

Saturación de oxígeno muscular y periférica, presión arterial y esfuerzo percibido en individuos expuestos a trabajo muscular repetitivo

Saturation of muscle and peripheral oxygen, blood pressure, and perceived exertion in individuals exposed to repetitive muscle work

Guido Clemente Solari **Montenegro**^{1,2} , Monserrat Elliot Rivera **Iratchet**² ,
Juan Ignacio Guerrero **Henríquez**^{1,2} , Martín Vargas **Matamala**^{1,2} , Yerko Andrés Villagra **Jofré**² 

RESUMEN | Introducción: Las respuestas fisiológicas al trabajo repetido con carga según el sexo son un tema de interés, dada la escasa información disponible y su relevancia en la salud laboral. **Objetivos:** Investigar diferencias asociadas al sexo en determinadas variables fisiológicas y perceptivas al ejecutar una tarea repetitiva de la extremidad superior. **Métodos:** Se utilizó un muestreo no probabilístico de 20 jóvenes (10 hombres y 10 mujeres) quienes, en posición supina, ejecutaron ciclos de trabajo repetitivo cada 2 segundos con la extremidad superior dominante, con el codo flexionado a 90°, desplazando una carga del 10, 20 y 30% de su contracción isométrica voluntaria máxima. Se monitoreó la oxigenación muscular local a los 0, 10 y 20 minutos en los músculos flexores de los dedos y flexores del codo, así como la saturación periférica de oxígeno, presión arterial y percepción del esfuerzo. **Resultados:** No se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la saturación muscular de oxígeno; no obstante, los hombres registraron valores levemente superiores. Hubo diferencia estadística en la percepción de esfuerzo únicamente en los flexores del codo al 10% de carga a los 10 minutos ($p = 0,029$). La presión arterial presentó valores significativamente más altos en los hombres, pero solo a los 20 minutos con carga del 10% y 20%. **Conclusiones:** Las respuestas fisiológicas al trabajo repetitivo mostraron mínimas diferencias según el sexo. Las adaptaciones locales y globales fueron similares, con variaciones menores en la percepción del esfuerzo. Se sugiere explorar la variabilidad sexual en muestras con edades de población laboral promedio y mediante modelos operacionales alternativos.

Palabras clave | presión sanguínea; saturación de oxígeno; fisiología; ergonomía; espectroscopía infrarroja corta.

ABSTRACT | Introduction: Sex-related physiological responses to repetitive load-bearing work are of interest due to the limited available evidence and their relevance to occupational health. **Objectives:** To investigate potential sex-related differences in selected physiological and perceptual variables during the performance of a repetitive upper-extremity task. **Methods:** A non-probabilistic sample of 20 young adults (10 men and 10 women) was recruited. Participants, in a standing position, performed repetitive work cycles every 2 seconds using their dominant upper limb with the elbow flexed at 90° elbow flexion, while handling loads equivalent to 10%, 20%, and 30% of their maximum voluntary isometric contraction. Local muscle oxygenation was monitored at 0, 10, and 20 minutes in the finger flexors and elbow flexors. Peripheral oxygen saturation, blood pressure, and perceived exertion were also assessed. **Results:** No statistically significant differences were observed in muscle oxygen saturation; however, men showed slightly higher values. A significant sex difference in perceived exertion was identified only in the elbow flexors at 10% load at 10 minutes ($p = 0.029$). Blood pressure values were significantly higher in men, but only at minute 20 with the 10% and 20% loads. **Conclusions:** Physiological responses to repetitive work showed minimal sex-related differences. Local and global adaptations were similar, with only minor variations in perceived exertion. Future research should explore sex-related variability in samples representing the average working-age population and using alternative operational models.

Keywords | blood pressure; oxygen saturation; physiology; ergonomics; near-infrared spectroscopy.

¹ Universidad de Antofagasta, Centro de fisiología y medicina de altura (FIMEDALT), Antofagasta, Chile.

² Universidad de Antofagasta, Facultad de Ciencias de la Salud, Antofagasta, Chile.

Fuente de financiación: No

Conflictos de interés: No

Cómo citar: Montenegro GCS, Iratchet MER, Henríquez JIG, Matamala MV, Jofre YAV. Saturation of muscle and peripheral oxygen, blood pressure, and perceived exertion in individuals exposed to repetitive muscle work. Rev Bras Med Trab. 2026;24:e20261521. <http://doi.org/10.47626/1679-4435-2026-1521>

Editora asociada: Paula Moreira Silva

Declaración de Datos: Después de la publicación, los datos estarán disponibles a solicitud a los autores.

INTRODUCCIÓN

Los trastornos musculoesqueléticos (TMEs) son enfermedades caracterizadas por alteraciones de músculos, tendones, huesos, nervios, articulaciones o ligamentos que comprometen la función motora o sensitiva. Pueden clasificarse como agudos (traumatismos, golpes, caídas) o acumulativos, como los derivados de la exposición repetida a un movimiento [1]. Cuando los TMEs se originan, agravan o aceleran por la exposición a condiciones laborales, se denominan TMEs relacionados con el trabajo (TMERTs) [2] y pueden generar dolor y sufrimiento significativos en los trabajadores afectados, reducción de la productividad y de la calidad del trabajo y, potencialmente, discapacidad a largo plazo [3].

Los modelos desarrollados para explicar la aparición de estos trastornos han incorporado variables y mecanismos causales, han explorado los factores de riesgo y sus interrelaciones, e incluso han sugerido que determinadas características sociodemográficas pueden influir en el desarrollo de los TMERTs. Entre ellas, el sexo biológico y la oxigenación muscular se destacan como factores clave [2]. Sin embargo, el impacto real de estas medidas sobre las tendencias epidemiológicas y la calidad de la evaluación aún no ha sido suficientemente evaluado y ha sido objeto de críticas [4]. De hecho, en Chile, en 2022, los TMERTs representaron el 43% de todas las notificaciones de enfermedades profesionales (de un total de 47.462 casos), pese a la implementación de marcos normativos para su control [4,5].

Por otra parte, algunos autores han explorado las respuestas de la saturación de oxígeno muscular (SmO_2), la saturación de oxígeno periférica (SpO_2), la presión arterial y el esfuerzo percibido entre hombres y mujeres durante tareas repetitivas con cargas progresivas de la extremidad superior. Sin embargo, aún son escasos los estudios orientados a la identificación simultánea de las posibles diferencias fisiológicas y perceptivas entre sexos que contribuyan a ampliar el conocimiento sobre los TMERTs desagregados por sexo [6,7].

