando CSS, 41/59 (%) versus SSS, 36,5/63,45 (%) para el pie izquierdo. SSS generó un desequilibrio de carga hacia el pie trasero izquierdo, fomentando también la rotación del tronco para compensar este desequilibrio. En el caso del antepié derecho y el pie trasero, mejora con SS, 52,5/47,5 (%) frente a SWSS, 44/56 (%). El pie derecho era el pie "ágil", lo que permitía

compensar los movimientos superiores del tronco. Cuando se utilizó SS, este presentó una ligera carga anterior, lo que implica mejoras en la reacción de equilibrio, y por lo tanto un mejor control de la base de apoyo gracias a este menor apoyo.

En la Tabla 2, se observa el punto de presión máxima para el pie izquierdo y derecho, es un valor simétrico y denota la distribución correcta de las cargas entre ambas extremidades. Se mejora en un 17,6%, de 698 gr/cm² a 821,5 gr/cm² para el pie izquierdo, y un 5,1%, de 781,5 gr/cm² a 821,5 gr/cm², para el pie derecho.

Tabla 2. Estudio baropodométrico con postura clínica (CPC) con STARSystem (CSS) y con postura clínica (CPC) sin STARSystem (SSS) asociado al punto de máxima presión de ambos pies (gr/cm²).

Variables estudiadas	Referencia	Basal SPC (%)	CPC CSS (%)	CPC SSS (%)
Punto de máxima presión pie izquierdo gr/cm ²	-	767,50	821,50*	698,00
Punto de máxima presión pie derecho gr/cm ²	-	783,50	821,50*	781,50

Al evaluar la diferencia de superficie, el STARSystem presenta una mejor diferencia de superficie plantar debido a la simetría de carga mejorada. La diferencia fue de 7cm², 113 para el pie izquierdo y 106 para el pie derecho con el STARSystem. Sin STARSystem la diferencia fue de 12cm², 114 para el pie izquierdo y 126 para el pie derecho.

Tabla 3. Estudio baropodométrico con postura clínica (CPC) con STARSystem (CSS) y con postura clínica (CPC) sin STARSystem (SSS) de la superficie de apoyo de ambos pies (cm²).

Variables estudiadas	Referencia	Basal SPC (%)	CPC CSS (%)	CPC SSS (%)
Superficie de apoyo pie izquierdo cm ²	-	100,50	113,00	114,00
Superficie de apoyo pie derecho cm ²	-	121,00	106,00	126,00
Diferencia de superficie 0%+- 10%	0,00	17,00	8,50*	9,50*

Nota. *Diferencias estadísticas significativas (p<0,005).

En resumen, del estudio de baropodometría, que incluye pruebas con postura clínica (PC) y la implementación del STARSystem, muestra una mejoría en las condiciones de base de soporte; desde una mejor distribución de la carga entre ambos pies, una mejor distribución de la carga dentro del pie (antepié y pie trasero) y una presión más equitativa. Desde un punto de vista biomecánico, estas condiciones mejoran el rendimiento musculoesquelético, ya que evitan cualquier rotación del tronco a largo plazo o sobrecarga de los músculos posteriores, como el isquiotibial o el gastrocnemio. Esto es relevante ya que una postura estática ininterrumpida aumentará el riesgo de dolor de espalda a largo plazo a través de una contracción isométrica sostenida del grupo muscular extensor lumbar. Incluso con esfuerzos bajos de la contracción muscular voluntaria máxima, resulta en una disminución de la oxigenación del tejido y corre el riesgo de lesiones posteriores. Esto puede estar asociado a una lesión adicional a medida que los músculos y tendones acumulan ácido láctico y toxinas secundarias a la compresión de venas y capilares cuando se mantienen en

estas posiciones estáticas.

Evaluación de oscilografía

Se evaluaron cuatro aspectos para la medición de la oscilografía. Estos fueron: 1) Frecuencia de muestreo; 2) Longitud de la circunferencia postural; 3) Delta de oscilación X e Y; y 4) Velocidad mediana.

La frecuencia de muestreo observada al usar STARSsystem fue idéntica a la basal. Esto muestra la disminución de la carga de trabajo neuromusculoesquelética para controlar la posición, Tabla 4. Los humanos son más saludables cuando están en bajas frecuencias. Las frecuencias altas significan estrés o alteraciones del sistema nervioso central. La frecuencia más baja mostrada en la Tabla 4 indica un efecto positivo.

Tabla 4. Frecuencia de muestreo basal sin postura clínica (WCP), postura clínica con STARSsystem (CP CSS) y postura clínica sin STARSsystem (CP SSS).

