

Comparación de los umbrales ventilatorios y los parámetros cardiorrespiratorios entre hombres adultos con paraplejia torácica baja e individuos sin lesión medular: Un estudio observacional transversal

DAYAN ARANEDA TOLEDO¹, RAÚL SMITH PLAZA^{2,3}, JORGE CANCINO LÓPEZ⁴

ABSTRACT

Comparison of ventilatory thresholds and cardiorespiratory parameters between adult men with lower thoracic paraplegia and individuals without spinal cord injury: a cross-sectional observational study

Introduction: People with spinal cord injury (SCI) experience sensory, motor, and autonomic alterations that influence cardiovascular and respiratory responses during exercise. In this context, the objective of the present study was to compare the first and second ventilatory thresholds (VT1 and VT2), peak oxygen uptake ($VO_{2\text{peak}}$), and peak heart rate (HR_{peak}) between adult men with low thoracic paraplegia and men without SCI. **Material or Patients and Methods:** A cross-sectional observational comparative study, $n = 8$ adult males with low thoracic paraplegia (neurological level T6-T12, ASIA A) (PARA group) and $n = 19$ adult males without SCI (CON group). A maximal incremental test was performed on an upper limb cycle ergometer, using a MetaMax[®]3B ergospirometer and a Polar H7 cardiac transmitter. The data obtained were analyzed with SPSS 17.0, applying the nonparametric Mann-Whitney U test for group comparison. **Results:** Statistically significant differences were found in VT1 ($U = 32$, $p = 0.019$) and VT2 ($U = 18.5$, $p = 0.002$) in favor of the CON group. In contrast, no significant differences were observed in $VO_{2\text{peak}}$ (PARA = $2.7 \frac{\text{ml/kg}}{\text{min}}$ vs. CON = $3.0 \frac{\text{ml/kg}}{\text{min}}$; $p = 0.200$) or HR_{peak} (PARA = 186 bpm vs. CON = 173 bpm; $p = 0.099$). **Conclusion:** This study revealed significant differences in ventilatory thresholds between men with and without low thoracic paraplegia, suggesting variations in submaximal exercise efficiency and capacity. However, no notable differences were recorded in $VO_{2\text{peak}}$ or HR_{peak} . These findings reinforce the importance of ventilatory thresholds as a tool for the assessment and prescription of exercise in individuals with SCI.

Keywords: Spinal cord injury, Paraplegia, Ventilatory thresholds, Oxygen consumption, Heart rate, Exercise.

¹Kinesiología, Instituto Teletón. Santiago, Chile.

²Subdirección de Desarrollo Académico e Investigación, Teletón. Chile.

³Facultad de Medicina Clínica Alemana, Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile.

⁴Laboratorio de Fisiología del Ejercicio y Metabolismo, Universidad Finis Terrae. Santiago, Chile.

Recibido: 23-10-2023

Aceptado: 23-12-2024

Correspondencia:

Dayan Araneda Toledo
daraneda@teleton.cl

RESUMEN

Introducción: Las personas con lesión medular (LM) presentan alteraciones sensitivas, motoras y autonómicas que influyen en la respuesta cardiovascular y respiratoria durante el ejercicio. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue comparar el primer y segundo umbral ventilatorio (VT1 y VT2), el consumo de oxígeno pico ($VO_{2\text{pico}}$) y la frecuencia cardíaca pico (FC_{pico}) entre hombres adultos con paraplejía dorsal baja y sin lesión medular (LM). **Material o Pacientes y Métodos:** Estudio comparativo observacional transversal, $n = 8$ varones adultos con paraplejía dorsal baja (nivel neurológico T6-T12, ASIA A) (grupo PARA) y $n = 19$ varones adultos sin LM (grupo CON). Se llevó a cabo un test incremental máximo en un cicloergómetro de miembros superiores, empleando un ergoespirómetro MetaMax[®]3B y un transmisor cardíaco Polar H7. Los datos obtenidos se analizaron con SPSS 17.0, aplicándose la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para la comparación de los grupos. **Resultados:** Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en VT1 ($U = 32$, $p = 0,019$) y VT2 ($U = 18,5$, $p = 0,002$) a favor del grupo CON. En contraste, no se observaron diferencias en $VO_{2\text{pico}}$ (PARA = $2,7_{\text{ml/kg/min}}$ vs. CON = $3,0_{\text{ml/kg/min}}$; $p = 0,200$) ni en FC_{pico} (PARA = 186 lpm vs. CON = 173 lpm; $p = 0,099$). **Conclusión:** Este estudio reveló diferencias significativas en los umbrales ventilatorios entre varones con paraplejía torácica baja y sin LM, lo que sugiere variaciones en la eficiencia y capacidad de ejercicio submáximo. Sin embargo, no se registraron diferencias notables en $VO_{2\text{pico}}$ ni en FC_{pico} . Estos hallazgos refuerzan la importancia de los umbrales ventilatorios como herramienta para la evaluación y prescripción de ejercicio en individuos con LM.

Palabras clave: Lesión medular, Paraplejía, Umbrales ventilatorios, Consumo de oxígeno, Frecuencia cardíaca, Ejercicio.

Introducción

La lesión medular (LM) se define como cualquier alteración, ya sea congénita o adquirida, que afecte la médula espinal y cause disfunciones motoras, sensitivas y/o autonómicas por debajo del nivel de la lesión¹. Dentro de las causas adquiridas, la American Spinal Injury Association (ASIA) clasifica como paraplejía la afección medular que compromete los segmentos torácicos, lumbares o sacros, pudiendo involucrar el tronco, los miembros inferiores y los órganos pélvicos respectivamente². Por otra parte, el daño en las vías autonómicas puede alterar funciones vitales como la regulación cardiovascular, respiratoria, gastrointestinal, urológica y sexual, así como la sudoración y la termorregulación³⁻⁶.

La medición del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) se considera un indicador fundamental de la aptitud aeróbica y la capacidad funcional en diversos grupos poblacionales. Sin embargo, en personas con LM, las alteraciones autonómicas y la menor activación de la musculatura dificulta alcanzar un grado de exigencia metabólica máxima que genere valores realmente máximos de frecuencia cardíaca (FC) y $VO_{2\text{máx}}$. Por ello, a estos parámetros se les suele nombrar FC_{pico} y $VO_{2\text{pico}}$ (y no máximo) cuando son medidos en individuos con LM^{7,8}.

En personas con paraplejía, la menor activación de la musculatura de los miembros inferiores repercute negativamente en el retorno venoso, lo que se traduce en una disminución del volumen sistólico y, por ende, del gasto

cardíaco y el $VO_{2\text{pico}}$. A nivel autonómico, en individuos con paraplejía torácica alta (por encima de T6), se ve comprometido el núcleo intermediolateral de la médula espinal, localizado entre T1 y T5, provocando un desequilibrio significativo en la regulación cardiovascular^{9,10}. Aunque la inervación parasimpática del nervio vago permanece relativamente preservada, la pérdida de control simpático cardíaco repercute negativamente en la respuesta hemodinámica al no poder incrementar adecuadamente la FC durante el ejercicio de moderada o alta intensidad¹⁰.

En este escenario, los umbrales ventilatorios proporcionan una herramienta adicional para evaluar la eficiencia submáxima del organismo durante el ejercicio¹¹. Mientras que el primer umbral ventilatorio (VT1) se caracteriza por un aumento leve en la ventilación, asociado principalmente con el metabolismo aeróbico, el segundo umbral ventilatorio (VT2) se distingue por un incremento más pronunciado de la ventilación, atribuible a la activación de las vías glucolíticas, la acumulación de lactato y la necesidad de compensar la acidosis metabólica en ejercicios de alta intensidad¹².