Además, los factores biológicos podrían ejercer mayor influencia que los socioculturales en la configuración de los TMERTs, lo cual resulta especialmente relevante en el contexto de la regulación cardiovascular, en el que se

han observado sistemáticamente diferencias fisiológicas basadas en el sexo [6,8].

Algunos estudios longitudinales han reportado que la presión arterial se incrementa más rápidamente en las mujeres que en los hombres y sugieren, a este respecto, la presencia de mecanismos fisiopatológicos específicos vinculados al sexo. Paralelamente, también se han descrito variaciones relacionadas con el sexo en la percepción del esfuerzo. En este sentido, hombres y mujeres han mostrado curvas de percepción distintas durante el ejercicio submáximo; las mujeres tienden a informar mayores niveles de esfuerzo bajo cargas elevadas de trabajo muscular [6].

Además de las diferencias cardiovasculares y perceptivas, también se ha observado una variabilidad relacionada con el sexo en la SmO_2 durante el esfuerzo físico. Estudios recientes han demostrado que hombres y mujeres presentan respuestas diferentes de SmO_2 durante el ejercicio incremental, y que los hombres entrenados tienden a experimentar descensos más pronunciados, mientras que las mujeres mantienen niveles más elevados de SmO_2 bajo cargas relativas equivalentes ($p < 0,001$) [9]. De manera similar, durante tareas de contracción intermitente, los hombres tienden a mostrar reducciones más rápidas de SmO_2 en comparación con las mujeres [10,11].

Con todo, el comportamiento combinado de estas variables fisiológicas y perceptivas – especialmente en condiciones de trabajo repetitivo y progresivamente exigente – ha sido insuficientemente estudiado, particularmente en el ámbito laboral, donde los trabajadores pueden estar expuestos a tareas que implican movimientos cíclicos, cargas submáximas y esfuerzos sostenidos durante largos periodos [12,13]. En tales contextos, comprender cómo interactúan las respuestas locales (por ejemplo, SmO_2) con los indicadores sistémicos (por ejemplo, SpO_2 y presión arterial) y el esfuerzo percibido puede aportar información clave sobre la fatiga, la disminución del rendimiento y el desarrollo de TMEs. Abordar esta carencia tiene implicaciones prácticas para la política de salud laboral, ya que una perspectiva fisiológica más integrada podría mejorar la evaluación de riesgos y orientar estrategias de prevención específicas.

Por otra parte, la identificación de patrones específicos según el sexo podría servir de apoyo a intervenciones adaptadas, ajustes de la carga de trabajo y políticas de

reincorporación laboral, reduciendo así la incidencia de los TMERTs. Con todo, la hipótesis del estudio plantea que, durante la ejecución de trabajo muscular repetitivo con cargas equivalentes al 10, 20 y 30% de la contracción isométrica voluntaria máxima (CIVM), los hombres presentan valores ligeramente superiores de SmO_2 y presión arterial, así como una mayor percepción del esfuerzo, en comparación con las mujeres.

El objetivo de este estudio fue identificar las respuestas fisiológicas y perceptivas – específicamente SmO_2 , SpO_2 , presión arterial y esfuerzo percibido – en hombres y mujeres expuestos a una tarea muscular repetitiva, dinámica y de carga progresiva en las extremidades superiores.

MÉTODOS

DISEÑO

Se utilizó un diseño cuasiexperimental, cuantitativo y correlacional para identificar posibles diferencias significativas en las variables dependientes (SmO_2 , presión arterial y percepción del esfuerzo) y en las variables independientes (porcentaje de la CIVM: 10%, 20%, 30%) entre hombres y mujeres sometidos a trabajo repetitivo protocolizado, bajo condiciones constantes de tiempo de trabajo, frecuencia de repetición, tiempo de descanso entre sesiones y acciones técnicas o patrón de movimientos durante del ciclo de trabajo, realizado en flexión de codo a 90° y posición de pie mantenida.

PARTICIPANTES

Participaron 20 individuos, distribuidos equitativamente en dos grupos (10 mujeres y 10 hombres). Los criterios de inclusión exigieron que los participantes tuvieran entre 18 y 25 años, otorgaran su consentimiento informado y no presentaran ningún problema identificado en el cribado preliminar, realizado para evaluar el impacto funcional y la discapacidad de las extremidades superiores mediante el cuestionario abreviado *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (QuickDASH) [14], así como para evaluar la presencia y distribución de síntomas musculoesqueléticos en distintas regiones corporales mediante el Cuestionario Nórdico de Síntomas Musculoesqueléticos.

Los criterios de exclusión fueron presencia de dolor, cualquier TME ocurrido en los 30 días previos a la aplicación del protocolo, hipertensión no controlada con medicamentos, índice de masa corporal $\geq 35 \text{ kg/m}^2$, participación simultánea en trabajos o deportes que implicaran tareas repetitivas de las extremidades superiores y alto riesgo de absentismo a las sesiones del estudio.

ÉTICA

El protocolo del estudio, sus procedimientos y el consentimiento informado fueron revisados y aprobados por el Comité Ético de Investigación Científica de la Universidad de Antofagasta (certificado n.º 493/2024).

INSTRUMENTOS

Al inicio del trabajo se evaluó la CIVM en la extremidad superior dominante, tanto para los flexores de los dedos (fuerza de agarre) como para los flexores del codo. La fuerza de agarre se midió con el participante sentado, el codo flexionado a 90° y el antebrazo supinado en posición neutral. Se utilizó un dinamómetro hidráulico calibrado Baseline® LiTE®, modelo con capacidad de 200 lb, con indicador analógico y aguja de retención de máximos. Se realizaron tres intentos de contracción voluntaria máxima, cada uno sostenido por 3 segundos, con un descanso de 60 segundos entre intentos. Antes de cada medición, el indicador se restableció a cero. El valor final considerado correspondió al mayor valor obtenido en cualquiera de los tres intentos.

