

Evaluación del consumo máximo de oxígeno pre y post COVID-19 en futbolista de élite en Argentina

Martin Fernando Bruzzese^{1,*}, Nelio Eduardo Bazán², Nicolás Antonio Echandía³, Gastón Cesar Garcia⁴

¹Futbolistas Argentinos Agremiados. Morón. Provincia de Buenos Aires. Argentina. ²Universidad Nacional de Rosario. Rosario. Santa Fe. Argentina. ³Universidad Nacional de Comechingones. Merlo. San Luis. Argentina. ⁴Departamento de Investigación. Instituto de Educación Física, 9016 Jorge Coll, Sede San Rafael, Mendoza. Argentina.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00138

Recibido: 06/09/2022
Aceptado: 02/02/2023

Resumen

Introducción y objetivos: La infección por SARS-CoV-2 parece provocar en muchos atletas un deterioro funcional del rendimiento cardiopulmonar. Se estudió el impacto post COVID-19 en el sistema cardiopulmonar, a través del test de ergoespirometría máxima, en futbolistas profesionales elite.

Material y método: La muestra estuvo compuesta por 10 futbolistas de la primera división AFA (Asociación de Fútbol Argentino), a quienes se realizaron test de consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) pre y post infección por COVID-19. Las variables analizadas fueron VO_{2max} absoluto y relativo, velocidad aeróbica máxima (VAM), primer umbral ventilatorio (VT1), segundo umbral ventilatorio (VT2), frecuencia cardiaca máxima (FC_{max}) y cociente respiratorio (RER).

Resultados: El promedio de la edad fue $22,4 \pm 6,9$ años, masa corporal $71,5 \pm 7,1$ kg y estatura $176,2 \pm 6,9$ cm. Los sujetos post COVID-19 disminuyeron significativamente un 18% el VO_2VT2 ($p = 0,028$) y el RER disminuyó significativamente 5% ($p = 0,02$). La FC_{max} fue la única variable que post COVID-19 se incrementó significativamente 1,8% ($p = 0,04$). No se observaron cambios significativos en la masa corporal; $71,5 \pm 7,1$ vs $73,9 \pm 7,4$ ($p < 0,118$), VO_{2max} $61,7 \pm 5,2$ vs $59,0 \pm 5,1$ ml·kg·min⁻¹ ($p < 0,213$), VAM $18,7 \pm 0,9$ vs $18,6 \pm 0,5$ km·h⁻¹ ($p < 0,739$), VO_2VT1 $39,2 \pm 4,0$ vs $37,8 \pm 4,3$ ml·kg·min⁻¹ ($p < 0,460$), Velocidad al VT1 $11,6 \pm 0,5$ vs $11,8 \pm 0,6$ ($p < 0,480$) y demás variables.

Conclusión: Parece razonable y seguro evaluar a los atletas después de la infección por SARS-CoV-2 con ergoespirometría para asegurar las condiciones de salud y entrenabilidad. En este tipo de atletas (futbolistas elite), la utilización del segundo umbral ventilatorio (VT2) puede ser utilizado como estrategia para observar cambios pos COVID-19. La disminución hallada, puede estar relacionada más al cese del entrenamiento que al daño cardiopulmonar.

Palabras clave:

COVID-19. Rendimiento deportivo.
Ejercicio. Medicina del deporte.
Umbral ventilatorio.

Evaluation of maximum oxygen consumption pre and post COVID-19 in elite soccer player from Argentina

Summary

Introduction and objectives: The SARS-CoV-2 infection appears to cause functional impairment of cardiopulmonary performance in many athletes. We studied the post-COVID-19 impact on the cardiopulmonary system, through the maximal ergospirometry test, in elite professional soccer players.

Material and method: The sample consisted of 10 AFA (Argentine Football Association) first division soccer players, who underwent pre and post COVID-19 infection maximal oxygen uptake (VO_{2max}) tests. The variables analyzed were absolute and relative VO_{2max} , maximal aerobic speed (MAS), first ventilatory threshold (VT1), second ventilatory threshold (VT2), maximal heart rate (HRmax) and respiratory exercise ratio (RER).