Considerando la relevancia clínica de estas variables ($VO_{2\text{pico}}$, FC_{pico} , VT1 y VT2) en la población con paraplejía¹¹, se hace necesario contrastarlas con las de individuos sin LM. De este modo, el objetivo del presente estudio fue determinar si existen diferencias significativas en dichos parámetros al realizar un test incremental en cicloergómetro de miembros superiores, en varones adultos con paraplejía torácica baja (T6-T12) y un grupo control sin LM, con la finalidad de optimizar la prescripción de ejercicio y la rehabilitación en esta población.

Material o Pacientes y Métodos

Diseño del estudio y participantes

Ensayo clínico controlado no aleatorizado de carácter cuantitativo, en el que participaron hombres con y sin LM. El grupo con paraplejía (PARA) estuvo compuesto por 8 varones adultos, usuarios del Instituto Teletón Santiago,

con LM de origen traumático (clasificación ASIA A) y nivel neurológico entre T6 y T12. El grupo control (CON) incluyó 19 varones adultos sin LM, de características antropométricas y rango etario similares al grupo de estudio. Ambos grupos fueron reclutados de manera voluntaria.

Criterios de inclusión y exclusión

Para el grupo PARA se exigió la presencia de LM traumática de al menos 1 año de evolución y estabilidad clínica/neurológica de al menos 6 meses, así como la capacidad de movilizar los miembros superiores sin restricciones. Se excluyeron participantes con patologías o complicaciones secundarias capaces de inducir respuestas simpáticas atípicas (por ejemplo, heridas por presión activas), uso de fármacos que afectaran la FC e infecciones agudas o estados febriles el día de la evaluación. En ambos grupos se descartaron condiciones musculoesqueléticas que impidieran realizar el test incremental en cicloergómetro de miembros superiores^{13,14}.

Aspectos éticos

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Ética Científico de la SPANL, cumpliendo con los principios de la Declaración de Helsinki. A todos los participantes se les solicitó firmar el consentimiento informado. La información se obtuvo a partir de entrevistas directas y de la revisión de fichas clínicas.

Procedimientos de evaluación

1. Preparación previa: Se solicitó a los participantes no fumar ni consumir bebidas cafeinadas al menos 2,5 horas antes de la prueba, evitar grandes ingestas alimenticias en ese período, no consumir alcohol 24 horas antes y no realizar ejercicio intenso el mismo día de la evaluación.
2. Instrumentación: Para medir el VO_2 y los parámetros ventilatorios, se utilizó un ergoespirómetro MetaMax[®]3B, validado para la medición de gases respiratorios



Figura 1. A la izquierda, sujeto con paraplejia dorsal baja realizando el Test incremental maximal. A la derecha, sujeto de control realizando el Test incremental maximal.

en ejercicios incrementales. Además, se registró la FC mediante un transmisor Polar H7 colocado por debajo de los músculos pectorales.

3. Protocolo de esfuerzo:

- Cada participante se ubicó en postura sedente, con un ángulo de 90° entre el respaldo y el asiento. Las personas en silla de ruedas bloquearon ambas ruedas para evitar desplazamientos durante la prueba. El eje del cicloergómetro se ajustó a la altura de la articulación glenohumeral, garantizando la alineación biomecánica.
- Tras un calentamiento de 3 minutos con carga leve (Escala de Borg 3-4/10), se inició un test incremental máximo en cicloergómetro de brazos, manteniendo una cadencia constante de 70 revoluciones por minuto (RPM).
- El grupo PARA comenzó con 20W, incrementando 5W cada minuto. El grupo CON inició con 20W, incrementando 10W por minuto.
- Se consideró como criterio de finalización la aparición de agotamiento voluntario, la imposibilidad de mantener la cadencia (>30RPM por debajo del ritmo estipulado) o la existencia de algún riesgo clínico para la salud del participante durante la prueba.

4. Variables de estudio:

- VT1 y VT2: Determinados mediante el análisis de la equivalencia ventilatoria y

la curva de dióxido de carbono.

- $VO_{2,pico}$: Definido como el valor más alto de VO_2 alcanzado durante el test.
- FC_{pico} : identificada como el máximo valor de FC obtenido.

