



**Universidad
Zaragoza**



Facultad de Medicina

ASOCIACIÓN ENTRE LA INFECCIÓN LEVE POR SARS-CoV-2 Y LA LESIÓN MUSCULAR EN EL JUGADOR PROFESIONAL DE BALONMANO

ASSOCIATION BETWEEN MILD SARS-CoV-2 INFECTION AND MUSCLE INJURY IN PROFESSIONAL HANDBALL PLAYER

AUTOR:

Miguel Malo Pueyo

TUTORES

Laura López Pingarrón

José Joaquín García García

TRABAJO FIN DE GRADO

FACULTAD DE MEDICINA

ZARAGOZA, Junio 2023

RESUMEN

Introducción: El balonmano es uno de los deportes olímpicos con mayor tasa de lesiones musculares ya que requiere unas exigencias físicas muy altas. La infección por el SARS-CoV-2 y los efectos del desentrenamiento por el confinamiento domiciliario pueden aumentar el riesgo de sufrir una lesión muscular al reiniciar los entrenamientos. Por ello, el objetivo de este trabajo es evaluar si existe asociación entre la COVID-19 y la lesión muscular en los jugadores de un equipo de balonmano de élite, el Bada Huesca.

Material y métodos: Se incluyeron en el estudio 18 jugadores profesionales de balonmano que conformaron la plantilla del Bada Huesca en la temporada 2021/2022. Se recopilaron los datos a partir de las historias clínicas revisadas por el equipo médico del club donde se recogían todas las lesiones y enfermedades que había sufrido cada profesional.

Resultados: De los 9 deportistas lesionados antes de padecer la COVID-19, 8 de ellos sufrieron una lesión muscular leve e inducida por fatiga (tipo 1A según el Consenso de Múnich). Sin embargo, de los 13 jugadores lesionados tras la infección, 6 de ellos presentaron roturas musculares parciales confirmando un aumento en la gravedad de las lesiones tras la COVID-19. Además, se observa que aquellos deportistas que tuvieron un mayor periodo de cuarentena o padecieron síntomas durante la infección presentaron una mayor incidencia de roturas musculares sugiriendo que dichas situaciones podrían ser factores de riesgo en el desarrollo de lesión muscular.

Conclusión: De acuerdo con estos resultados preliminares, padecer la COVID-19 aumentó y, sobre todo, agravó las lesiones musculares al incrementarse la incidencia de roturas musculares. Es posible que los efectos del desentrenamiento debido a la cuarentena domiciliaria y la propia infección por el SARS-CoV-2 sean la principal etiología de dicha asociación.

PALABRAS CLAVE: Balonmano de élite, COVID-19, lesiones musculares, desentrenamiento, medicina deportiva.

ABSTRACT

Introduction: Handball is one of the Olympic sports with higher rates of muscular injuries as it requires very high physical conditions. SARS-CoV-2 infection and the effects of detraining due to home confinement may increase the risk of muscle injury when athletes restart the trainings. For this reason, this study aims to evaluate the possible association between COVID-19 disease and muscle injury in players of an elite handball team: the Bada Huesca.

Materials and methods: 18 professional handball players, who were part of the Bada Huesca team in the 2021/2022 season, were included in the study. Data was collected from the medical records of the players, which were reviewed by the medical crew of the team. The medical records included the injuries and illnesses suffered by each player.

Results: 8 out of 9 players, who were injured before COVID-19 disease, suffered a mild muscular injury due to fatigue (type 1A accordingly to the Munich Consensus). However, 6 out of 13 players, who were injured after COVID-19 disease, presented partial muscle tears. This fact confirms an increase on the severity of the injuries after COVID-19 disease. Furthermore, it was observed an increased number of muscle tears from the players with longer confinement periods or with symptoms due to COVID-19 disease. This observation suggests that these situations could be risk factors on the development of muscular injuries.

Conclusion: In agreement with these preliminary results, suffering from COVID-19 disease increased, and above all, aggravated muscle injuries by increasing the incidence of muscle tears. The main etiology of the studied association seems to be the effects of detraining due to quarantine, as well as the direct pathological effects of the SARS-CoV-2 infection.

KEYWORDS: Elite handball, COVID-19, muscle injuries, detraining, sports medicine.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. La lesión muscular en el balonmano.	5
1.2. La afectación por la COVID-19 en el balonmano	6
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	8
3. MATERIAL Y MÉTODOS	8
3.1. Sujetos.....	8
3.2. Criterios de inclusión	8
3.3. Obtención de datos.....	9
3.4. Diseño del estudio	9
3.5. Registro de lesión muscular	9
3.6. Diagnóstico de la infección por SARS-CoV-2.....	11
3.7. Análisis estadístico	12
3.8. Consideraciones metodológicas	13
4. RESULTADOS	14
5. DISCUSIÓN	19
5.1. Efectos del desentrenamiento durante la cuarentena.....	20
5.2. Efectos patológicos de la infección.....	22
5.3. Vuelta a los entrenamientos tras superar la COVID-19.....	25
6. CONCLUSIÓN	29
7. BIBLIOGRAFÍA.....	30
8. ANEXO.....	35

1. INTRODUCCIÓN

El balonmano es un deporte de contacto en el que los jugadores pasan y tiran el balón con sus manos, intentando introducirlo en la portería del equipo rival el mayor número de veces posible. Se juega entre dos equipos, en un terreno de 40 m x 20 m y cada equipo está compuesto por 7 jugadores (un portero y 6 jugadores de campo). La duración del partido es de 60 minutos, dividida en dos partes de 30 minutos, separadas por 10 minutos de descanso. Todos los jugadores están expuestos a unos requerimientos físicos muy altos donde se exigen acciones intermitentes de alta intensidad (1). Durante el juego hay aceleraciones, cambios de dirección, lanzamientos, saltos y mucho contacto físico entre los jugadores; lo que hace que sea uno de los deportes olímpicos con mayor tasa de lesiones (2).

1.1. La lesión muscular en el balonmano.

La lesión muscular es muy común en los deportes de estas características. Estas lesiones ocurren predominantemente en los músculos biarticulares, que son aquellos que cruzan más de una articulación; los que presentan una arquitectura compleja; los que sufren contracciones excéntricas; y los que contienen fibras de tipo II o contracciones rápidas (3).