Results: The mean age was 22.4 ± 6.9 years, body mass 71.5 ± 7.1 kg and height 176.2 ± 6.9 cm. Post COVID-19 subjects significantly decreased VO_2VT2 by 18% ($P = 0.028$) and RER significantly decreased by 5% ($P = 0.02$). HRmax was the only variable that significantly increased post COVID-19 by 1.8% ($P = 0.04$). No significant changes was observed in body mass 71.5 ± 7.1 vs 73.9 ± 7.4 ($P < 0.118$), VO_{2max} 61.7 ± 5.2 vs 59.0 ± 5.1 ml·kg·min⁻¹ ($P < 0.213$), MAS 18.7 ± 0.9 vs 18.6 ± 0.5 km·h⁻¹ ($P < 0.739$), VO_2VT1 39.2 ± 4.0 vs 37.8 ± 4.3 ml·kg·min⁻¹ ($P < 0.460$), speed at VT1 11.6 ± 0.5 vs 11.8 ± 0.6 ($P < 0.480$) and other variables.

Conclusion: It seems reasonable and safe to evaluate athletes after SARS-CoV-2 infection with ergospirometry to ensure health conditions and trainability. In this type of athletes (elite soccer players), the use of the second ventilatory threshold (VT2) can be used as a strategy to observe post-COVID-19 changes. The decrease found may be related more to the cessation of training than to cardiopulmonary damage.

Key words:

COVID-19. Athletic performance.
Exercise. Sport medicine.
Ventilatory threshold.

Correspondencia: Martin Fernando Bruzzese
E-mail: martinfb@gmail.com

Introducción

La enfermedad del coronavirus-19 (COVID-19) ha afectado a más de 150 millones de personas en todo el mundo¹. Los grandes eventos deportivos (Juegos Olímpicos, campeonatos mundiales y nacionales, entre otros.) tuvieron que ser suspendidos temporalmente, es decir que todo el deporte profesional debió adaptarse a esta situación². Esto se debe principalmente, a que la enfermedad por el virus SARS-CoV-2 es, más allá de su compromiso pulmonar, una enfermedad potencialmente multiorgánica. Es decir, actúa afectando a diferentes órganos y sistemas incluyendo pulmón, corazón, vasos sanguíneos, cerebro, hígado, riñón o intestino³. Como resultado, hay un aumento de personas con secuelas como fibrosis pulmonar, miocarditis, insuficiencia cardíaca crónica o enfermedad renal crónica⁴.

En los deportistas profesionales afectados por COVID-19, siempre existe la duda sobre el impacto que tuvo el virus en el organismo y si el regreso será con plenas condiciones físicas. Las evaluaciones post COVID-19 son importantes en general y especialmente la evaluación máxima del sistema cardiopulmonar⁵. El test de ejercicio cardiopulmonar (TECP) o ergoespirometría permite evaluar de modo dinámico la función cardíaca, respiratoria, metabólica y neuromuscular al analizar los gases ventilados durante una prueba de esfuerzo estandarizada. Permite la medición del consumo de oxígeno y su pico en dicho esfuerzo (VO_{2peak} o VO_{2max}), entre otras múltiples variables fisiológicas y parámetros ergoespirométricos⁶.

En el contexto sanitario actual, el TECP se incluye en la lista de exámenes para el seguimiento de pacientes que han padecido la infección por COVID-19 como por ejemplo en el Grupo de trabajo de la Sociedad Europea de Respiración (ERS), la Sociedad Americana del Tórax (ATS)⁷ y la Sociedad Americana de Cardiología⁸.