Análisis estadístico

Los datos se registraron en una planilla de Microsoft Excel y luego se analizaron con el software SPSS versión 17.0. Dado el reducido tamaño de la muestra en cada grupo, se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para comparar las variables de interés (VT1, VT2, $VO_{2,pico}$ y FC_{pico}) entre PARA y CON, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$). Adicionalmente, se calculó la mediana y el rango para cada variable. Se incluyó la descripción de frecuencia absoluta en casos en que resultara pertinente.

Resultados

En el grupo PARA la edad promedio fue de $23,75 \pm 4,53$ años, el tiempo transcurrido desde la lesión medular promedió $7,6 \pm 7,5$ años y el índice de masa corporal (IMC) fue de $23,11 \pm 3,96$ kg/m². Por su parte, el grupo CON presentó una edad promedio de $25,05 \pm 3,72$ años y un IMC de $25,66 \pm 4,17$ kg/m² (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de la muestra

	PARA	CON
Número de sujetos	8	19
Edad (años)	23,75 (\pm 4,53)	25,05 (\pm 3,72)
Tiempo transcurrido desde la lesión (años)	7,6 (\pm 7,5)	NA
Índice de masa corporal (kg/m^2)	23,11 (\pm 3,96)	25,66 (\pm 4,17)

Tabla 2. Prueba U de Mann-Whitney en grupos PARA y CON

	PARA (n = 8)	CON (n = 19)	U	p
	Me (Rango)	Me (Rango)		
VT VT1	1,135 (0,86)	1,42 (1,73)	32,000	0,019
VT VT2	1,29 (1,2)	2,08 (1,79)	18,500	0,002
VO_2/kg $\text{VO}_{2\text{peak}}$	27 (16)	30 (27)	52,000	0,200
HR $\text{VO}_{2\text{peak}}$	186 (28)	173 (58)	45,000	0,099

En relación con los umbrales ventilatorios, se encontraron diferencias estadísticas significativas a favor del grupo CON en el primer umbral ventilatorio (VT1) ($U = 32$; $p = 0,019$), donde el grupo PARA alcanzó una mediana de 1.135L (rango = 0,86), en contraste con 1,42L (rango = 1,73) en el grupo CON (Tabla 2). Asimismo, el segundo umbral ventilatorio (VT2) también mostró diferencias significativas ($U = 18,5$; $p = 0,002$), registrándose una mediana de 1,29L (rango = 1,2) en PARA y de 2,08L (rango = 1,79) en CON.

Respecto al $\text{VO}_{2\text{pico}}$, no se observaron diferencias estadísticas entre ambos grupos ($p = 0,200$). El grupo PARA presentó una mediana de 27 $\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$ (rango = 16), mientras que en CON se registró una mediana de 30 $\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$ (rango = 27) (Tabla 2).

La FC_{pico} tampoco evidenció diferencias significativas ($p = 0,099$) entre PARA (mediana = 186 lpm; rango = 28) y CON (mediana = 173 lpm; rango = 58) (Tabla 2).

Discusión

La reducción de los valores de VT1 y VT2 en el grupo con paraplejía se alinea con lo reportado en la literatura, donde las personas con paraplejía suelen presentar una capacidad limitada para aumentar la ventilación durante

el ejercicio^{7,8,10,15}. Este hecho puede atribuirse a la afectación tanto de la musculatura respiratoria como de la musculatura abdominal, lo que restringe el volumen corriente e incrementa la fatigabilidad de los músculos respiratorios durante el ejercicio¹⁶.