La fuerza de los flexores del codo se evaluó con el participante sentado, con la espalda apoyada completamente en la pared, el hombro en 0° de abducción, el codo flexionado a 90° y el antebrazo supinado, sujetando la empuñadura de un dinamómetro digital con la mano dominante. Se utilizó un dispositivo Tindeq Progressor 200, diseñado para la medición de fuerza isométrica. Se solicitaron dos esfuerzos voluntarios máximos, cada uno sostenido durante 3 segundos, con un intervalo de descanso de 3 minutos entre ellos, para minimizar la fatiga y asegurar una recuperación completa. El valor final considerado fue el mayor valor registrado en cualquiera de los dos esfuerzos.

Una vez obtenido el valor de la CIVM para cada participante, se calcularon el 10%, 20% y 30% de dicha

referencia con el fin de determinar el peso exacto que debía contener cada objeto (o bolsa) a desplazar. En todas las evaluaciones de CIVM se prestó especial atención a la estandarización de la motivación verbal utilizada para asegurar un esfuerzo máximo sostenido por parte de cada participante, así como a la correcta posición corporal, al adecuado manejo del evaluador y al restablecimiento del dinamómetro Baseline® a la posición cero después de cada medición, de acuerdo con el manual técnico del equipo.

PROTOCOLO

Altura del plano de trabajo

Los participantes trabajaron en posición de pie y la tarea manual se ejecutó sobre la superficie de una camilla eléctrica regulable en altura, ajustada según la medida antropométrica de cada participante (espina iliaca anterosuperior-suelo), de modo que el trabajo manual se ejecutara dentro de un rango articular del codo de 90° ($\pm 5^\circ$).

Carga y objeto movilizado en la tarea repetitiva

En la tarea manual se utilizó una bolsa de tela con asas blandas, con el fin de permitir un adecuado acoplamiento o agarre. Para evitar desplazamiento y un volumen excesivo, la bolsa se relleno con piezas geométricas de plomo hasta alcanzar el peso equivalente al porcentaje de la CIVM correspondiente.

Cada participante fue sometido a tres sesiones diarias de trabajo, de 20 minutos de duración cada una, separadas entre sí por 1 hora de reposo, con el objetivo de eliminar cualquier molestia residual. En cada sesión, el participante realizó una tarea cíclica que consistía en tomar las asas de la bolsa, elevarla 15 cm y luego depositarla a 15 cm de distancia hacia su izquierda; a continuación, se realizaba el movimiento inverso para completar el ciclo. La tarea se ejecutó a un ritmo de un ciclo cada 2 segundos, marcado por el sonido de un metrónomo programado para tal fin y supervisado de forma permanente por un investigador presente.

Distribución de sesiones

En cada sesión diaria, el ciclo y el ritmo de trabajo manual se mantuvieron constantes. La única variable modificada fue el peso de la bolsa movilizada, según el

siguiente orden: en la primera sesión, el peso correspondió al 10% de la CIVM, seguida de 1 hora de descanso; en la segunda sesión, el peso fue del 20% de la CIVM, también seguida de 1 hora de descanso; y, finalmente, en la tercera sesión, el peso fue del 30% de la CIVM.

Monitoreo durante las sesiones

En cada sesión se monitorearon de forma simultánea los músculos flexores del codo y de los dedos. El primer registro se realizó inmediatamente antes del inicio de la primera sesión (minuto 0); el segundo, al minuto 10; y el tercer registro se efectuó al minuto 20, inmediatamente después de finalizada la sesión.

Para el monitoreo de la SpO₂, se utilizó un oxímetro de pulso (Nonin 8500 M, Nonin Medical Inc., Plymouth, MN, EE. UU.), instalado en el dedo índice. La presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial diastólica (PAD) se midieron mediante un monitor ambulatorio de presión arterial (Holter; Contec, ABPM-50), colocado en la porción superior del brazo no dominante del participante. La percepción del esfuerzo se evaluó mediante la *Borg Category-Ratio Scale for Rating of Perceived Exertion* (escala de Borg CR-10). La SmO₂ se midió con un monitor de SmO₂ en tiempo real mediante espectroscopia de infrarrojo cercano no invasiva (near-infrared spectroscopy, MOXI Monitor), con sensores instalados sobre los vientres musculares, de acuerdo con la metodología descrita por Kauppi et al. [15].

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó con apoyo del programa SPSS (versión 23.0, IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). Todos los datos fueron organizados en una matriz de Excel para la obtención de estadísticos descriptivos. Para todas las pruebas estadísticas, el nivel de significancia se estableció en $\alpha = 0,05$. Los resultados se presentan como medias, desviaciones estándar (DE), medianas y otros estadígrafos pertinentes. Para comparar las respuestas fisiológicas y perceptivas entre sexos en diferentes puntos temporales y niveles de carga, se verificaron los supuestos de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y se aplicaron las pruebas U de Mann-Whitney y t de Student; en algunas comparaciones específicas se utilizó la prueba Z como estadístico de contraste.

RESULTADOS

Los resultados incluyen los registros completos de todas las sesiones y niveles de carga correspondientes a los músculos flexores del codo. En contraste, para los músculos flexores de los dedos solo se reportan los registros obtenidos durante el trabajo con una carga del 10% de la CIVM, ya que en las sesiones con cargas del 20% y 30% únicamente se dispuso de registros parciales, debido al abandono de la mayoría de los participantes

como consecuencia de molestias musculares surgidas durante la ejecución del protocolo.

Según la Tabla 1, al inicio del protocolo (tiempo 0), la distribución de SmO_2 y SpO_2 durante el trabajo repetitivo con los músculos flexores de los dedos fue similar en mujeres y hombres. A los 10 minutos, la percepción del esfuerzo (escala de Borg CR-10) presentó una mayor dispersión en las mujeres, con media (DE) de 3,14 (8,40) puntos, en comparación con los hombres, que presentaron una media (DE) de 3,00 (1,90) puntos.