Oscilografía bipodalida (60 s)	Basal SPC	CPC CSS	CPC SSS
Frecuencia de muestreo Hz	19,50	19,50	21,50

La longitud de la circunferencia postural es una representación entre el desplazamiento total de la persona y el tiempo necesario para hacer la prueba. Cuando se utilizó STARSsystem hubo mayor desplazamiento total, Tabla 5. Este hecho demuestra que los sujetos, a pesar de tener menor frecuencia, tuvieron una mayor carrera general. Esto indica una mejor calidad y cantidad de movimiento para la misma acción dada. El sujeto cubrió más distancia, lo que indica una mejor respuesta corporal, ya que los ajustes posturales son más precisos.

Tabla 5. Longitud de la circunferencia postural basal sin postura clínica (SPC), postura clínica con STARSsystem (CP CSS) y postura clínica sin STARSsystem (CP SSS).

Oscilografía bipodalida (60 s)	Basal SPC	CP CSS	CPC SSS
Longitud de la circunferencia postural < 300 mm	381,50	813,00*	688,00

Nota. *Diferencias estadísticas significativas (p<0,005).

La evaluación de la oscilación delta, en X e Y, SS indica que delta X está relacionado con la cantidad de movimiento en el plano frontal, es decir, los movimientos laterales. Para SS hubo mayor desplazamiento mediolateral que SSS, Tabla 6. Esto indica un mayor desplazamiento y alcance lateral de la parte superior del cuerpo, que se refleja en la base de apoyo. SS permite más y mejor desplazamiento lateral que WSS. Esto reflejaría la comodidad del equipo, que permite al médico "moverse" de forma más natural con SS mientras realiza los procedimientos.

Tabla 6. Evaluación de la oscilación delta, basal sin postura clínica (SPC), postura clínica con STARSsystem (CP CSS) y postura clínica sin STARSsystem (CP SSS).

Oscilografía bipodalida (60 s)	Basal SPC	CP CSS	CPC SSS
Delta X de la oscilación mm	13,98	75,94*	22,94
Delta Y de la oscilación mm	8,22	22,91*	15,77

Nota. *Diferencias estadísticas significativas (p<0,005).

En el estudio de oscilografía, la velocidad mediana se refiere a la velocidad mediana en mm/s alcanzada durante toda la prueba, Tabla 7. Para el uso de CSS, el valor fue mayor que para SSS. Esto es en relación con el mayor desplazamiento logrado con SS.

Tabla 7. Evaluación velocidad mediana (mm/s) basal sin postura clínica (SPC), postura clínica con STARSystem (CP CSS) y postura clínica sin STARSystem (CP SSS).

Oscilografía bipodalida (60 s)	Basal SPC	CP CSS	CPC SSS
Velocidad media mm/s	6,44	14,31	11,57

Como conclusión del estudio de oscilografía, el dispositivo STARSystem genera una mayor carrera lateral y anteroposterior del centro de masa, aunque más fuerte en el aspecto lateral. En términos musculoesqueléticos, significa menos trabajo para las caderas y los tobillos (plano frontal) y menos trabajo para las rodillas (plano sagital). Esto contrasta con SSS, donde mientras que la carrera general es más corta, el mayor desplazamiento es anteroposterior, que sobrecarga las articulaciones de la rodilla, la columna vertebral y los músculos posteriores, incluidos los paravertebrales, isquiotibiales, gastrocnemios, etc.

Resultados pruebas cinemáticas

Estos aspectos fueron evaluados para la medición cinemática. 1. Flexión del cuello; 2. Flexión del hombro, y 3. Flexoextensión del tronco.

Asociado a la flexión del cuello, Tabla 8, con el sistema STARSystem es 20,6° menor, de 62,65° a 42,05°. Esto implica una menor sobrecarga de los músculos que extienden el cuello, realizan la flexión profunda del cuello y el complejo estabilizador para la articulación del hombro, además de permitir una mejor rotación del cuello. Cuando la postura de la cabeza se mantiene demasiado hacia adelante, resulta en tensión y dolor en la parte superior del torso, causando cambios degenerativos en la columna cervical y la cintura escapular.

Tabla 8. Efecto del STARSystem en flexión de cuello, flexo-extensión de tronco y flexión de hombro, expresado en grados, con postura clínica (CPC) con STARSystem (CSS) y con postura clínica (CPC) sin STARSystem (SSS).

Variables angulares (°)	Basal SPC	CP CSS	CPC SSS
Flexión de cuello	30,55	42,05	62,65
Flexión de hombro	15,7	27,1	19,7
Flexo-extensión de tronco	-5,15	1,7	5,6

Por cada 2,5 cm que la cabeza se mueve hacia adelante respecto a su eje, el peso relativo en la columna vertebral aumenta en un 10% (aproximadamente 4,5 kg), lo que resulta en una mayor demanda en las articulaciones que sostienen la cabeza. Lamentablemente, muchas de estas posiciones se realizan inconscientemente a partir de malos hábitos que se adoptan con el tiempo. La falta de conciencia de estas posiciones aumenta la carga de trabajo colocada en la columna vertebral, y el micro trauma se acumula en el tejido.