La ausencia de diferencias significativas en el $\text{VO}_{2\text{pico}}$ indica que, en condiciones de ejercicio en cicloergómetro para miembros superiores, los individuos con paraplejía podrían compensar gracias al incremento de la fuerza y al mayor reclutamiento de la musculatura de los brazos¹⁶, logrando valores de VO_2 similares a los del grupo sin LM. No obstante, en la población sin LM, que no está habituada al trabajo con miembros superiores, el uso exclusivo del cicloergómetro de brazos puede subestimar su verdadero $\text{VO}_{2\text{max}}$, puesto que la mayoría de sus actividades cotidianas y entrenamientos se concentran en los miembros inferiores. Esta diferencia en la adaptación podría influir en las comparaciones de $\text{VO}_{2\text{pico}}$ y FC_{pico} entre ambos grupos. Futuros estudios con ergómetros híbridos que combinen el trabajo de miembros superiores e inferiores, o que incluyan estimulación eléctrica funcional sincronizada con el ciclo ergómetro¹⁷, podrían evidenciar diferencias más marcadas en el $\text{VO}_{2\text{pico}}$ y FC_{pico} entre personas con y sin LM.

Cabe destacar la diversidad de respuestas que se podrían observar en individuos con

LM en distintos niveles neurológicos (cervical, torácico alto o lumbar) y con diferentes grados de severidad (ASIA B, C o D)^{10,18}. Por ejemplo, en lesiones cervicales se esperaría una afectación más pronunciada del control simpático y de la mecánica respiratoria, influyendo de manera más significativa en la respuesta cardiovascular, la termorregulación y los patrones ventilatorios¹⁹. De igual forma, las lesiones incompletas presentan un rango amplio de variaciones, dependiendo del grado de preservación motora y sensitiva. Por consiguiente, los resultados aquí obtenidos no deben extrapolarse a toda la población con LM, subrayando la importancia de llevar a cabo estudios adicionales que consideren tanto diferentes niveles y severidades de la lesión como la inclusión de mujeres.

Si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la FC_{pico} , se evidenció una tendencia a valores de FC levemente más altos en el grupo con paraplejía. Este fenómeno puede obedecer a un mecanismo compensatorio que incrementa la FC para mantener el gasto cardíaco durante el ejercicio, dado el menor retorno venoso y el consecuente descenso del volumen sistólico^{10,14,20}. Es pertinente recordar que, en casos de paraplejía torácica baja, se conserva la inervación simpática cardíaca, lo que facilita la elevación compensatoria de la FC durante esfuerzos moderados e intensos.

En el ámbito clínico, la medición de los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) ofrece un enfoque más afinado para la planificación de la rehabilitación y el entrenamiento físico en personas con LM²¹. Dichos umbrales permiten ajustar las intensidades de ejercicio a niveles submáximos seguros, optimizando la eficiencia de la carga de trabajo y favoreciendo la progresión gradual. Paralelamente, $VO_{2,pico}$ y FC_{pico} constituyen indicadores globales del rendimiento cardiorrespiratorio, útiles para fijar objetivos, evaluar la evolución de la capacidad aeróbica y orientar intervenciones personalizadas²¹. En conjunto, la integración de parámetros submáximos y pico propicia un abordaje integral del proceso de rehabilitación, promoviendo una mayor independencia funcional y una mejor calidad de vida en la población con LM²².

Una de las principales limitaciones de esta investigación radica en el reducido tamaño muestral, lo que puede impactar la potencia estadística y dificultar la detección de diferencias sutiles en algunas variables. Tampoco se controlaron exhaustivamente factores como el nivel previo actividad física, la masa muscular específica de los miembros superiores ni la composición corporal, todos estos elementos podrían influir en la respuesta fisiológica al ejercicio en cicloergómetro de brazos. Asimismo, no se incluyeron participantes con lesiones de diferente nivel neurológico (cervical, torácico alto o lumbar) ni se consideró la participación de mujeres, lo que restringe la generalización de los resultados a otras poblaciones con LM.

Este estudio demostró que los umbrales ventilatorios son significativamente más bajos en varones con paraplejía torácica baja, reflejando una menor eficiencia submáxima durante el ejercicio. Estos resultados destacan la relevancia clínica de integrar VT1 y VT2 en la prescripción de ejercicio y rehabilitación, mientras que la ausencia de diferencias en $VO_{2,pico}$ y FC_{pico} subraya la necesidad de enfoques personalizados según las capacidades individuales.