Los mecanismos de producción de lesión son la contusión, el estiramiento y la laceración. Las laceraciones musculares son las menos comunes, mientras que las distensiones y las contusiones ocurren en el 90% de los casos de afectación muscular. La contusión se produce cuando un músculo es sometido a una fuerza repentina, de tipo compresivo, siendo muy frecuente en deportes de contacto como el balonmano. En las distensiones, la aplicación de una fuerza de estiramiento excesiva sobre el músculo produce una tensión exagerada que es superior a la resistencia de las miofibrillas produciendo una lesión músculo tendinosa (4). Además, para una correcta ejecución del movimiento se requiere la contracción del músculo agonista y la relajación del antagonista. En cambio, si el músculo agonista se contrae de forma desproporcionada en relación con su antagonista, no soportará la tracción y se romperá durante la contracción (4). Así, un entrenamiento óptimo que corrija y mejore la coordinación muscular es fundamental para reducir la incidencia de lesiones. La resonancia magnética

(RM) y la ecografía (US) son las pruebas de imagen de elección para su diagnóstico. Actualmente, está aumentado el uso de US ya que es un examen a tiempo real que permite el diagnóstico de forma inmediata y es de menor coste que la RM (5). El tratamiento de estas lesiones se realizará combinando reposo, compresión, frío local y elevación del área lesionada, así como la realización de una readaptación funcional que permita al jugador incorporarse lo más rápido posible a la dinámica de entrenamiento normal. En la actualidad, también se están llevando a cabo otras opciones terapéuticas con factores de crecimiento, terapia génica y células madre, si bien es cierto que todavía no están lo suficientemente desarrolladas (4).

En el balonmano, la mayoría de los autores identifican la extremidad inferior como la localización más frecuente de aparición de lesión, sobre todo a nivel de rodilla, muslo y tobillo. Por otro lado, en la extremidad superior la lesión de hombro es la más común (2). Con respecto al mecanismo de lesión, la mayoría son causadas por el contacto con otro jugador, siendo las lesiones traumáticas las más comunes, seguidas de las lesiones por sobreesfuerzo (2). Dentro de estas últimas, las lesiones musculares son las más prevalentes, seguidas de las articulares y las tendinopatías (6). Con respecto a las lesiones musculares, la parte posterior del muslo es la de mayor incidencia (27,8%), seguida de la del hombro y la parte anterior del muslo (ambas con un 15,8%) (6).

1.2. La afectación por la COVID-19 en el balonmano

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una infección causada por el virus SARS-CoV-2. Fue diagnosticada por primera vez en Wuhan (China) en 2019 y rápidamente se propagó por todo el mundo. La infección por SARS-CoV-2 se transmite de persona a persona principalmente a través de microgotas respiratorias y las manifestaciones clínicas pueden experimentar una gran variedad, desde enfermedades asintomáticas hasta el desarrollo de complicaciones críticas (7). En ocasiones, esta infección induce una respuesta inflamatoria severa y un estrés oxidativo que pueden lesionar los alveolos pulmonares y producir complicaciones tales como una neumonía bilateral o un síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA). Además, se han aislado partículas de SARS-CoV-2 en otros tejidos del organismo como el intestino, el sistema nervioso central, el corazón y el músculo esquelético (8). El mecanismo de daño

muscular en pacientes con COVID-19, así como las consecuencias a largo plazo de la lesión muscular, no están bien definidas. Sin embargo, se piensa que pueden estar relacionadas con la excesiva producción de citoquinas proinflamatorias junto al estrés oxidativo exacerbado que pueden dañar directamente los miocitos (9). También, existen otras hipótesis basadas en la interacción del virus SARS-CoV-2 con la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) (10) y en la función de los neutrófilos en la respuesta inmune frente a la infección (11). Ambas situaciones podrían desencadenar un flujo capilar turbulento y un estado protrombótico al modificar la naturaleza del endotelio vascular y alterar el intercambio gaseoso tisular disminuyendo la oxigenación muscular. Una menor concentración de oxígeno a nivel muscular favorecerá un metabolismo anaerobio, que acelerará la aparición de fatiga muscular y disminuirá la resistencia del deportista, aumentando así el riesgo de lesión muscular (12).

La COVID-19 ha afectado a toda la población mundial, incluyendo a los deportistas profesionales. En deportes como el balonmano, el contacto personal entre jugadores es inevitable y las medidas de distanciamiento social son imposibles. Además, la respiración en hiperventilación durante el ejercicio genera una mayor cantidad de microgotas, lo que aumenta el riesgo de propagación de la infección viral (13). Una de las medidas generales utilizada para contener la pandemia fueron la realización de aislamientos y cuarentenas por las personas infectadas. Para los deportistas, esta norma produjo un desentrenamiento, que junto a los posibles efectos de la propia infección, pueden aumentar el riesgo de sufrir una lesión muscular al reiniciar los entrenamientos (14). Además, en muchas ocasiones, fue imposible una vuelta progresiva a la actividad física ya que, en el contexto de la temporada, la disponibilidad del calendario se vio muy comprometida (13).

Este estudio es novedoso dentro del campo de la medicina deportiva, ya que sus conclusiones valoran las posibles consecuencias deletéreas derivadas de la infección por SARS-CoV-2 en la aparición de lesiones musculares en jugadores de élite de balonmano, un deporte de contacto caracterizado por una elevada incidencia de lesiones deportivas.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis principal de este proyecto es que existe asociación entre la infección por el SARS-CoV-2 y la lesión muscular en los jugadores de un equipo de élite de balonmano, el BADA Huesca de la Liga ASOBAL, comparando la incidencia y grado de lesión según el Consenso de Múnich, antes y después de haber sufrido la infección por la COVID-19. De confirmarse esta hipótesis, el conocimiento de dicha asociación nos permitiría conseguir un mayor rendimiento de los mismos jugadores, teniendo que controlar las cargas y el nivel de los entrenamientos de manera progresiva una vez superada la infección con el objetivo de prevenir las lesiones musculares, lo que permitiría mejorar el rendimiento deportivo y alargar los años de vida profesional.

El objetivo principal de este estudio es evaluar la frecuencia de aparición de lesiones musculares en los jugadores profesionales de un equipo de balonmano de élite tras haber sido infectados por el SARS-CoV-2. Los objetivos secundarios son: 1º. Comprobar si los jugadores con un mayor periodo de cuarentena debido a la infección tienen una mayor incidencia de lesión muscular; 2º. Analizar si la severidad de la infección por el coronavirus agrava las lesiones musculares.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Sujetos

18 jugadores de balonmano que conformaron toda la plantilla del Bada Huesca durante la temporada 2021/2022 y que aceptaron de manera voluntaria participar en el estudio. Antes de su participación, todos los deportistas fueron informados de manera verbal y escrita del procedimiento a seguir en esta investigación. Esta investigación fue aprobada por el Comité Ético de Investigación Clínica del Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud del Gobierno de Aragón (nº PI23/005) (*Ver en el Anexo*).

3.2. Criterios de inclusión

No haber sufrido ninguna lesión que requiriera una inmovilización superior a los 6 meses durante la temporada 2021/2022.

3.3. Obtención de datos

Se obtuvieron a partir de las historias clínicas revisadas por el equipo médico del Club, a través de la Consulta del Doctor Fernando Sarasa, durante la temporada 2021/2022 donde se recogían todas las lesiones y enfermedades que había sufrido cada profesional. El tratamiento de los datos obtenidos a través de las historias clínicas se realizó respetando el Código Deontológico Médico.