Si bien resta mucho por conocer del impacto a largo plazo del COVID-19, las alteraciones y síntomas cardiopulmonares, como disnea o fatiga, puede persistir durante meses y posiblemente estén relacionados con un desacondicionamiento muscular y vascular pulmonar o intersticial relacionado con la infección^{9,10}. En jugadores masculinos de handball de élite, con antecedentes recientes de infección por COVID-19, se evidenció a través de la ergoespirometría una reducción significativa en el VO_{2max} , el pulso de oxígeno y la ventilación pulmonar (VE). Interpretándose que probablemente la infección por COVID-19 provoca un deterioro del rendimiento cardiopulmonar durante el esfuerzo físico¹⁰. Son escasos los estudios en atletas de elite que analizan el impacto del COVID-19 en variables cardiopulmonares.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar el impacto post COVID-19 en el sistema cardiopulmonar, a través del test de ergoespirometría máxima, en futbolistas profesionales elite. Este análisis permitirá comprender mejor, cómo afecta dicha enfermedad a atletas altamente entrenados.

Material y método

Población y diseño

La muestra estuvo compuesta por 10 futbolistas de la primera división AFA (Asociación de Fútbol Argentino), con las siguientes caracte-

terísticas; edad $22,4 \pm 6,9$ años, masa corporal $71,5 \pm 7,1$ kg y estatura de pie $176,2 \pm 6,9$ cm.

El estudio tiene un diseño observacional y su nivel de análisis es analítico relacional. La muestra fue seleccionada intencionalmente y por conveniencia. Los futbolistas habían sido evaluados con ergoespirometría previamente a la enfermedad COVID-19, al inicio del periodo de pretemporada 2021, dentro de un protocolo sistemático de valoración de rendimiento que realiza el Club. A los jugadores que dieron positivo para COVID-19 durante este periodo se les realizó un nuevo test con ergoespirometría en su vuelta a la práctica del deporte profesional post COVID, luego de 10 días del alta médica. Esto permitió la comparación de los test de consumo de oxígeno máximo pre y post infección.

Todos los jugadores tuvieron una prueba del SARS-CoV-2 positiva mediante RT-PCR específica en frotis nasofaríngeos para ser incluidos. Los síntomas más frecuentes fueron anosmia, fiebre, astenia, adinamia, aunque 5 sujetos fueron asintomáticos.

El estudio fue realizado de conformidad con la Declaración de Helsinki, y respetando la Resolución 1480/11 del Ministerio de Salud Pública de Argentina, Guía para Investigaciones con Seres Humanos. Se utilizaron los datos de las evaluaciones a que se someten los jugadores de fútbol habitualmente en su carrera deportiva. La participación en este estudio fue voluntaria y se les explicó antes a los jugadores, en qué consistían las mediciones y que se conservó siempre el anonimato de los datos. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los jugadores participantes.

Test ejercicio cardiopulmonar (TECP)

En la prueba de laboratorio, los jugadores realizaron un calentamiento de 3 minutos. La prueba fue incremental, comenzando a $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ aumentándole la velocidad $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 1 minuto hasta el agotamiento, con una pendiente fija al 1%¹². La temperatura media durante la prueba osciló entre 22-24°C. También se midió la masa corporal y la estatura. En cinta se utilizó el analizador de gases modelo K5 de COSMED® (Figura 1). Sus sensores son lineales y de respuesta rápida¹². El sensor de flujo es una turbina digital con rango de flujo de 0,08-16 l/s, una precisión de $\pm 2\%$ o 50 ml/s, y una resistencia $< 0,6 \text{ cmH}_2\text{O s/l}$ hasta 14 l/s. El sensor de O_2 es un controlador de flujo de masa de gas (GFC) con un rango de 0 - 100%, una precisión de $\pm 0,02\%$, y un tiempo de respuesta de ~ 120 ms. El sensor de CO_2 es del tipo infrarrojo no dispersivo (NDIR) con un rango de 0-10%, una precisión de 0,02%, y un tiempo de respuesta de ~ 100 ms. Este tipo de evaluación ha sido descrita en la bibliografía para medir futbolistas profesionales¹³.