La flexión del hombro fue 7,4° mayor con STARSystem. Esto es comprensible, ya que la mesa lateral y el soporte de la mano permiten un mejor desplazamiento para manipular el sujeto y el kit de herramientas quirúrgicas. Dado que hay un mayor rango activo del hombro,

es posible un rango inferior del cuello y la columna vertebral.

Finalmente, la flexo extensión troncal con el sistema STARSsystem fue de 1,7° en comparación con los casi 6° presentes cuando el operador es SSS. Esto permite un mejor trabajo de la parte inferior del cuerpo y menos trabajo en el núcleo abdominal. Debido a la fuerza de la gravedad, la postura incorrecta acentuará la lordosis cervical y la cifosis torácica para mantener la lordosis lumbar. Este efecto en la columna vertebral resulta en una carga biomecánica alterada en los músculos, ligamentos y articulaciones que pueden desencadenar lesiones a largo plazo. Esta compensación anormal en la posición puede resultar en última instancia en una disminución de la altura troncal.

Los frecuentes movimientos descoordinados y repetitivos de las extremidades superiores y las posturas estáticas prolongadas de la cabeza y la espalda infligen un estrés innecesario en la columna vertebral. Los ángulos inadecuados de la cabeza y el cuello provocan molestias cervicales y también se han asociado con la fatiga postural. Entumecimiento, rigidez y dolor en los hombros, cuello, brazo y muñecas han sido reportados por 8 a 18% de los cirujanos.

Finalmente, el uso de StarSystem permite una mejor configuración angular para el cuello, el hombro y la columna vertebral. Esto disminuye la sobrecarga postural y la fatiga muscular asociada con las condiciones de trabajo estáticas.

Resultados cualitativos

Con relación a la percepción del uso del dispositivo, 13 profesionales fueron parte de esta fase del estudio. Entre ellos, tecnólogos médicos (n=3), cardiólogos hemodinamistas (n=4), neuroradiólogos (n=3) enfermeras (n=2) y técnico de enfermería de nivel superior (n=1). Los procedimientos en donde se utilizó el STARSsystem fueron los siguientes: angiografías coronarias, angioplastias, implantes valvulares percutáneos, cateterismo derecho, defectos congénitos cercanos y angiografías cerebrales. El tiempo promedio en todos estos procedimientos fue de 45 minutos, con un máximo de 4 horas y un mínimo de 20 minutos.

En relación con las características del STARSsystem más destacadas por los participantes, fueron las siguientes: muy útil en los procedimientos para dejar los materiales de operación, que sin esto no tienen un lugar donde depositarlos, la paciente no prona la muñeca cuando utiliza el STARBoard, y mejora la posición para operar por radial, rápido de montar, fácil de regular, cómodo de usar, se adapta a la posición, mejora la precisión y ahorra tiempo.

Asociado a los temas posturales, los especialistas que probaron los dispositivos mencionaron que su mano/muñeca, codo y hombro son las principales áreas que mejoraron usando el STARSsystem. También mencionan que la postura del paciente mejora con relación a la postura de la mano, la muñeca, el codo y el hombro, cuando usan el STARBoard.

Además, y a pesar de que los peligros biológicos no fueron parte de la encuesta, ni de los objetivos del estudio, los usuarios han informado que el uso de STARSsystem condujo a una menor pérdida de sangre del paciente, especialmente al inicio de la intervención.

Los diferentes estudios que se mencionaron al principio de esta investigación indican

que los EI tienen varios problemas de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo y malas prácticas, que se agravan por aspectos ergonómicos deficientes. A estas molestias se suman agotamiento, depresión y desgaste de este grupo de profesionales. Esto a su vez puede incidir en forma negativa en la calidad de la atención al paciente. En este sentido, los resultados de este estudio arrojan que el uso del equipo testeado mejora la biomecánica de trabajo de los especialistas intervencionistas, por lo que STARSsystem podría ser un gran elemento de apoyo a los EI.

Además, se debe implementar un programa de ergonomía para los EI, sobre todo en las primeras fases de su formación médica y a su vez implementar medidas en la sala de operaciones que protegerán su salud. Por ejemplo, el cambio de postura, cuando es posible. Se pueden considerar descansos de rutina de 10 minutos cada 1 hora o micro descansos de 2 a 5 minutos cada 20-40 minutos.

Finalmente, las recomendaciones prácticas como el entrenamiento con ejercicios físicos para desarrollar fuerza, resistencia, coordinación y estabilización en los EI también pueden ser útiles para prevenir los trastornos musculoesqueléticos.