Tabla 1. Distribución de SmO_2 , SpO_2 , escala de Borg CR-10, presión arterial sistólica y presión arterial diastólica durante el trabajo repetitivo con flexores de los dedos al 10% de la CIVM, según tiempo y sexo

Indicador biológico de exposición	Tiempo (min)	Sexo	Media	Mediana	Varianza	DE
SmO_2 (%)	0	M	92,2	94	31,1	5,6
		H	93,0	95	23,6	4,9
	10	M	89,9	93,5	13,5	3,7
		H	87,2	93,0	116,2	10,8
	20	M	90,8	94,0	155,9	12,5
		H	87,6	93,0	130,6	11,4
SpO_2 (%)	0	M	99,3	99	0,6	0,8
		H	99,4	99	0,2	0,5
	10	M	99,0	99	0,6	0,8
		H	98,8	99,0	0,5	0,6
	20	M	99,2	99	0,2	0,4
		H	98,4	99,0	4,2	2,0
Escala de Borg CR-10 (puntos)	0	M	1,57	1,0	6,28	2,5
		H	2,57	3,0	2,28	1,5
	10	M	3,14	3,0	71,0	8,4
		H	3,00	3,0	3,66	1,9
	20	M	3,86	4,0	6,40	2,5
		H	3,00	3,0	4,33	2,1
Presión sistólica (mmHg)	0	M	119,7	116,0	70,0	8,4
		H	128,0	127,0	136,8	11,7
	10	M	126,4	121,0	277,6	16,7
		H	129,5	128,0	33,9	5,8
	20	M	122,0	122,0	128,6	11,3
		H	131,7	130,0	117,9	10,8
Presión diastólica (mmHg)	0	M	85,2	87,0	147,2	12,1
		H	87,1	82,0	214,4	14,6
	10	M	82,0	83,0	116,6	10,8
		H	82,1	81,0	64,0	8,0
	20	M	84,7	90,0	81,9	9,1
		H	78,5	75,0	103,6	10,2
Metabolismo basal	0	M	1,371	1,365	16,3	127,7
Masa grasa (%)	0	M	21,93	16,77	31,1	5,6
		H	18,06	18,50	7,9	2,8

CIVM = contracción isométrica voluntaria máxima; DE = desviación estándar; H = hombre; M = mujer; SmO_2 = saturación de oxígeno muscular; SpO_2 = saturación de oxígeno periférica.

Asimismo, la PAS en las mujeres mostró alta variabilidad. A excepción de la variable percepción del esfuerzo (escala de Borg CR-10), el supuesto de normalidad no se cumplió para el resto de los indicadores biológicos evaluados; en consecuencia, la interpretación de la varianza y de la DE debe realizarse con cautela (prueba de Shapiro-Wilk).

La media (DE) de la SmO₂ durante el trabajo repetitivo con los músculos flexores del codo fue del 90% (5%) en los hombres, mientras que en las mujeres se ubicó en torno al 77% (28%) con una mayor dispersión. Por su parte, la media (DE) de la SpO₂ se mantuvo estable, cercana al 99% ($\leq 1\%$), y la percepción final del esfuerzo (a los 20 minutos) fue más elevada en los hombres, con

una puntuación media (DE) en la escala de Borg CR-10 de 3,8 (2,4) puntos, en comparación con las mujeres, que presentaron una media (DE) de 1,9 (1,9), como se muestra en la Tabla 2. En cuanto a la presión arterial, la PAS osciló entre 119 mmHg minuto 0 y 132 mmHg minuto 20, con mayor dispersión en las mujeres (DE ≈ 29 mmHg), mientras que la PAD se mantuvo dentro de un rango más estrecho (≈ 79 -84 mmHg) (Tabla 2).

Al analizar la percepción del esfuerzo según el tipo y el nivel de carga muscular (porcentaje de la CIVM), los flexores de los dedos al 10% de la CIVM no mostraron diferencias significativas entre sexos ni a los 10 minutos ($t = 0,74$; $p = 0,451$; $d = 0,52$) ni a los 20 minutos ($t = 1,50$; $p = 0,271$; $d = 1,06$). En contraste, los flexores

Tabla 2. Distribución de SmO₂, SpO₂, escala de Borg CR-10, PAS y PAD durante el trabajo repetitivo con flexores del codo al 10%, 20% y 30% de la CIVM, según tiempo y sexo

Indicador	Tiempo (min)	Sexo	Media	Mediana	Varianza	DE	Media	Mediana	Varianza	DE	Media	Mediana	Varianza	DE
			10 % de la CIVM				20% de la CIVM				30% de la CIVM			
SmO ₂ (%)	0	M	70,3	76	788,0	28,0	90,5	92	92,0	9,6	88,4	89	96,3	9,8
		H	86,9	86,5	73,6	8,5	90,2	90	15,2	3,9	94,0	94	2,0	1,4
	10	M	71,2	83	807,2	28,4	89,4	91	91,0	5,3	87,0	90	104,0	10,1
		H	86,1	86,5	80,9	8,9	87,0	90	61,6	7,8	92,5	92,5	0,5	0,7
	20	M	78,8	79,5	827,0	28,7	87,5	94	94,0	19,5	87,8	95	112,7	10,6
		H	85,5	88,5	93,9	9,6	87,7	91	71,2	8,4	93,0	93	2,0	1,4
SpO ₂ (%)	0	M	99,1	99	0,7	0,8	99,1	99	0,3	0,5	99,2	99	0,2	0,4
		H	99,5	100	0,5	0,7	99,7	100	0,2	0,4	99,5	99,5	0,5	0,7
	10	M	99,0	99	0,6	0,8	98,5	98	1,0	1,0	98,6	98	0,8	0,8
		H	99,3	99,5	0,6	0,8	99,2	100	0,9	0,9	98,5	98,5	4,5	2,1
	20	M	99,0	99	0,4	0,6	99,1	99	0,1	0,3	98,6	99	1,3	1,1
		H	99,1	99	0,3	0,5	99,5	100	0,2	0,5	115,4	116	76,3	8,7
Escala de Borg CR-10 (puntos)	0	M	0,2	0	0,4	0,6	0,55	0	0,7	0,8	1,20	2,0	1,2	1,0
		H	0,2	0	4,0	0,6	0,90	0,5	1,0	1,0	1,00	1,0	2,0	1,4
	10	M	1,1	0	2,5	1,5	2,30	2	3,2	1,8	5,20	5,0	5,2	2,2
		H	2,6	2,5	6,2	2,5	2,20	2	1,8	1,3	2,50	2,5	4,5	2,1
	20	M	1,9	0,5	3,6	1,9	2,10	2	3,36	1,8	4,00	4,0	15,5	3,9
		H	3,8	5,0	5,7	2,4	2,60	3	3,2	1,7	3,00	3,0	8,0	2,8
PAS (mmHg)	0	M	123,1	125	90,5	9,5	115,4	113	113,0	9,8	115,4	116,0	76,0	8,7
		H	128,2	132,5	159,7	12,6	131,8	124	415,4	20,4	131,0	131,0	2,0	1,4
	10	M	129,2	129	105,2	10,3	124,8	125	91,6	9,6	139,8	138,0	859,0	29,3
		H	128,8	135,0	180,6	13,4	130,4	131	119,2	10,9	118,0	118,0	288,0	16,97
	20	M	118,9	118,5	145,2	12,0	116,7	116	28,1	5,3	124,2	123,0	63,2	7,9
		H	131,8	135,0	157,7	12,6	128,1	129	115,8	10,8	125,0	125,0	2,0	1,4
PAD (mmHg)	0	M	79,2	82	60,4	7,7	81,7	81	83,0	9,1	78,2	82,0	120,0	10,9
		H	79,0	79,0	72,8	8,5	79,7	80	71,9	8,5	84,0	84,0	50,0	7,0
	10	M	82,9	82,5	49,8	7,1	86,2	89	122,4	11,1	81,4	81,0	137,0	11,7
		H	84,0	81,0	57,3	7,6	84,1	80	256,8	16,0	80,5	80,5	4,5	2,12
	20	M	82,7	82,7	100,0	10,0	80,8	81	107,0	10,3	81,2	82,0	57,2	7,5
		H	78,7	78,0	70,0	8,4	81,2	78	67,5	8,2	85,5	85,5	180,0	13,4