Se midió el intercambio de gases con la cámara de mezclado micro dinámica. El software de procesamiento de los datos es el PC OMNIA®. Se midió: consumo de oxígeno (VO_2), producción de dióxido de carbono (VCO_2) y la frecuencia cardíaca (FC). El intercambio de gases se cuantificó con la modalidad cámara de mezcla micro dinámica (MMD) en la que se toman muestras de fracciones proporcionales de gas espirado de varias respiraciones dentro de una cámara pequeña de aproximadamente 2 ml¹⁵. Se midió la velocidad aeróbica máxima (VAM). Se calculó el VO_2 y CO_2 relativo en $\text{ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, y cómo % del predicho, el umbral ventilatorio 1 (VT1) y 2 (VT2) en $\text{ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$, la FC en el umbral VT2 y cómo % del VO_{2max} , las velocidades a las cuales se alcanzaron, y la razón de

Figura 1. Analizador de gases portátil utilizado en el estudio.



intercambio respiratorio (RER). Previo a la prueba de TECP, se les realizó electrocardiograma de reposo y ecocardiograma con doppler color cardíaco a todos los jugadores, sin encontrarse anomalías en ninguno de ellos. Durante la prueba de esfuerzo no se observaron arritmias.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SPSS® de IBMv22.0. Se realizó la descripción de la muestra indicando media, desvío estándar. Previo al análisis se realizó prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con un nivel de significación ($\alpha = 0,05$), indicando que las variables que se comportan de manera normal son todas a excepción de ($p < 0,05$): pos- VO_2VT_2 , pos-VAM, pre-VelVT1, pos-VelVT1, pre-VelVT2 y pos-VelVT2. En consecuencia, se realizaron los análisis para muestras relacionadas (diseño antes-después) utilizando la prueba T y el test no paramétrico de Wilcoxon. Las diferencias fueron interpretadas con el efecto del tamaño a través del método de Cohen; $< 0,5$ (bajo), $0,5$ a $0,8$ (medio), $> 0,8$ (alto)¹⁶.

Resultados

El rango obtenido para las variables medidas pre COVID-19 fueron las siguiente; para el VO_{2max} absoluto entre 3768 y 4917 $ml \cdot min^{-1}$, para el VO_{2max} relativo entre 54,6 y 68,3 $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$, para la VAM entre 17 y 20 $km \cdot h^{-1}$, para el RER entre 1,12 y 1,29, para los METS entre 15,6 y 19,5 $kcal/min$, para el VT1 entre 32,6 y 44,5 $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$, para la VT2 entre 44,2 y 57,8 $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$, para la FC_{max} entre 179 y 189 $lat \cdot min^{-1}$, para la VelVT1 entre 11 y 12 $km \cdot h^{-1}$, para la VelVT2 entre 14 y 16 $km \cdot h^{-1}$ y para el porcentaje del VO_2VT_2 entre 76% y 88%.

El rango obtenido para las variables medidas pos COVID-19 fueron las siguiente; para el VO_{2max} absoluto entre 3.533 y 5.094 $ml \cdot min^{-1}$, para el VO_{2max} relativo entre 52,3 y 68,2 $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$, para la VAM entre 18 y 19 $km \cdot h^{-1}$, para el RER entre 1,10 y 1,22, para los METS entre 15,0 y 19,5 $kcal/min$, para el VT1 entre 32,3 y 44,9 $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$, para la VT2 entre 41,3 y 53,1 $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$, para la FC_{max} entre 179 y 195 $lat \cdot min^{-1}$, para la VelVT1 entre 11 y 13 $km \cdot h^{-1}$, para la VelVT2 entre 14 y 15 $km \cdot h^{-1}$ y para el porcentaje del VO_2VT_2 entre 67% y 83%.

Tabla 1. Descripción de las variables medidas pre y pos COVID-19.