3.4. Diseño del estudio

Se realizó un estudio de cohortes históricas, de carácter retrospectivo, y de cohorte única en la plantilla del Bada Huesca durante la temporada 2021/2022, ya que esta investigación estudia la incidencia y gravedad de las lesiones musculares (enfermedad) en una misma población antes y después de haber sufrido la infección por el SARS-CoV-2 y haber cumplido un periodo de cuarentena domiciliaria (factores de riesgo). Las características de cada jugador como la edad, la altura, el peso y el origen fueron registradas por el servicio médico del club en los reconocimientos médicos realizados al inicio de la temporada. Las historias clínicas de cada jugador fueron revisadas obteniéndose la fecha del diagnóstico de la infección por SARS-CoV-2, los días de ausencia a los entrenamientos debida a la cuarentena obligatoria y la severidad de los síntomas (asintomático, leve, moderado y grave). Posteriormente, se registraron todas las lesiones musculares que presentaba cada jugador 4 meses antes y 4 meses después del diagnóstico de la infección por la COVID-19.

3.5. Registro de lesión muscular

La lesión muscular se definió como cualquier lesión que ocurriera durante una sesión de entrenamiento o partido y que fuera diagnosticada por el equipo médico del club, ya sea fisioterapeuta o médico, respaldada por una imagen radiológica (US o RM). Estas lesiones musculares han sido clasificadas según los criterios del Consenso de Múnich (3,5) (*Ver Tabla 1*). En dicha clasificación, se dividen las lesiones musculares agudas según su mecanismo de acción en indirectas o directas, pero en nuestro estudio nos centramos en las indirectas ya que no han sido causadas por una fuerza externa. Dentro

de las lesiones musculares indirectas, se dividen en trastornos musculares funcionales y en lesiones musculares estructurales.

Tabla 1. Resumen de la clasificación de las lesiones musculares agudas según el Consenso de Múnich.

A. Indirectas	Trastorno muscular funcional	Tipo 1: Trastorno relacionado con esfuerzo excesivo Tipo 2: Trastorno neuromuscular	Tipo 1A: Inducido por fatiga Tipo 1B: DOMS Tipo 2A: Relacionado con la médula espinal Tipo 2B: Relacionado con el músculo
	Lesión muscular estructural	Tipo 3: Rotura muscular parcial Tipo 4: Rotura total o subtotal	Tipo 3A: Desgarro parcial menor Tipo 3B: Desgarro parcial moderado Rotura total o subtotal (>50%) Avulsión tendinosa
B. Directas	Contusión Laceración		

DOMS: dolor muscular de comienzo tardío.

En los trastornos musculares funcionales no hay daño estructural del músculo, por lo tanto, la prueba de imagen es anodina y el diagnóstico es clínico, ya que el paciente presenta dolor y palpación dolorosa de una zona extensa abarcando un grupo muscular. Dentro de este grupo, se diferencian dos tipos: los trastornos relacionados con el esfuerzo excesivo (tipo 1), ya sean inducidos por fatiga (tipo 1A) o por el dolor muscular de comienzo tardío (DOMS) (tipo 1B), y el trastorno neuromuscular (tipo 2), que puede ser causado por patologías en la médula espinal (tipo 2A) o en la placa motora de los músculos (tipo 2B). La DOMS (tipo 1B) se puede definir como el dolor muscular que aparece horas después de un ejercicio extenuante que dura de 5 a 7 días y es autolimitado, pero su etiopatogenia no ha sido aclarada (5). En las lesiones musculares estructurales, el diagnóstico es a partir de una prueba de imagen patológica y a su vez, se divide en roturas musculares parciales (tipo 3) y en roturas musculares totales o subtotales (tipo 4). En las parciales, encontramos el desgarro parcial menor (3A o “fibrilar”) que compromete un diámetro menor que un fascículo y el desgarro parcial moderado (3B o “fascicular”) que compromete más de un fascículo. Por otro lado, las roturas totales o subtotales (tipo 4) son las que comprometen más del 50% del vientre

muscular o las que producen una avulsión tendinosa con rotura completa del origen de inserción muscular (5).

En el análisis estadístico descriptivo, no se tuvo en cuenta la lesión muscular tipo 1B porque se estableció que todos los deportistas habrían sufrido dicho tipo de lesión durante la temporada y además, esta patología no suele ser diagnosticada por los servicios médicos debido a su benignidad y autolimitación. Sí que se consideró la rotura muscular total o subtotal (tipo 4), sin embargo, no existieron sujetos que desarrollaran dicho tipo de lesión.

3.6. Diagnóstico de la infección por SARS-CoV-2

El diagnóstico de confirmación de la infección por SARS-CoV-2 se realizó mediante una prueba PCR (reacción en cadena de la polimerasa). Los servicios médicos del Club realizaron una prueba rápida de antígenos para el diagnóstico de la COVID-19 48 horas antes de cada partido que se disputó durante la temporada 2021/2022. En aquellos sujetos que tenían una prueba antigénica positiva, se les realizó la PCR para evitar falsos positivos y confirmar el diagnóstico.

Dado que el efecto de la actividad física durante la infección por SARS-CoV-2 no estaba claro, el médico aconsejó a los jugadores que no realizaran ninguna actividad física durante su periodo obligatorio de cuarentena. Se tuvo que presentar una prueba PCR negativa para volver a los entrenamientos. Los servicios médicos documentaron una descripción general de los jugadores infectados incluyendo la fecha de la PCR positiva, los días de ausencia a los entrenamientos y la severidad de los síntomas (asintomático, leve, moderado y severo).

La severidad de los síntomas fue registrada en base a la clasificación realizada por el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos (NIH) ya que los pacientes infectados por la COVID-19 pueden experimentar una variedad de síntomas clínicos que van desde una infección asintomática hasta una enfermedad grave: infección asintomática (0): persona que da positivo para SARS-CoV-2, pero que no presenta ningún síntoma;

enfermedad leve (1): individuos que tienen cualquiera de los signos y síntomas de la COVID-19 (fiebre, tos, dolor de garganta, malestar general, dolor de cabeza, dolor muscular, náuseas, vómitos, diarrea, pérdida del gusto y del olfato), pero no tienen disnea o prueba de imagen de tórax anormal; enfermedad moderada (2): individuos que muestran evidencia de enfermedad de las vías respiratorias inferiores durante la exploración clínica o prueba de imagen y que tienen una saturación de oxígeno (SatO₂) por encima del 94%; enfermedad severa (3): individuos que tienen SatO₂ por debajo del 94%, una relación entre la presión arterial parcial de oxígeno y la fracción de oxígeno inspirado <300 mm Hg, una frecuencia respiratoria por encima de 30 respiraciones/minuto o infiltrados pulmonares en más del 50% del parénquima.

3.7. Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de las distintas variables a nivel global para presentar las características físicas de cada jugador cuyos resultados se expresaron en una tabla de frecuencias para las variables cualitativas, y la media y desviación estándar (SD) para las variables cuantitativas.

En segundo lugar, se presentó un gráfico de barras y una tabla de frecuencias para expresar las diferencias en la incidencia de los tipos de lesión muscular antes y después de que los jugadores de élite desarrollaran la infección por el SARS-CoV-2.