CIVM = contracción isométrica voluntaria máxima; DE = desviación estándar; H = hombre; M = mujer; PAD = presión arterial diastólica; PAS = presión arterial sistólica; SmO₂ = saturación de oxígeno muscular; SpO₂ = saturación de oxígeno periférica.

del codo al 10% de la CIVM sí presentaron una diferencia significativa a los 10 minutos ($t = -1,60$; $p = 0,029$; $d = 0,71$), diferencia que dejó de ser significativa a los 20 minutos ($t = -1,96$; $p = 0,271$; $d = 0,88$). Bajo una carga del 20% de la CIVM, no se registraron diferencias significativas entre sexos en ninguno de los momentos evaluados ($d \leq 0,13$) (Tabla 3).

En relación con las medidas de oxigenación y presión arterial, bajo una carga del 10% de la CIVM, no se

observaron diferencias significativas en SmO_2 , SpO_2 ni PAS (Z entre $-1,70$ y $-0,30$; $p \geq 0,280$; $r \leq 0,40$). No obstante, la PAD mostró una variación significativa a los 20 minutos ($Z = -2,10$; $p = 0,031$; $r = 0,50$), con un tamaño del efecto grande. Bajo una carga del 20% de la CIVM, este patrón se repitió, observándose significación únicamente en la PAD a los 20 minutos ($Z = -2,50$; $p = 0,010$; $r = 0,63$), lo que pone de manifiesto la sensibilidad de este parámetro ante la fatiga sostenida (Tabla 4).

Tabla 3. Comparación de las puntuaciones de la escala de Borg CR-10 entre hombres y mujeres a los 10 y 20 minutos de trabajo repetitivo con los músculos flexores de los dedos y flexores del codo al 10%, 20% y 30% de la CIVM

Músculo (porcentaje de la CIVM)	Tiempo (min)	Hombres Media (DE)	Mujeres Media (DE)	t (gl)	Valor de p	d
Flexores de los dedos (10%)	10	2,6 (-)	3,4 (-)	t (14) = 0,74	.451	0,52
Flexores de los dedos (10%)	20	3,0 (-)	3,86 (-)	t (11) = 1,50	.271	1,06
Flexores del codo (10%)	10	2,6 (-)	1,1 (-)	t (18) = -1,60	.029	0,71
Flexores del codo (10%)	20	3,8 (-)	1,9 (-)	t (18) = -1,96	.271	0,88
Flexores del codo (20%)	10	2,2 (1,1)	2,1 (1,5)	t (15) = -0,14	.264	0,07
Flexores del codo (20%)	20	2,6 (1,3)	2,4 (1,4)	t (15) = -0,26	.910	0,13
Flexores del codo (30%)	20	3,0 (1,3)	4,0 (1,4)	t = 0,40	.702	-0,27

CIVM = contracción isométrica voluntaria máxima; d = d de Cohen; DE = desviación estándar; t (gl) = estadístico t con grados de libertad.

Tabla 4. Comparación de SmO_2 , SpO_2 , PAS y PAD entre hombres y mujeres en tres momentos del trabajo repetitivo con flexores del codo al 10%, 20% y 30% de la CIVM (prueba U de Mann-Whitney)

Porcentaje de la CIVM	Indicador	Tiempo (min)	Z	Valor de p	r
10%	SmO_2 (%)	0	-1,70	0,080	0,40
	SmO_2 (%)	20	-0,90	0,360	0,21
	SpO_2 (%)	0	-1,07	0,280	0,25
	SpO_2 (%)	20	-0,30	0,700	0,07
	PAS (mmHg)	10	-0,38	0,970	0,09
	PAD (mmHg)	20	-2,10	0,031	0,50
20%	SmO_2 (%)	0	-0,63	0,528	0,16
	SmO_2 (%)	20	-0,58	0,564	0,15
	SpO_2 (%)	0	-1,67	0,095	0,43
	SpO_2 (%)	20	-1,83	0,067	0,47
	PAS (mmHg)	10	-0,71	0,479	0,18
	PAD (mmHg)	10	-1,00	0,317	0,26
	PAS (mmHg)	20	-0,67	0,504	0,17
	PAD (mmHg)	20	-2,50	0,010	0,63
30%	SmO_2 (%)	0	-1,00	0,290	—
	SmO_2 (%)	20	-1,00	0,290	—
	SpO_2 (%)	0	-0,30	0,760	—
	SpO_2 (%)	20	0,00	1,000	—
	PAS (mmHg)	10	-1,00	0,300	—
	PAD (mmHg)	10	-1,00	0,290	—
	PAS (mmHg)	20	-0,79	0,420	—
	PAD (mmHg)	20	-0,15	0,880	—

CIVM = contracción isométrica voluntaria máxima; PAD = presión arterial diastólica; PAS = presión arterial sistólica; r = tamaño del efecto; SmO_2 = saturación de oxígeno muscular; SpO_2 = saturación de oxígeno periférica; Z = estadístico de la prueba de Wilcoxon.