Variables (n=10)	Pre COVID-19 (Media \pm DS)	Pos COVID-19 (Media \pm DS)	Dif (pos-pre)	p<	Cohen's d
Masa corporal (kg)	71,5 \pm 7,1	73,9 \pm 7,4	2,41	0,118	0,55 (medio)
VO_{2max} ($ml \cdot min^{-1}$)	4.402,5 \pm 387,4	4.362,4 \pm 528,4	40,10	0,686	0,13 (bajo)
VO_{2max} ($ml \cdot kg \cdot min^{-1}$)	61,7 \pm 5,2	59,0 \pm 5,1	2,75	0,213	0,42 (bajo)
VAM ($km \cdot h^{-1}$)	18,7 \pm 0,9	18,6 \pm 0,5	0,10	0,739	0,10 (bajo)
FC_{max} ($lat \cdot min^{-1}$)	185,4 \pm 6,1	188,8 \pm 5,4	3,40	0,040	0,76 (medio)
METS ($kcal/min$)	17,6 \pm 1,5	16,8 \pm 1,5	0,78	0,222	0,42 (bajo)
RER (VCO_2/VO_2)	1,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,06	0,024	0,86 (alto)
VO_2VT_1 ($ml \cdot kg \cdot min^{-1}$)	39,2 \pm 4,0	37,8 \pm 4,3	1,38	0,460	0,24 (bajo)
VO_2VT_2 ($ml \cdot kg \cdot min^{-1}$)	50,7 \pm 4,4	45,6 \pm 4,1	5,10	0,028	0,83 (alto)
Vel al VT1 ($km \cdot h^{-1}$)	11,6 \pm 0,5	11,8 \pm 0,6	0,20	0,480	0,22 (bajo)
Vel al VT2 ($km \cdot h^{-1}$)	14,8 \pm 0,6	14,6 \pm 0,5	0,20	0,419	0,25 (bajo)
VO_2VT_2 (% VO_{2max})	82,3 \pm 3,4	77,5 \pm 5,1	4,80	0,670	0,66 (medio)

VO_{2max} : consumo de oxígeno máximo; METS: Equivalente metabólico; RER: razón de intercambio respiratorio; VO_2 : consumo de oxígeno; VAM: velocidad aeróbica máxima; FC_{max} : frecuencia cardíaca máxima; VO_2VT_1 : consumo de oxígeno en el umbral ventilatorio 1; VT2: umbral ventilatorio 2; FC: frecuencia cardíaca; Vel al VT1: velocidad en el umbral ventilatorio 1.

En la Tabla 1, se presentan las variables medidas pre y post COVID.

Los sujetos post COVID-19, disminuyeron significativamente un 18% el VO_{2VT2} ($p = 0,028$). Del mismo modo lo fue para el RER, disminuyendo significativamente un 5% ($p = 0,02$). La FC_{max} fue la única variable que post COVID-19 se incrementó significativamente 1,8% ($p = 0,04$). Como se muestra en la Tabla 1, en las demás variables medidas, no se observaron cambios significativos.

Discusión

El principal resultado de este estudio fue que, en futbolistas profesionales élite, que fueron medidos pre y post COVID-19 con un test de ergoespirometría máxima se observaron diferencias en las variables VO_{2VT2} ($p = 0,028$), la FC_{max} ($p = 0,04$) y el RER ($p = 0,02$).

El Cociente Respiratorio post COVID-19 fue menor (Tabla 1), aunque si bien se interpreta que esta diferencia fue significativa, es escasa su importancia ya que en ambos casos fueron valores por encima de 1,1 lo que revela que se alcanzaron intensidades de trabajo importantes. La Frecuencia Cardíaca aumentó (Tabla 1) lo que debe interpretarse con cautela, porque si bien podría señalar un mayor costo del esfuerzo, las diferencias son pequeñas. El consumo de oxígeno en el umbral ventilatorio 2 (VO_{2VT2}) fue menor en la evaluación post COVID-19 (Tabla 1). La disminución del VO_2 al VT2 en las evaluaciones post COVID-19, demuestra el impacto del desentrenamiento durante las semanas de aislamiento y la etapa de convalecencia, independientemente de ser todos casos leves.