Desde la perspectiva clínica, la determinación de VT1 y VT2 podría ayudar a establecer umbrales de entrenamiento más seguros y efectivos, complementándose con la evaluación de parámetros pico para lograr una visión integral del estado cardiorrespiratorio, optimizando así la prescripción de ejercicio y la rehabilitación en esta población.

Referencias Bibliográficas

1. Rupp, R., Biering-Sørensen, F., Burns, S. P., Graves, D. E., Guest, J., Jones, L., Read, M. S., Rodriguez, G. M., Schuld, C., Tansey-Md, K. E., Walden, K., & Kirshblum, S. (2021). International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: Revised 2019. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, 27(2), 1–22. <https://doi.org/10.46292/sci2702-1>
2. Snider, B. A., Eren, F., Reeves, R. K., Rupp, R., & Kirshblum, S. C. (2023). The International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: Classification Accuracy and Challenges. *Topics in spi-*

- nal cord injury rehabilitation, 29(1), 1–15. <https://doi.org/10.46292/sci22-00036>
3. Biering-Sørensen, F., Biering-Sørensen, T., Liu, N., Malmqvist, L., Wecht, J. M., & Krassioukov, A. (2018). Alterations in cardiac autonomic control in spinal cord injury. *Autonomic neuroscience: basic & clinical*, 209, 4–18. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2017.02.004>
 4. Raguindin, P. F., Fränkl, G., Itodo, O. A., Bertolo, A., Zeh, R. M., Capossela, S., Minder, B., Stoyanov, J., Stucki, G., Franco, O. H., Muka, T., & Glisic, M. (2021). The neurological level of spinal cord injury and cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Spinal cord*, 59(11), 1135–1145. <https://doi.org/10.1038/s41393-021-00678-6>
 5. Alkemade, P., Eijsvogels, T. M. H., Janssen, T. W. J., Jansen, K. M. B., Kingma, B. R. M., & Daanen, H. A. M. (2023). Upper-Body versus Lower-Body Cooling in Individuals with Paraplegia during Arm-Crank Exercise in the Heat. *Medicine and science in sports and exercise*, 55(11), 2014–2024. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003244>
 6. Chan, L. W., Griebing, T. L., Arnold, E. P., Chu, P. S., New, P. W., & Wagg, A. (2018). Special considerations in the urological management of the older spinal cord injury patient. *World journal of urology*, 36(10), 1603–1611. <https://doi.org/10.1007/s00345-018-2326-3>
 7. Choi, H. H., Ahn, H., & Jung, W. S. (2023). Estimation of peak oxygen consumption in individuals with spinal cord injury patients using multiple linear regression analysis: a preliminary study. *Physical activity and nutrition*, 27(4), 26–33. <https://doi.org/10.20463/pan.2023.0034>
 8. Wouda, M. F., Lundgaard, E., Becker, F., & Strøm, V. (2021). Changes in cardiorespiratory fitness and activity levels over the first year after discharge in ambulatory persons with recent incomplete spinal cord injury. *Spinal cord*, 59(3), 354–360. <https://doi.org/10.1038/s41393-020-0514-7>
 9. Hodgkiss, D. D., Bhangu, G. S., Lunny, C., Jutzeler, C. R., Chiou, S. Y., Walter, M., Lucas, S. J. E., Krassioukov, A. V., & Nightingale, T. E. (2023). Exercise and aerobic capacity in individuals with spinal cord injury: A systematic review with meta-analysis and meta-regression. *PLoS medicine*, 20(11), e1004082. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004082>
 10. Pelletier C. (2023). Exercise prescription for persons with spinal cord injury: a review of physiological considerations and evidence-based guidelines. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 48(12), 882–895. <https://doi.org/10.1139/apnm-2023-0227>
 11. Fischer, G., Figueiredo, P., & Ardigò, L. P. (2015). Physiological Performance Determinants of a 22-km Handbiking Time Trial. *International journal of sports physiology and performance*, 10(8), 965–971. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0429>
 12. Domínguez, R., Maté-Muñoz, J. L., Serra-Paya, N., & Garnacho-Castaño, M. V. (2018). Lactate Threshold as a Measure of Aerobic Metabolism in Resistance Exercise. *International journal of sports medicine*, 39(3), 163–172. <https://doi.org/10.1055/s-0043-122740>
 13. Kyriakides, A., Poulidakos, D., Galata, A., Konstantinou, D., Panagiotopoulos, E., & Chroni, E. (2019). The effect of level of injury and physical activity on heart rate variability following spinal cord injury. *The journal of spinal cord medicine*, 42(2), 212–219. <https://doi.org/10.1080/10790268.2017.1383709>
 14. Serra-Añó, P., Montesinos, L. L., Morales, J., López-Bueno, L., Gomis, M., García-Massó, X., & González, L. M. (2015). Heart rate variability in individuals with thoracic spinal cord injury. *Spinal cord*, 53(1), 59–63. <https://doi.org/10.1038/sc.2014.207>
 15. Shaffer, R. F., Picard, G., & Taylor, J. A. (2018). Relationship of Spinal Cord Injury Level and Duration to Peak Aerobic Capacity With Arms-Only and Hybrid Functional Electrical Stimulation Rowing. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 97(7), 488–491. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000903>
 16. McMillan, D. W., Maher, J. L., Jacobs, K. A., Nash, M. S., & Bilzon, J. L. J. (2021). Physiological responses to moderate intensity continuous and high-intensity interval exercise in persons with paraplegia. *Spinal cord*, 59(1), 26–33. <https://doi.org/10.1038/s41393-020-0520-9>
 17. Hasnan, N., Mohamad Saadon, N. S., Hamzaid, N. A., Teoh, M. X., Ahmadi, S., & Davis, G. M. (2018). Muscle oxygenation during hybrid arm and functional electrical stimulation-evoked leg cycling after spinal cord injury. *Medicine*, 97(43), e12922. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000012922>
 18. Tweedy, S. M., Beckman, E. M., Geraghty, T. J., Theisen, D., Perret, C., Harvey, L. A., & Vanlandewijck, Y. C. (2017). Exercise and sports science Australia (ESSA) position statement on exercise and spinal cord injury. *Journal of science and medicine in sport*, 20(2), 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.02.001>
 19. Martin Ginis, K. A., van der Scheer, J. W., Latimer-Cheung, A. E., Barrow, A., Bourne, C., Carruthers, P., Bernardi, M., Ditor, D. S., Gaudet, S., de Groot, S.,