Cuando se compararon entre sexos las variables SmO_2 , SpO_2 , PAS y PAD bajo condiciones equivalentes, no se hallaron diferencias significativas en SmO_2 , SpO_2 ni en la PAS (todos $p > 0,05$). No obstante, la PAS a los 10 minutos en los flexores de los dedos (10% de la CIVM) evidenció una tendencia próxima a la significación

estadística ($Z = -1.93$; $p = 0,054$; $r = 0.46$), mientras que la PAD a los 20 minutos resultó significativamente menor en las mujeres ($Z = -1.22$; $p = 0,022$), lo que sugiere una mayor carga vascular en los hombres bajo condiciones de fatiga prolongada (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de SmO_2 , SpO_2 , PAS y PAD entre hombres y mujeres a los minutos 0 y 20 del trabajo repetitivo con flexores de los dedos al 10% de la contracción isométrica voluntaria máxima (prueba U de Mann-Whitney)

Indicador biológico de exposición	Tiempo (min)	Z	Valor de p	r
SmO_2 (%)	0	-0,15	0,800	0,04
SmO_2 (%)	20	-0,90	0,300	0,21
SpO_2 (%)	0	-0,50	0,500	0,12
SpO_2 (%)	20	-0,90	0,300	0,21
PAS (mmHg)	10	-1,93	0,054	0,46
PAD (mmHg)	20	-0,29	0,773	0,07
PAS (mmHg)	0	-1,68	0,093	0,39
PAD (mmHg)	20	-1,22	0,223	0,29

PAD = presión arterial diastólica; PAS = presión arterial sistólica; r = tamaño del efecto; SmO_2 = saturación de oxígeno muscular; SpO_2 = saturación de oxígeno periférica; Z = estadístico de la prueba de Wilcoxon.

DISCUSIÓN

Incluso en trabajos que exigen contracciones isométricas de intensidad baja a moderada, la perfusión sanguínea por sí sola no siempre resulta suficiente para satisfacer la demanda metabólica, produciéndose desoxigenación tisular [16]. Asimismo, no es necesario realizar una contracción muscular máxima para inducir desoxigenación, ya que este fenómeno podría iniciarse a partir de contracciones musculares del 30% de la CIVM [17]. En este contexto, el trabajo repetitivo con carga moderada puede constituir un factor causal de los TMERTs, a partir de la disfunción microvascular asociada, la cual favorece el uso de vías metabólicas anaeróbicas, la acumulación de metabolitos (como lactato) y la inflamación resultante, contribuyendo al daño estructural, al dolor, a la fatiga y a la cronificación de los TMERTs [18].

En nuestro estudio, tanto hombres como mujeres no toleraron el protocolo de trabajo repetitivo de los músculos flexores de los dedos cuando se aplicaron cargas del 20% y 30% de la CIVM, y prácticamente todos abandonaron de forma anticipada debido a la aparición de molestias musculares. La única excepción se observó bajo condiciones de cargas bajas (10% de la CIVM), en las que hombres y

mujeres lograron completar el tiempo total de trabajo. Por el contrario, todos los participantes completaron el protocolo de trabajo repetitivo con los músculos flexores del codo en los tres niveles de carga evaluados (10%, 20% y 30% de la CIVM).

No obstante, no se observaron diferencias significativas entre sexos para ninguno de los tiempos y porcentajes de carga. Sin embargo, la SmO_2 fue consistentemente mayor en los hombres (media $\approx 90.0\%$, DE ≈ 5.0) que en las mujeres (M $\approx 76.8\%$, DE ≈ 28.4), una tendencia que ha sido previamente reportada por otros autores al aplicar intensidades de trabajo más elevadas (60% de la CIVM) [6]. Asimismo, estudios que han analizado el comportamiento de la SmO_2 , en hombres y mujeres durante trabajo repetitivo con fuerza de agarre manual al 20% de la CIVM han concluido que los hombres presentan una mayor desaturación que las mujeres en los grupos musculares del antebrazo. De forma concordante, otras investigaciones [6] que exploraron la SmO_2 en músculos del antebrazo determinaron que el grado de desaturación depende tanto de la carga o porcentaje de la CIVM como de las diferencias sexuales atribuibles a la masa muscular y a la morfología. De manera similar, estudios adicionales han demostrado que los hombres desaturan más rápidamente

que las mujeres, atribuyendo dicho hallazgo a diferencias en el tipo de fibras musculares y en las propiedades mitocondriales [19].

La mayoría de los estudios de SmO_2 disponibles en la literatura se han desarrollado en contextos deportivos y de actividad física deportiva, y la evidencia relativa a la dinámica de oxigenación muscular sugiere que las diferencias entre sexos dependen fundamentalmente del tipo de tarea (intensidad, duración, repetitividad). En ese sentido, el comportamiento de la SmO_2 según sexo resulta difícil de predecir. Con todo, se requiere más investigaciones en la materia, que incorpore, entre otros aspectos, el control de covariables como la perfusión y la masa muscular, con el fin de dilucidar los mecanismos subyacentes a la SmO_2 durante el trabajo repetitivo [20-22].

En relación con la percepción del esfuerzo (escala de Borg CR-10), nuestro estudio identificó diferencias significativas únicamente en el protocolo de trabajo con los músculos flexores del codo al 10% de la CIVM, en el que los hombres reportaron una mayor percepción del esfuerzo en comparación con las mujeres.

Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas y considerando el conjunto de nuestros datos, las mujeres tendieron a percibir un mayor esfuerzo que los hombres, especialmente con las cargas bajas. De manera concordante con lo planteado por otros autores, las diferencias en la percepción de esfuerzo no siempre se manifiestan claramente durante la ejecución, sino que emergen con mayor nitidez en etapas próximas a la fatiga. Estos hallazgos sugieren que, para modular dicha percepción del esfuerzo, las mujeres parecían emplear estrategias neuromusculares distintas.

La ausencia de diferencias significativas bajo las condiciones de nuestro estudio también coincide con lo reportado por otros autores, quienes proponen que el sexo por sí solo no constituye un factor determinante de la fatiga percibida. En este sentido, dicha fatiga puede estar influida por múltiples factores concurrentes, tales como la antropometría de la extremidad superior, la coordinación motora y las estrategias de control muscular [23,24].

En relación con la presión arterial, nuestro estudio identificó diferencias entre sexos en la PAD durante el protocolo con los músculos flexores del codo a los 20 minutos y con 10% de la CIVM y en la PAS en el mismo protocolo a los 20 minutos y con 20% de la CIVM.