Finalmente, se realizó una tabla de frecuencias para describir las características de la infección por la COVID-19 para las variables cualitativas, así como se expresó la media y desviación estándar (SD) de la variable cuantitativa “días de cuarentena”. Además, se analizaron descriptivamente las diferencias en la media de los días de cuarentena para cada grupo de lesión tras la infección, así como la variación en la gravedad de las lesiones musculares dependiendo de la presencia o no de síntomas durante la infección.

3.8. Consideraciones metodológicas

Este estudio tiene como finalidad ser un proyecto piloto que nos permita evaluar la asociación entre la lesión muscular y la infección por el SARS-CoV-2 en los deportistas profesionales de balonmano, para posteriormente aumentar el tamaño muestral y poder analizar a través de un estudio analítico si existe dicha asociación. Por ello, existen varias limitaciones en la realización del estudio que deben de ser mencionadas. En primer lugar, el tamaño de la muestra ($n=18$) es relativamente pequeño. Seguidamente, existen una serie de factores de confusión como el habitual aumento de la incidencia y gravedad de las lesiones conforme avanza la temporada o el historial de lesiones de cada jugador que pueden ser factores de riesgo a la hora de desarrollar nuevas lesiones y pueden sesgar que únicamente se deban a la infección por el SARS-CoV-2. Por ello, se necesita precaución a la hora de generalizar los resultados y se requiere de futuras investigaciones para examinar dichos hallazgos con un tamaño muestral mayor.

4. RESULTADOS

En este estudio participaron un total de 18 jugadores profesionales de balonmano, con una edad de $24,83 \pm 4,14$ años y un índice de masa corporal (IMC) de $25,49 \pm 1,66$ kg/m². En la Tabla 2 se resumen las características de los participantes.

Tabla 2. Características de los participantes en el estudio.

Características de los participantes	
	Media \pm SD
Edad (años)	24,83 \pm 4,14
Peso (Kg)	90,22 \pm 8,60
Talla (m)	1,88 \pm 0,059
IMC (Kg/m ²)	25,49 \pm 1,66
Origen	Frecuencia (%)
España	13 (72,2)
Resto Europa	3 (16,7)
Sudamérica	2 (11,2)

Valores expresados como media \pm desviación estándar o como valores absolutos (porcentaje).

Con respecto a las lesiones musculares, 9 sujetos sufrieron una lesión muscular en los cuatro meses antes de padecer la infección por el SARS-CoV-2 y 13 de ellos desarrollaron una lesión muscular en los cuatro meses después. En la Figura 1 y en la Tabla 3 se pueden observar los tipos de lesión muscular según el Consenso de Múnich que se produjeron tanto antes como después de que cada deportista sufriera la infección.

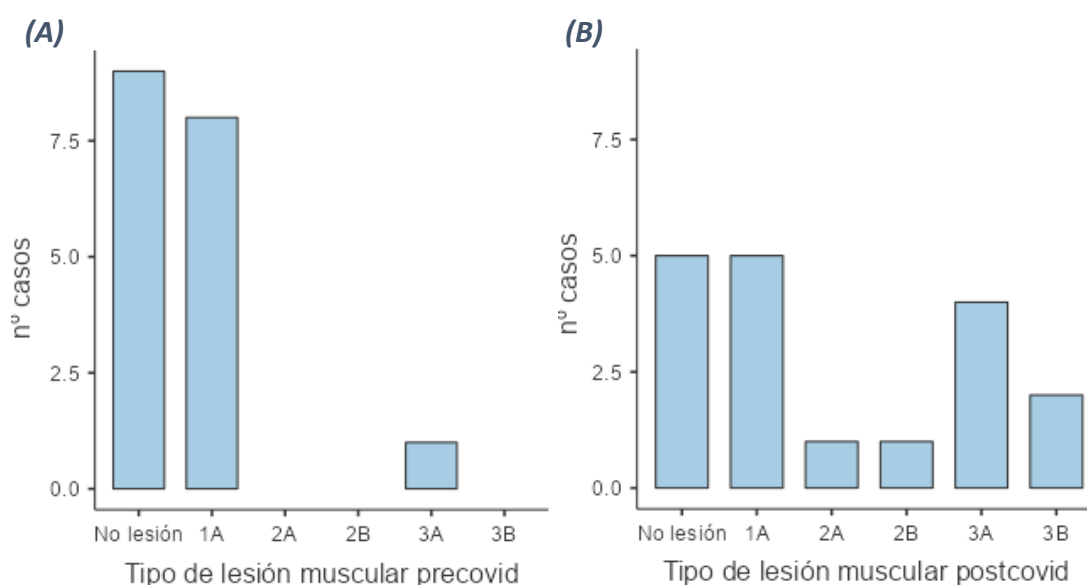


Figura 1. Tipos de lesión muscular según el Consenso de Múnich antes (A) y después (B) de la infección por el SARS-CoV-2.

Tabla 3. Tipos de lesión muscular antes y después de sufrir la infección por el SARS-CoV-2

Tipo de lesión muscular	Antes de la COVID-19		Después de la COVID-19	
	Frecuencias	% del Total	Frecuencias	% del Total
No lesión	9	50.0 %	5	27.8 %
1A	8	44.4 %	5	27.8 %
2A	0	0.0 %	1	5.6 %
2B	0	0.0 %	1	5.6 %
3A	1	5.6 %	4	22.2 %
3B	0	0.0 %	2	11.1 %

Valores expresados como valores absolutos en frecuencia y porcentaje.

Dentro de los tipos de lesión según el Consenso de Múnich, encontramos diferencias en la distribución de las lesiones que desarrollaron los deportistas antes y después de la infección por el SARS-CoV-2. Podemos observar que de los 9 deportistas lesionados antes de padecer la COVID-19, 8 de ellos sufrieron una lesión tipo 1A, es decir, la gran parte de las lesiones musculares fueron leves. Sin embargo, de las 13 lesiones musculares que hubo tras la infección, 2 jugadores desarrollaron un trastorno neuromuscular (lesión tipo 2) y 6 deportistas sufrieron una rotura muscular parcial (lesión tipo 3). Por lo tanto, al comparar al mismo grupo de jugadores antes y después de haber sufrido la infección, antes de la COVID-19 no existieron lesiones tipo 2 y únicamente un 5,6% de jugadores desarrollaron una rotura muscular parcial. Por el contrario, después de la COVID-19 un 11,2% de jugadores tuvieron una lesión tipo 2 y un 33,3% desarrollaron una lesión tipo 3. Estos resultados sugieren que la incidencia de lesión muscular se vio ligeramente afectada por la infección por el SARS-CoV-2. Sin embargo, la gravedad de las lesiones musculares después de sufrir la enfermedad fue mucho mayor, requiriendo un mayor periodo de recuperación e impidiendo que el jugador pudiera ayudar al equipo deportivamente.

La totalidad de los jugadores que conformaban la plantilla del equipo sufrieron la infección por el SARS-CoV-2. No obstante, ninguno desarrolló una enfermedad moderada o severa, padeciendo la mayoría de ellos una infección leve. En la Tabla 4 se resumen las características de la infección en los jugadores de balonmano.