Conclusiones

Se puede concluir que el uso del STARSsystem en procedimientos de cardiología intervencionista y neurorradiología, sí disminuye los riesgos laborales ya que ofrece un impacto positivo en la postura y los movimientos de trabajo, lo que podría significar disminuir el número de patologías musculoesqueléticas. A su vez, mejora la precisión y la seguridad durante los procedimientos, ya que permite un mejor acceso a las herramientas de operación.

Con el beneficio adicional que el paciente también mejora su posición, especialmente en lo que se refiere a los ángulos de la muñeca, brazo y hombro, esto implica menor fatiga para el paciente. A su vez, debido a un mejor acceso radial, hay una reducción de la pérdida de sangre del paciente, especialmente al inicio de la intervención.

El uso de STARSsystem mejora la distribución de la carga en los pies, ya que la distribución es más simétrica entre el pie izquierdo y derecho, generando mejora de la distribución del peso en la columna vertebral y la parte inferior del cuerpo, lo que permite al operador permanecer de pie durante un mayor período de tiempo sin molestias. Los puntos de presión máxima mejoraron en un 17,6% para el pie izquierdo y un 5,1% para el derecho.

Genera una mejor cantidad y calidad de movilidad para el operador. El mayor desplazamiento mediolateral medido indicó un mayor alcance de la parte superior del cuerpo, reflejando la comodidad y seguridad que proporciona el dispositivo. Esto permite al especialista moverse más libre y natural, con menor estrés muscular.

Su uso, mejora la rotación del cuello, con flexión del cuello 20,6° menos, lo que significa una menor sobrecarga de los músculos que extienden el cuello. La flexo-extensión del tronco es casi nula, lo que implica un mejor trabajo de la parte inferior del cuerpo y reduce el trabajo en el núcleo abdominal.

Referencias

- Benjamin, J. L., & Meisinger, Q. C. (2018). Ergonomics in the Development and Prevention of Musculoskeletal Injury in Interventional Radiologists. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, 21(1), 16-20. <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2017.12.004>
- Buckle, P., Clarkson, P. J., Coleman, R., Ward, J., & Anderson, J. (2006). Patient safety, systems design and ergonomics. *Applied Ergonomics*, 37(4), 491-500. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.04.016>
- Cornelis, F. H., Razakamanantsoa, L., Ben Ammar, M., Lehrer, R., Haffaf, I., El-Mouhadi, S., Gardavaud, F., Najdawi, M., & Barral, M. (2021). Ergonomics in Interventional Radiology: Awareness Is Mandatory. *Medicina*, 57(5), 500. <https://www.mdpi.com/1648-9144/57/5/500>
- Edgar, M., Mansfield, A., & Thomson, J. (2000). Surgeons under stress (II). Update following the college seminar/workshop on pastoral care. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, 82(3 Suppl), 87-88.
- Knuttinen, M.-G., Zurcher, K. S., Wallace, A., Doe, C., Naidu, S. G., Money, S. R., & Rochon, P. J. (2021). Ergonomics in IR. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 32(2), 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2020.11.001>
- Memon, A. G., Naeem, Z., Zaman, A., & Zahid, F. (2016). Occupational health related concerns among surgeons. *International Journal of Health Sciences*, 10(2), 279-291. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27103909>
- Moray, N. (2000). Culture, Politics and Ergonomics. *Ergonomics*, 43, 858-868. <https://doi.org/10.1080/001401300409062>
- Ronstrom, C., Hallbeck, S., Lowndes, B., & Chrouser, K. L. (2018). Surgical Ergonomics. In T. S. Köhler & B. Schwartz (Eds.), *Surgeons as Educators : A Guide for Academic Development and Teaching Excellence* (pp. 387-417). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64728-9_22
- Rosenblatt, P. L., McKinney, J., & Adams, S. R. (2013). Ergonomics in the operating room: protecting the surgeon. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, 20(6), 744. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2013.07.006>
- Schlüssel, A. T., & Maykel, J. A. (2019). Ergonomics and Musculoskeletal Health of the Surgeon. *Clinics in Colon and Rectal Surgery*, 32(6), 424-434. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1693026>
- Shinohara, K. (2015). Ergonomic Investigation of Interventional Radiology. *Procedia Manufacturing*, 3, 308-311. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.158>
- Vijendren, A., Yung, M., & Sanchez, J. (2015). Occupational health issues amongst UK doctors: a literature review. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 65(7), 519-528. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqvo88>
- Vijendren, A., Yung, M., Sanchez, J., & Duffield, K. (2016). Occupational musculoskeletal pain amongst ENT surgeons - are we looking at the tip of an iceberg? *The Journal of Laryngology and Otology*, 130(5), 490-496. <https://doi.org/10.1017/S0022215116001006>