En el resto de las comparaciones, aunque sin alcanzar significancia estadística, la PAD fue consistentemente menor en mujeres y la PAS mayor en los hombres en todos los protocolos evaluados.

De manera concordante con otros estudios, estos hallazgos sugieren cierta sensibilidad diferencial entre sexos relacionada con la fatiga muscular, particularmente durante tareas sostenidas y de baja intensidad, en las que los hombres presentarían una mayor respuesta presora al ejercicio isométrico, posiblemente asociada a una mayor masa muscular activada y/o a respuestas simpáticas más pronunciadas.

Por otra parte, la PAD más baja en mujeres es un hallazgo también reportado en otros estudios, los cuales han hallado menores niveles de resistencia vascular periférica en mujeres durante y después del ejercicio isométrico, debido en parte a diferencias en el control autonómico y a la vasodilatación mediada por estrógenos. Estas diferencias fisiológicas podrían explicar la menor carga hemodinámica observada en mujeres frente a tareas prolongadas, aun cuando la intensidad relativa del ejercicio es baja [25].

Además, nuestros hallazgos podrían estar relacionados con el efecto acumulativo de la contracción sostenida sobre el flujo sanguíneo muscular, con una mayor respuesta presora en los hombres como mecanismo compensatorio frente a la compresión vascular prolongada, tal como ha sido sugerido por investigaciones previas en ejercicios isométricos mantenidos [26].

En materia de presión arterial, nuestros resultados identificaron que la PAD fue menor en las mujeres y la PAS mayor en hombres, con diferencias significativas en algunos momentos del protocolo de flexores del codo. Estos hallazgos concuerdan con estudios recientes que atribuyen una sensibilidad diferenciada por sexo en la respuesta presora durante el ejercicio isométrico. En particular, se ha descrito que los hombres tienden a presentar respuestas más elevadas que las mujeres durante contracciones musculares estáticas de intensidad baja a moderada; sin embargo dichas diferencias tienden a atenuarse a medida que aumenta la fuerza de la contracción, sugiriendo que la mayor masa muscular activa y la mayor fuerza absoluta de los hombres podrían contribuir a una mayor activación del reflejo presor durante tareas sostenidas [27].

Por otro lado, la PAD más baja en mujeres que en hombres podría estar relacionada con mecanismos

vasculares específicos, tal como lo han señalado algunos autores, quienes han identificado en las mujeres una menor respuesta presora durante y después del ejercicio isométrico. Este comportamiento se atribuye a una menor resistencia vascular periférica, explicada en parte por una mejor vasodilatación mediada por estrógenos y por diferencias en el control autonómico. Este perfil hemodinámico podría explicar el por qué, aun en presencia de fatiga, la carga hemodinámica en las mujeres tiende a ser menor [28].

Los efectos del trabajo muscular repetitivo sobre la PAS y la PAD parecen ser dependientes del tiempo, de modo que, durante contracciones musculares prolongadas, la compresión vascular y la acumulación de metabolitos constituyen un estímulo para el aumento de la presión arterial. Algunos estudios han reportado diferencias en las respuestas de la PAS y de la PAD según el sexo, atribuyendo dichas diferencias a mecanismos de regulación vascular y autonómica tras esfuerzos isométricos. Asimismo, algunos autores han sugerido que la respuesta presora sostenida observada en los hombres podría representar un mecanismo compensatorio frente a la compresión prolongada del lecho vascular muscular durante la contracción, lo que concuerda con los hallazgos de diferencias más marcadas hacia el minuto 20 de trabajo [29].

Finalmente, los protocolos utilizados en este estudio fueron diseñados específicamente para identificar las respuestas de distintos indicadores biológicos en una muestra pequeña, explorada mediante un diseño cuasiexperimental. Los resultados reportados no constituyen evidencia epidemiológica suficiente para orientar estrategias de prevención ni para definir prioridades en materia de salud ocupacional; no obstante, representan un insumo relevante a considerar al momento de plantear futuras investigaciones. En particular, estos hallazgos pueden servir de base para estudios que exploren

respuestas similares mediante protocolos experimentales alternativos o que repliquen modelos de trabajo reales (cargas, pausas, organización del trabajo, entre otros), así como en puestos laborales específicos en los que se espera identificar factores de riesgo ocupacional que contribuyan al manejo de la incidencia de los TMERTs.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio evidencian escasas diferencias en las respuestas fisiológicas exploradas entre hombres y mujeres durante la ejecución de tareas repetitivas con cargas variables.

Aunque no se identificaron diferencias significativas en la SmO_2 , los hombres registraron valores más elevados. En cuanto a la percepción del esfuerzo, solo se observaron diferencias significativas entre sexos en momentos puntuales, lo que sugiere la presencia de estrategias de control motor diferenciadas. Sin embargo, las principales diferencias se manifestaron en la respuesta hemodinámica, con valores significativamente más elevados de PAS y PAD en hombres a los 20 minutos de tareas sostenidas, con intensidades del 10% y 20% de la CIVM, respectivamente. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de considerar el sexo biológico como una variable moduladora en el diseño de protocolos de carga y en la evaluación de la fatiga en contextos laborales y clínicos.

Contribuciones de los autores

GCSM fue responsable de la conceptualización, validación y redacción - revisión y edición. MERI fue responsable de la conceptualización, validación y redacción - revisión y edición. JIGH fue responsable de la conceptualización, validación y redacción - revisión y edición. MVM fue responsable de la conceptualización, validación y redacción - revisión y edición. YAVJ fue responsable de la conceptualización, validación y redacción - revisión y edición. Todos los autores aprobaron la versión final enviada y asumen la responsabilidad por la publicación.