Tabla 4. Características de la infección por el SARS-CoV-2 en los deportistas.

Infección por el SARS-CoV-2	
	Frecuencia (%)
Total de infectados	18 (100)
Síntomas de la Covid-19	
Asintomáticos	6 (33,3)
Leves	12 (66,7)
Moderados	0
Severos	0
	Media \pm SD
Duración de la cuarentena (días)	12.00 \pm 2,38

Valores expresados como media \pm desviación estándar o como valores absolutos (porcentaje).

Con respecto a la duración de la cuarentena, observamos que la media de días de todos los deportistas fue de $12 \pm 2,38$ días. Existieron variedad en los días de cuarentena ya que se necesitaba una prueba PCR negativa para poder salir del confinamiento domiciliario y así poder volver a los entrenamientos, y hubo jugadores que tardaron más en negativizar dicha prueba diagnóstica. Cabe destacar, que se encuentran diferencias en la media de días de cuarentena según el tipo de lesión que desarrollaron tras sufrir la infección. Por ello, la media de días de cuarentena de los sujetos que no desarrollaron ninguna lesión muscular fue de 10,2 días y de los deportistas que sufrieron una lesión tipo 1A fue de 10,6 días. Sin embargo, la media de días de cuarentena para los jugadores que padecieron una rotura muscular parcial o lesión tipo 3 fue de 14,17 días. En la Figura 2 se puede observar dichas diferencias. Por lo tanto, estos datos sugieren que la duración de la cuarentena puede ser un factor de riesgo para desarrollar una lesión muscular, es decir, que a mayor número de días de cuarentena, mayor riesgo de desarrollar una lesión muscular a causa de los efectos del desentrenamiento.

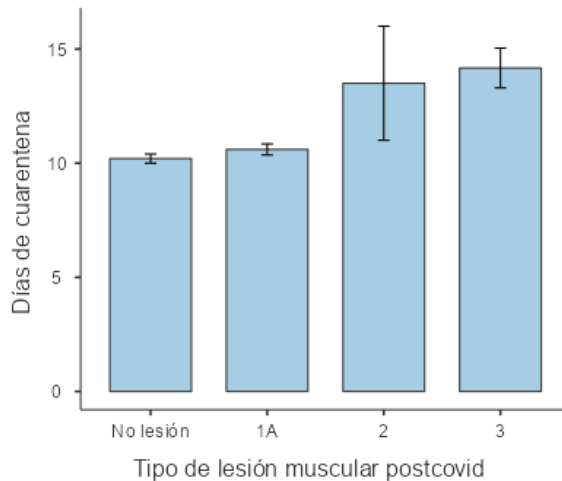


Figura 2. Media \pm desviación estándar de días de cuarentena según el tipo de lesión muscular que desarrolló el jugador tras la infección por el SARS-CoV-2.

Analizando los tipos de lesiones que desarrollaron los deportistas tras la infección por el SARS-COV-2, observamos que existen diferencias dependiendo de si fueron asintomáticos o sufrieron una sintomatología leve durante la COVID-19. En los asintomáticos; un 33% no sufrieron ninguna lesión, la mitad desarrollaron una lesión leve de tipo 1A y únicamente un 16,67% sufrió una rotura muscular parcial. En cambio, en los que tuvieron una sintomatología leve; un 25% no sufrieron ninguna lesión, un 16,67% desarrolló una lesión tipo 1A al igual que una lesión tipo 2; y un 41,67% desarrollaron una rotura muscular parcial. Por ello, podemos observar que la incidencia de roturas musculares parciales, o lesiones tipo 3, aumentó considerablemente en aquellos sujetos que tuvieron síntomas leves durante la enfermedad con respecto a los asintomáticos. La Figura 3 ilustra estos resultados.

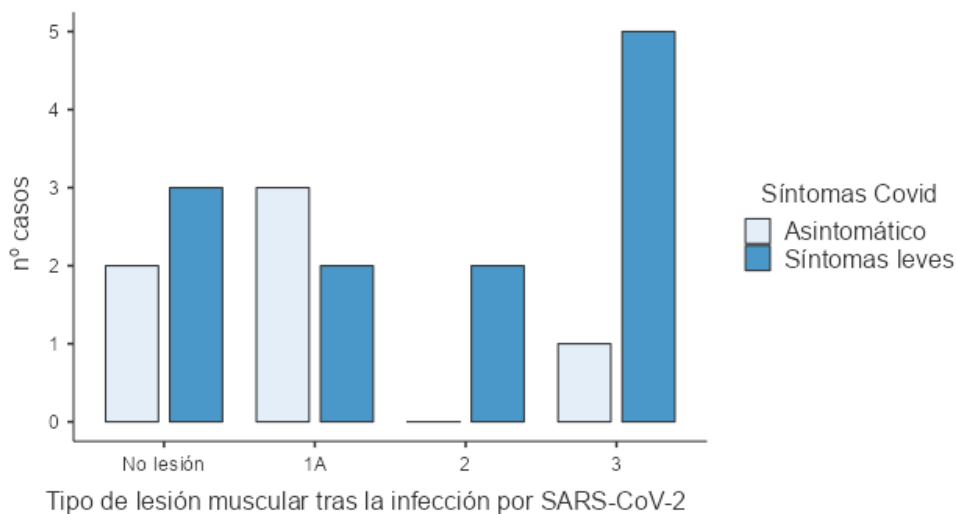


Figura 3. Tipos de lesión muscular según el Consenso de Múnich y la presencia o no de síntomas durante la infección por el SARS-CoV-2.

Estas observaciones mencionadas deberían de ser confirmadas mediante un análisis estadístico inferencial que comprendiera un mayor tamaño muestral para mejorar el rigor estadístico, y así obtener unas conclusiones de mayor validez.

5. DISCUSIÓN

El objetivo de nuestro estudio es evaluar si la infección por el SARS-CoV-2 es un factor de riesgo para desarrollar lesiones musculares en deportistas profesionales de balonmano. Nuestros resultados concluyen que existe un ligero aumento en la incidencia de lesiones musculares en la plantilla tras sufrir la infección. Pero, donde se observa una mayor diferencia es en la gravedad de las lesiones musculares, incrementándose considerablemente el número de roturas musculares parciales o lesiones tipo 3 según el Consenso de Múnich tras sufrir la COVID-19. Este es el primer estudio retrospectivo que investiga la asociación entre la infección por el SARS-CoV-2 y la lesión muscular en los jugadores de élite de balonmano. Por lo tanto, la comparación de estos resultados con estudios previos puede tener cierta dificultad ya que se han realizado en otros deportes con diferentes exigencias físicas y, por lo tanto, con distintos mecanismos de lesión.