Estos resultados coinciden con dos estudios recientemente publicados, aunque cabe aclarar que fueron realizados en otras poblaciones deportivas^{11,17}. En el estudio de Fikenzer *et al.*¹¹ que intentaron caracterizar los efectos tempranos de las infecciones por SARS-CoV-2 sobre la morfología del miocardio y la función cardiopulmonar en 8 jugadores masculinos de balonmano de élite ($27 \pm 3,5$ años) comparándolos con 4 compañeros de equipo no infectados ($22 \pm 2,6$ años). Los atletas infectados fueron examinados 19 ± 7 días después del primer positivo por prueba de PCR. El análisis de la ergoespirometría mostró una reducción significativa en el VO_{2max} (-292 ml/min, $-7,0\%$, $p = 0,03$), pulso de oxígeno ($-2,4$ ml/latido, $p = 0,015$, $-10,4\%$) y volumen minuto respiratorio (VE) ($-18,9$ l/min, $-13,8\%$) en los deportistas con antecedentes de la infección ($p < 0,05$, respectivamente), la frecuencia cardíaca máxima fue de siete latidos/min ($+3,7\%$, $p = 0,038$) más alta. Los autores sugieren que una posible explicación de los cambios observados podría ser la prevalencia de trombosis y microembolismos pulmonares, contribuyendo a reducir la captación de oxígeno, disminuir el pulso de O_2 y aumentar el ritmo cardíaco, aún sin evidencia clínica de trombosis o embolias pulmonares. Los cambios pulmonares sólo ocurrieron a carga máxima indicando un efecto funcional más pronunciado de la infección por SARS-CoV-2 en el corazón. Del mismo modo, Sliz *et al.* observaron cambios pre y pos COVID-19 en 45 atletas de resistencia recreacional y profesional, de ambos sexos. Las evaluaciones fueron realizadas con medición directa, y el dispositivo utilizado fue la cinta o cicloergómetro, según la disciplina competitiva¹⁷. A diferencia de nuestro estudio, los autores reportaron una disminución significativa del 6% en el VO_{2max} . También observaron una disminución del 7% del VO_2 al umbral anaeróbico, y no reportaron diferencias en la FC_{max} y en la velocidad aeróbica máxima, coincidiendo con nuestro estudio¹⁷.

Finalmente, hasta la fecha, no hemos podido hallar evidencia científica realizada en futbolistas élite. Por este motivo, este estudio aporta evidencia importante para ser considerada en la planificación de entrenamiento deportivo post COVID-19. Esta es la razón por la cual nos hemos visto obligados a comparar los resultados con otros estudios de diferente disciplina deportiva^{11,17}. Si bien esto puede interpretarse como una limitación, resulta sumamente difícil medir deportistas de este calibre, debido a la complejidad del calendario deportivo, y que, a su vez, se den las condiciones de contar con las evaluaciones de VO_{2max} medido con un analizador de gases, pre y post COVID-19, para su posterior comparación. Los resultados sugieren la importancia de realizar este tipo de evaluaciones en deportistas de élite para su monitoreo.