- Hayes, K. C., Hicks, A. L., Leicht, C. A., Lexell, J., Macaluso, S., Manns, P. J., McBride, C. B., Noonan, V. K., Pomerleau, P., Rimmer, J. H., Goosey-Tolfrey, V. L. (2018). Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline. *Spinal cord*, 56(4), 308–321. <https://doi.org/10.1038/s41393-017-0017-3>
20. Figoni, S. F., Dolbow, D. R., Crawford, E. C., White, M. L., & Pattanaik, S. (2021). Does aerobic exercise benefit persons with tetraplegia from spinal cord injury? A systematic review. *The journal of spinal cord medicine*, 44(5), 690–703. <https://doi.org/10.1080/10790268.2020.1722935>
21. Au, J. S., Sithamparapillai, A., Currie, K. D., Krassioukov, A. V., MacDonald, M. J., & Hicks, A. L. (2018). Assessing Ventilatory Threshold in Individuals With Motor-Complete Spinal Cord Injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 99(10), 1991–1997. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.05.015>
22. Gaspar, R., Padula, N., Freitas, T. B., de Oliveira, J. P. J., & Torriani-Pasin, C. (2019). Physical Exercise for Individuals With Spinal Cord Injury: Systematic Review Based on the International Classification of Functioning, Disability, and Health. *Journal of sport rehabilitation*, 28(5), 505–516. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0185>