Si cotejamos nuestros datos con estudios ya publicados en deportes como el fútbol donde las características físicas de los jugadores eran similares (edad de $24,93 \pm 4,24$ años y el IMC de $23,95 \pm 1,88$ Kg/m²), sus resultados siguen la misma línea que nuestras conclusiones, ya que demuestran que los deportistas que sufrieron la COVID-19 tienen hasta cinco veces más riesgo de desarrollar una lesión muscular. Además, todos estos futbolistas desarrollaron una lesión muscular el primer mes después de volver a los entrenamientos y todos presentaron una misma característica: un mayor periodo de cuarentena comparada con aquellos jugadores que no desarrollaron ninguna lesión muscular (13), hecho que también se observa en nuestro estudio.

La etiología de esta asociación entre la infección por SARS-CoV-2 y la lesión muscular puede ser explicada por diferentes variables. Sin embargo, nos vamos a centrar en las dos razones más probables: los efectos del desentrenamiento durante la cuarentena y los efectos patológicos de la infección.

5.1. Efectos del desentrenamiento durante la cuarentena.

Una posible explicación a este aumento del riesgo de desarrollar una lesión muscular puede ser la cuarentena de los jugadores infectados. Durante este periodo, los jugadores no realizan apenas actividad física y por lo tanto, no están expuestos a los estímulos de alta intensidad que están acostumbrados durante los entrenamientos y partidos de la temporada. Este hecho induce a un corto periodo de desentrenamiento que puede producir una pérdida de las adaptaciones morfológicas y fisiológicas por parte del músculo (15). Tales cambios pueden ocasionar un deterioro en el rendimiento y un aumento en el número de lesiones si al reiniciar los entrenamientos no se realiza un reacondicionamiento apropiado y específico para cada deporte (13).

El mecanismo de lesión muscular está regulado por la interacción mecánica entre el estrés del tejido, la tensión y la carga. Por lo tanto, alteraciones morfológicas en las estructuras mecánicas, como un aumento en la rigidez de los tendones, están involucradas en el proceso de lesión (12). Con respecto a las adaptaciones fisiológicas de los músculos, existen numerosos estudios sobre el desentrenamiento de forma extrema que se puede producir durante la suspensión unilateral de miembros inferiores (SUMI) o el reposo en cama (RC). De Boer *et al.* (16) afirman que pueden producirse cambios en el tamaño y arquitectura muscular con una reducción del 5-10% del área transversal de los extensores de rodilla tras 15 días de SUMI o una disminución del 10% de la fuerza muscular tras 10 días de RC. Por lo tanto, según este estudio, un corto periodo de desentrenamiento es suficiente para producir cambios a nivel muscular. Desafortunadamente, existe un número muy limitado de literatura que permita una traducción directa de tales observaciones al deporte de élite, ya que la evidencia disponible se ha centrado sobre todo en los periodos posteriores a una lesión o enfermedad. Además, las situaciones anteriores de SUMI o de RC no imitan la situación de cuarentena que sufrieron los deportistas. Sin embargo, podríamos basarnos en el desentrenamiento para formular la hipótesis de que en este periodo de reducción de la actividad física, los músculos y tendones sufrirían alteraciones de la misma naturaleza que las anteriormente descritas. Así lo asegura Miles *et al.* (17), afirmando que la tasa de pérdida de fuerza relacionada con el desuso muscular puede ser más acelerada en

los deportistas de élite ya que los individuos altamente capacitados y con una mayor masa muscular inicial presentan una pérdida muscular más acentuada. Aunque también afirma que la atrofia y la pérdida de fuerza muscular inducida por un parcial o completo desuso de los músculos está sometida a grandes variaciones interindividuales (17).

La media de días de cuarentena de los jugadores en nuestro estudio fue de 12 días y curiosamente, los deportistas que desarrollaron una rotura muscular, o lesión tipo 3 según el Consenso de Múnich, presentaron un mayor número de días de cuarentena con una media de 14,17 días. Además de esto, tras dicho periodo de confinamiento domiciliario, los jugadores se reincorporaron inmediatamente y de manera normal a las sesiones de entrenamiento exponiéndose a volúmenes e intensidades idénticas que el resto de sus compañeros. Posiblemente la presión interna de los jugadores para recuperar su lugar en el equipo, así como el intenso calendario de partidos podría explicar esta rápida reintegración de los jugadores tras la cuarentena. Sin embargo, parece que los jugadores infectados, independientemente de sus síntomas, reanudaron sus entrenamientos demasiado temprano y no se consideró una vuelta progresiva y gradual después del periodo de confinamiento.

En otras modalidades deportivas se han estudiado largos periodos de desentrenamiento. Un ejemplo fue en la liga nacional de Fútbol Americano (NFL) en el año 2011 donde los jugadores no tuvieron acceso a los servicios médicos, preparadores físicos y entrenadores de alto nivel durante el periodo de pretemporada debido a un desacuerdo en el reparto de los ingresos económicos. Durante esa temporada, se produjo un aumento nunca visto del número de roturas del tendón de Aquiles, de las cuales la mayoría fueron en los 12 primeros días tras la vuelta a los entrenamientos en el campo de fútbol y la mitad de ellas en los jugadores novatos (18). Otra situación similar encontramos en una investigación realizada en 537 jugadores profesionales de fútbol de la Bundesliga en la temporada 2019/2020 donde se observó un mayor número de lesiones, sobre todo a nivel musculoesquelético, tras el confinamiento general por la COVID-19 en marzo del 2020 (14). Estos estudios evidencian que el entrenamiento de pretemporada da como resultado una mayor seguridad al deportista demostrando que un mínimo de 6-8 semanas de pretemporada parecen necesarias para favorecer la

prevención de lesiones (18). De ahí, la importancia que tiene, tras un periodo de desentrenamiento, el diseño de protocolos individualizados basados en la edad, el sexo y el deporte del atleta profesional para una vuelta progresiva a los entrenamientos reduciendo así el riesgo de lesión asociada al deporte (19).

En definitiva, los deportistas pueden ser más susceptibles al desarrollo de lesiones musculares a causa de modificaciones en las propiedades mecánicas del tejido, como la fuerza y la arquitectura músculo-tendinosa, tras un periodo de desentrenamiento como el confinamiento domiciliario a causa de la COVID-19 (12).

5.2. Efectos patológicos de la infección

La infección por el SARS-CoV-2 puede generar diferentes respuestas en los pacientes, que van desde una presentación asintomática hasta una enfermedad inflamatoria grave donde se desarrolla la denominada “tormenta de citoquinas” (20). Esta consiste en una excesiva respuesta inflamatoria que puede acabar lesionando los alveolos pulmonares y desarrollando un síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) con una neumonía viral bilateral y un fallo respiratorio que produce una alta mortalidad (21). Las diferencias en la severidad de la respuesta inmune son probablemente consecuencia de la carga viral de la infección, de la inmunidad del huésped y de la presencia de comorbilidades en el paciente (10).

Aunque la mayoría de los pacientes infectados desarrollan síntomas respiratorios, se ha observado que la COVID-19 produce graves consecuencias en otros órganos como el corazón, el sistema nervioso central o el músculo (8). A nivel del sistema músculo esquelético, los pacientes graves ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) son los más afectados (8). La mialgia, la pérdida acentuada de masa muscular y los niveles elevados de creatina quinasa (CK) son los síntomas y signos más frecuentes del paciente crítico (22).