Conclusiones

La infección por SARS-CoV2 provoca en muchos atletas un deterioro funcional del rendimiento cardiopulmonar. Parece razonable y seguro evaluar a los atletas después de la infección por SARS-CoV2 con ergoespirometría para asegurar las condiciones de salud y entrenabilidad. Detectar la disminución del segundo umbral ventilatorio (VT2) post COVID-19, nos permite interpretar lo relevante del desentrenamiento en el futbolista elite. Es muy valioso demostrar en este grupo de atletas profesionales de élite y sin enfermedades preexistentes que el mayor impacto de esta enfermedad se genere en una variable relacionada más al cese del entrenamiento que al daño cardiopulmonar. El conocimiento de sus limitaciones puede ayudar a los procesos de adaptación para la recuperación de los niveles de rendimiento pre COVID-19, realizando hincapié en estas variables fisiológicas.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) weekly epidemiological update and weekly operational update. 2021.
2. Bourdas DI, Emmanouil D, Zacharakis ED, Travlos AK, Souglis A. return to basketball play following COVID-19 lockdown. *Sports*. 2021;9.
3. Zaim S, Chong JH, Sankaranarayanan V, Harky A. COVID-19 and multiorgan response. *Curr Probl Cardiol*. 2020;45:100618.
4. Clark DE, Parikh A, Dendy JM, Diamond AB, George-Durrett K, Fish FA, et al. Myocardial pathology evaluation in athletes with cardiac magnetic resonance (COMPETE CMR). *Circulation*. 2021;143:609-12.
5. Aparisi Á, Ybarra-Falcón C, García-Gómez M, Tobar J, Iglesias-Echeverría C, Jaurieta-Largo S, et al. Exercise ventilatory inefficiency in post-COVID-19 syndrome: insights from a prospective evaluation. *J Clin Med*. 2021;11:2591.
6. Herdy AH, Ritt LE, Stein R, Araújo CG, Milani M, Meneghelo RS, et al. Cardiopulmonary exercise test: background, applicability and interpretation. *Arq Bras Cardiol*. 2016;107:467-81.
7. Bai C, Chotirmall SH, Rello J, Alba GA, Ginns LC, Krishnan JA, et al. Updated guidance on the management of COVID-19: from an American Thoracic Society/European Respiratory Society coordinated international task force. *Eur Respir Rev*. 2020;29:200287.
8. Gluckman TJ, Bhavne NM, Allen LA, Chung EH, Spatz ES, Ammirati E, et al. 2022 ACC Expert consensus decision pathway on cardiovascular sequelae of COVID-19 in Adults: Myocarditis and other myocardial involvement, post-acute sequelae of SARS-CoV-2 Infection, and return to play: a report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79:1717-56.

9. Debeaumont D, Boujibar F, Ferrand-Devouge E, Artaud-Macari E, Tamion F, Gravier FE, et al. Cardiopulmonary exercise testing to assess persistent symptoms at 6 months in people with COVID-19 who survived hospitalization: a pilot study. *Phys Ther*. 2021;101:1-9.
10. Wood G, Kirkevang TS, Agergaard J, Leth S, Hansen ESS, Laustsen C, et al. Cardiac performance and cardiopulmonary fitness after infection with SARS-CoV-2. *Front Cardiovasc Med*. 2022;13,871603.
11. Fikenzer S, Kogel A, Pietsch C, Lavall D, Stobe St, Rudolph U, et al. SARS-CoV2 infection: functional and morphological cardiopulmonary changes in elite handball players. *Sci Rep*. 2021;11:17798.
12. Billat LV, Koralsztein JP. Significance of the velocity at VO_{2max} and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med*. 1996;22:90-108.
13. Bruzesse MF, Bazan NE, Echandia NA, Vilarino LG, Tinti HA y García GC. Evaluación de jugadores argentinos en fútbol profesional utilizando el UNCa test. *Arch Med Deporte* 2021;38:327-31.
14. Crouter SE, LaMunion SR, Hibbing PR, Kaplan AS, Bassett DR. Precisión del calorímetro portátil Cosmed K5. *PLoS ONE*. 14. 2019;12:e0226290.
15. Winkert K, Kirsten J, Dreyhaupt J, Steinacker JM, Treff G. The COSMED K5 in breath-by-breath and mixing chamber mode at low to high intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52:1153-62.
16. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3-13.
17. Šliž D, Wiecha S, Gašior JS, et al. The influence of nutrition and physical activity on exercise performance after mild COVID-19 infection in endurance athletes-CESAR Study. *Nutrients*. 2022;14:5381.