REFERENCIAS

1. Attwood D, Deeb J, Danz Reece M. Ergonomic solutions for the process industries. Amsterdam/Boston: Gulf Professional Publishing; 2004.
2. Márquez Gómez M. Modelos teóricos de la causalidad de los trastornos musculoesqueléticos. Ingen Ind Actualidad Nuevas Tend. 2015;IV(14):85-102.
3. Ministerio de Salud (Chile). Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo asociados a trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT) de extremidades superiores; Resolución Exenta n° 804, 26 sep 2012. Santiago: Ministerio de Salud; 2012.
4. Ministerio de Salud de Chile. Resolución Exenta n° 327: aprueba actualización del Protocolo de Vigilancia de

- Trabajadores Expuestos a Factores de Riesgo de Trastornos Musculoesqueléticos. Santiago: Ministerio de Salud; 2024. Diario Oficial. 2024 abr 22.
5. Superintendencia de Seguridad Social (Chile). Informe anual de seguridad y salud en el trabajo (Informe de gestión 2022). Santiago: Superintendencia de Seguridad Social; 2022.
6. Mantooth WP, Mehta RK, Rhee J, Cavuoto LA. Task and sex differences in muscle oxygenation during handgrip fatigue development. *Ergonomics*. 2018;61(12):1646-56. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1504991>
7. Keller JL, Kennedy KG, Hill EC, Fleming SR, Colquhoun RJ, Schwarz NA. Handgrip exercise induces sex-specific mean arterial pressure and oxygenation responses but similar performance fatigability. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2022;42(2):127-38. <https://doi.org/10.1111/cpf.12739>
8. Laberge M, Lefrançois M, Chadoin M, Probst I, Riel J, Casse C, et al. Gender and work in ergonomics: recent trends. *Ergonomics*. 2022;65(11):1451-5. <https://doi.org/10.1080/00140139.2022.21298-6>
9. Sandra Pérez C, Priego Quesada JI, Salvador Palmer R, Murias JM, Encarnación Martínez A. Sex-related differences in muscle oxygen saturation profiles of different muscles in trained cyclists during graded cycling exercise. *J Appl Physiol*. 2023;135(5):1092-101. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00420.2023>
10. Brownstein CG, Škarabot J, Hicks KM, Howatson G, Thomas K, Hunter SK, et al. Sex differences in fatigability and recovery relative to the intensity-duration relationship. *J Physiol*. 2019;597(23):5577-95. <https://doi.org/10.1113/JP278699>
11. Albert WJ, Wrigley AT, McLean RB, Sleivert GG. Sex differences in the rate of fatigue development and recovery. *Dyn Med*. 2006;5:2. <https://doi.org/10.1186/1476-5918-5-2>
12. Kouzaki M, Shinohara M. The frequency of alternate muscle activity is associated with the attenuation in muscle fatigue. *J Appl Physiol*. 2006;101(3):715-20. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01309.2005>
13. Garzón-Duque MO, Bonbón-Velez MC, Toro-Rivera JA, Agudelo-Aguilar I. Sociodemographic and labor conditions and the presence of musculoskeletal symptoms in workers in a market in a Colombian municipality. *Rev Bras Med Trab*. 2022;20(2):298-310. <https://doi.org/10.47626/1679-4435-2022-687>
14. Gummeson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;7:44. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-7-44>
15. Kauppi K, Korhonen V, Ferdinando H, Kallio M, Myllylä T. Combined surface electromyography, near-infrared spectroscopy and acceleration recordings of muscle contraction: The effect of motion. *J Innov Opt Health Sci*. 2017;10(2):1650056. <https://doi.org/10.1142/S1793545816500565>
16. McNeil CJ, Allen MD, Olympico E, Shoemaker JK, Rice CL. Blood flow and muscle oxygenation during low, moderate, and maximal sustained isometric contractions. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2015;309(5):R475-81. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00387.2014>
17. Ishii H, Nishida Y. Effect of lactate accumulation during exercise-induced muscle fatigue on the sensorimotor cortex. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(12):1637-42. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.1637>
18. Nielsen JL, Frandsen U, Jensen KY, Prokhorova TA, Dalgaard LB, Bech RD, et al. Skeletal muscle microvascular changes in response to short-term blood flow restricted training—exercise-induced adaptations and signs of perivascular stress. *Front Physiol*. 2020;11:556. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00556>
19. Keller JL, Anders JP, Neltner TJ, Housh TJ, Schmidt RJ, Johnson GO. Sex differences in muscle excitation and oxygenation, but not in force fluctuations or active hyperemia resulting from a fatiguing, bilateral isometric task. *Physiol Meas*. 2021;42(11):115004. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ac3e86>
20. Habib RR, Messing K. Gender, women's work and ergonomics. *Ergonomics*. 2012;55(2):129-32. <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.646322>
21. Kwak M, Succi PJ, Benitez B, Mitchinson CJ, Bergstrom HC. The effects of sex and contraction intensity on fatigability and muscle oxygenation in trained individuals. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2025;50(1):1-12. <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0181>
22. Lebron MA, Starling-Smith JM, Hill EC, Stout JR, Fukuda DH. Sex-based effects on muscle oxygenation during repeated maximal intermittent handgrip exercise. *Sports*. 2025;13(2):42. <https://doi.org/10.3390/sports13020042>
23. Keller JL, Kennedy KG. Men exhibit faster skeletal muscle tissue desaturation than women before and after a fatiguing handgrip. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121(12):3473-83. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04810-5>
24. Slopecki M, Messing K, Côté JN. Is sex a proxy for mechanical variables during an upper limb repetitive movement task? An investigation of the effects of sex and of anthropometric load on muscle fatigue. *Biol Sex Differ*. 2020;11:60. <https://doi.org/10.1186/s13293-020-00336-1>
25. Chen Y, Yang C, Côté JN. Few sex-specific effects of fatigue on muscle synergies in a repetitive pointing task. *J Biomech*. 2024;163:111905. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2023.111905>
26. Odebiyi DO, Uthman L, Manooogian B, Inyang AC. Influence of age and gender on cardiovascular response to isometric exercise in apparently healthy individuals. *Physiol Rep*. 2022;10(1):e15245. <https://doi.org/10.14814/phy2.15245>
27. Delaney EP, Greaney JL, Edwards DG, Rose WC, Fadel PJ, Farquhar WB. Exaggerated sympathetic and pressor responses to handgrip exercise in older hypertensive humans: role of the muscle metaboreflex. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2010;299(5):H1318-27. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00556.2010>
28. Lee JB, Lutz W, Omazic LJ, Jordan MA, Cacoilo J, Garland M, et al. Blood pressure responses to static and dynamic knee extensor exercise between sexes: role of absolute contraction intensity. *Med Sci Sports Exerc*. 2021;53(9):1958-68. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002648>
29. Guerrero RVD, Teixeira AL, Lima AS, Lehnen GCS, Bottaro M, Vianna LC. Sex differences in beat-to-beat blood pressure variability following isometric handgrip exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05988-8>

Dirección de correspondencia: Guido Clemente Solari Montenegro - Av. Angamos 601, Antofagasta, Chile - E-mail: guido.solari@uantof.cl