El mecanismo molecular exacto del daño musculoesquelético en la infección por la COVID-19 no está claro, sin embargo, se han propuesto varias hipótesis para poder entenderlo (23). Diversos estudios piensan que esta afectación se explica por la excesiva

producción de citoquinas inflamatorias en condiciones hipermetabólicas asociada al estrés oxidativo que promueven la producción de moléculas, como las mioquinas y adipoquinas, que causan un daño severo a los miocitos produciendo la proteólisis de las fibras musculares y la disminución de la síntesis proteica (9, 23).

Ostergaard *et al.* (24) desarrollaron otra hipótesis ya que encontraron que la infección por SARS-CoV-2 induce un flujo capilar turbulento, que puede limitar el transporte de oxígeno a los tejidos. La disponibilidad de oxígeno tisular depende de la función de los capilares, así como de la concentración de oxígeno en sangre arterial, los cuales pueden estar limitados por la COVID-19 (24). Esta situación puede explicarse por la activación y aumento de la concentración de los neutrófilos, células relacionadas con la respuesta inmune frente al SARS-CoV-2, que pueden unirse a la pared endotelial alterando y reduciendo el flujo capilar (11). Además, el virus SARS-CoV-2 puede adherirse a la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) en las superficies celulares y ser internalizada por las células para replicarse. Como respuesta inmunitaria del organismo, se produce una regulación a la baja de ACE2 con el objetivo de evitar que aumente la carga viral. Esta disminución de ACE2 induce una elevación en los niveles de Angiotensina II, un potente vasoconstrictor que puede promover la trombogénesis, el estrés oxidativo y la inflamación sobre todo a nivel pulmonar, reduciendo la captación de oxígeno para el resto del organismo (10). Asimismo, ACE2 puede interactuar directamente con los macrófagos produciendo la activación de citoquinas que promoverán la adhesión de moléculas y la infiltración de células inflamatorias en el endotelio (10). Este endotelio disfuncional se vuelve proadhesivo y procoagulante favoreciendo un estado protrombótico que puede extenderse dentro de órganos como los pulmones, el corazón y el tejido muscular (25). Por lo tanto, cualquier modificación en el flujo capilar debido al paso turbulento de la sangre por un aumento en la concentración de neutrófilos, a la acción de Angiotensina II y a la inflamación endotelial limita el intercambio gaseoso alveolar y tisular (26). Consecuentemente, la concentración arterial de oxígeno y la captación de oxígeno por parte de los tejidos, entre ellos el muscular, estarán disminuidas (26). Estas alteraciones descritas relacionados con la COVID-19 se dan con mayor frecuencia en sujetos que han desarrollado una enfermedad grave y/o presentan una edad avanzada u otros factores

de riesgo, como la hipertensión o la diabetes. En sujetos más jóvenes, la respuesta inflamatoria suele ser menor y el daño capilar suele ser asintomático, excepto durante el ejercicio físico como es el caso de un deportista de élite (24).

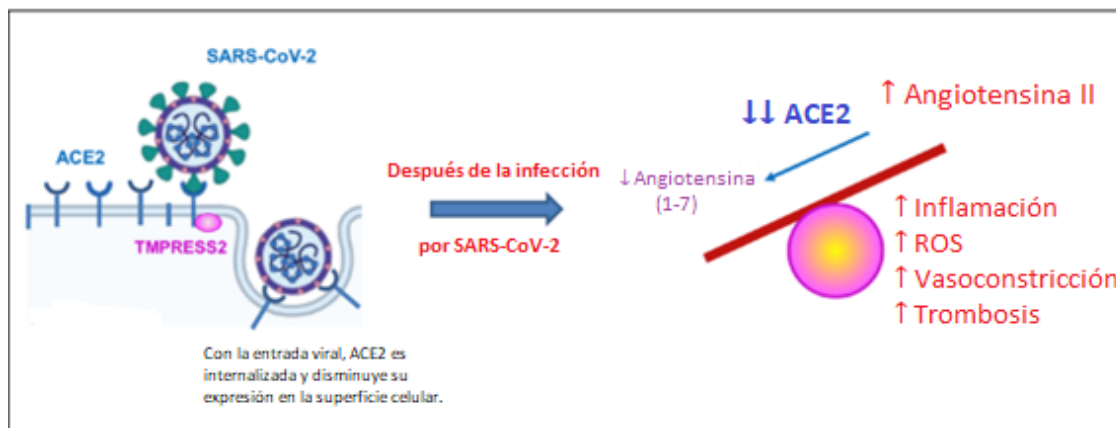


Figura 4. Interacción entre el SARS-CoV-2 y la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2). TMPRSS2 (proteasa transmembrana), ROS (Especies Reactivas de Oxígeno). (10)

Todas estas consecuencias de la infección pueden exacerbar los efectos del desentrenamiento muscular, cardiorrespiratorio y sus efectos metabólicos. La combinación de todos ellos va a dar como resultado una reducción del volumen sanguíneo; de la densidad capilar; de la capacidad oxidativa del músculo, capacidad del músculo para emplear oxígeno; y de la capacidad aeróbica, capacidad máxima para transportar y utilizar oxígeno medida con el volumen máximo de oxígeno ($VO_2 \text{ máx}$) (13). La capacidad aeróbica se ha asociado a los efectos pulmonares de la infección, pero también se ha visto afectada en los pacientes asintomáticos debido a las consecuencias de la cuarentena (27). Watson *et al* afirmaron que un $VO_2 \text{ máx}$ bajo es un factor de riesgo independiente para el desarrollo de lesiones musculares en deportistas (28).

Por lo tanto, tras sufrir la infección podemos presumir que el transporte de oxígeno sangre-tejido, la oxigenación muscular y la capacidad aeróbica pueden estar comprometidos durante el ejercicio, alterando el metabolismo energético en una dirección más anaeróbica con la consecuente acumulación de subproductos metabólicos (13). Esta hipótesis sugiere que tanto la infección por SARS-CoV-2 como los efectos del desentrenamiento debido a la cuarentena pueden inducir un inicio más temprano y unas tasas más altas de fatiga muscular, disminuyendo la capacidad del

músculo de contraerse y relajarse y reduciendo la capacidad de recuperación de los jugadores de élite, cuyas necesidades son mayores (24, 29).

Esta acumulación de fatiga muscular también podría ser un factor importante ya que la fatiga a lo largo del entrenamiento o competición es directamente proporcional a un aumento del riesgo de lesión muscular, especialmente cuando se producen aumentos abruptos en las intensidades y cargas totales del entrenamiento como la vuelta al deporte de élite tras un periodo de cuarentena (12). Esto se explica por la asociación entre la fatiga y un mal funcionamiento de la acción motora procesada por nuestro cerebro que implica la activación de determinados grupos musculares durante la actividad física, y que pueden causar alteraciones en la biomecánica y en la distribución de fuerzas aumentando el riesgo de lesión muscular (30).

Además, la reducción del patrón de oxigenación muscular puede afectar negativamente a la recuperación durante la realización de deportes como el balonmano, al mostrar un perfil intermitente, es decir, que combina una intensidad baja-moderada intercalada con actividades de alta intensidad (31). Investigaciones previas describieron que la capacidad de mantener el sprint puede estar atribuida a múltiples factores, entre los que destacan la disponibilidad de fosfocreatina (PCr) y la acumulación de fosfato intracelular. El hecho de que tanto la disponibilidad de la PCr como la eliminación de fosfato intracelular, a través de la fosforilación de ADP formando ATP, sean oxígeno dependientes sugiere que una gran resistencia aeróbica permite tener una mayor capacidad para resistir la fatiga (31).

5.3. Vuelta a los entrenamientos tras superar la COVID-19

El modelo de *“la paradoja de la prevención de lesiones por el entrenamiento”* lo definió Gabbett como un fenómeno por el cual los atletas acostumbrados a altas cargas de entrenamiento tienen menos lesiones que aquellos que entrenan con cargas más bajas (12). El modelo se basa en la evidencia de que las lesiones musculares indirectas no son causadas por el entrenamiento *per se*, sino por un programa de entrenamiento inadecuado con excesivos y rápidos aumentos en las cargas de entrenamiento (12). Estas cargas, definidas como la cantidad de trabajo realizado, su efecto sobre el

organismo y el efecto psicológicamente percibido por el deportista, son un determinante importante de lesión muscular y deben medirse con precisión. Por ello, se han descrito numerosas formas de monitorizarlas, tanto las cargas externas que son el trabajo físico (distancia total, peso levantado, intensidad en un sprint,...) como las internas que sería la respuesta fisiológica y perceptual del atleta (frecuencia cardíaca, esfuerzo percibido,...) (32). Del mismo modo, también hay que valorar las características individuales del deportista como la edad, la capacidad física y el historial de lesiones, que es el factor de riesgo más común para desarrollar una nueva lesión muscular (33). El “punto ideal” del estímulo del entrenamiento es aquel que maximiza el potencial de rendimiento mientras se limitan las consecuencias negativas como la lesión, la enfermedad, la fatiga y el sobreentrenamiento (12).

Tras superar la COVID-19, se requiere un programa de entrenamiento basado en mejorar la resistencia aeróbica y la fuerza máxima, con una acumulación progresiva de los estímulos de alta intensidad específicos de cada deporte. Esto es crucial para prevenir potencialmente las lesiones musculares en los deportistas de élite (34). Además, se requiere de un seguimiento individual para monitorizar las cargas de entrenamiento de cada jugador que ha pasado la infección y así, evitar la fatiga (34).

Elliott *et al.* elaboraron un protocolo para el regreso gradual al deporte después de la infección por el SARS-CoV-2, bajo supervisión médica y basada en las opiniones de expertos (35). Esta guía es aplicable a aquellas personas que sufrieron una enfermedad leve o moderada, como es el caso de nuestros deportistas. Sin embargo, para los pacientes con una enfermedad grave se requieren mayores cuidados (36). El protocolo para una vuelta progresiva al deporte (GRTP: Graduated Return To Play) incluye un plan de cinco etapas donde se realiza una monitorización continua de diferentes parámetros tales como: la frecuencia cardíaca en reposo, la tasa de esfuerzo percibido, el sueño, el estrés, la fatiga, el dolor muscular, la preparación psicológica para volver al deporte y una mayor evaluación en caso de enfermedad prolongada, con marcadores séricos de inflamación, monitorización cardíaca y evaluación de la función respiratoria, para permitir la reanudación segura del deporte de competición (35). Además, en el momento en el que el deportista experimente algún síntoma, como excesiva fatiga

durante la realización del protocolo GRTP, debe de volver a la etapa anterior y progresar a la siguiente etapa después de al menos 24 horas sin síntomas (35). La duración de cada etapa variará ampliamente según diversos factores del paciente, como la gravedad de la infección, la edad, las comorbilidades, el estado físico inicial y los objetivos (37). El servicio médico debe monitorizar a los pacientes adecuadamente y modificar la actividad según la respuesta del paciente, prestando una rigurosa atención a los síntomas de alarma: dolor en el pecho, palpitaciones, disnea no proporcional a la esperada y síntomas de trombosis (dolor, edema y aumento del calor en la extremidad afectada) (38). Las diferentes etapas del protocolo GRTP se resumen en la Tabla 5 (37).

Tabla 5. Etapas que componen el protocolo GRTP.

Etapas	Nivel de la actividad	Objetivos	FC máxima	Duración de la sesión de entrenamiento	Intensidad del ejercicio
Etap 1	Recuperación y descanso	Tiempo para la recuperación	N/A	N/A	Actividades de la vida diaria
Etap 2	Leve	Aumentos graduales de la FC	<70%	<15 minutos	Ejercicios ligeros (caminar, bicicleta estática, ...) Sin realizar entrenamientos de resistencia
Etap 3	Moderada	Aumentos en FC, frecuencia y duración del ejercicio	<80%	<45 minutos	Actividades aeróbicas más exigentes (carrera a un ritmo suave) Comenzar el entrenamiento de resistencia (ejercicios del peso corporal/pesas al 50%)
Etap 4	Intensa	Aumento en la intensidad del ejercicio	<80%	<60 minutos	Actividades aeróbicas más intensas (carrera a un ritmo moderado) Entrenamiento de resistencia más intenso
Etap 5	Normal	Reanudación gradual del entrenamiento estándar	N/A	N/A	Reintroducción de sprints, entrenamiento de intervalos y agilidad Entrenamiento de resistencia completo

FC: Frecuencia Cardíaca; N/A: No Aplicable

De acuerdo con estas pautas, el jugador debe de cumplir con los siguientes criterios antes de que pueda iniciar la etapa 2: (1) al menos deben completarse 10 días de descanso relativo, (2) el jugador debe estar libre de síntomas al menos 7 días y (3) el tratamiento farmacológico, si lo ha habido, debe de estar terminado (35). La

reanudación completa al entrenamiento normal se permite al menos tras los 17 días posteriores al diagnóstico de la infección por el SARS-CoV-2 (35). Por lo tanto, es posible que los sujetos de nuestro estudio reanudaron sus entrenamientos normales con el resto de sus compañeros demasiado pronto, no realizándolo de manera progresiva hasta acumular una preparación plena, que según el protocolo GRTP es después de los 17 días posteriores al diagnóstico de la infección. Este hecho podría explicar la mayor incidencia de roturas musculares parciales, o lesiones tipo 3 según el Consenso de Múnich, después de la infección por el SARS-CoV-2. Sin embargo, se necesita una mayor investigación para que pueda ser confirmada dicha hipótesis.

6. CONCLUSIÓN

Primera: Este es el primer estudio retrospectivo que investiga la asociación de la lesión muscular y la infección por el SARS-CoV-2 en jugadores profesionales de balonmano. Los resultados del estudio afirman que quizá la infección por la COVID-19 aumenta ligeramente el número de lesiones musculares y, sobre todo, las agrava incrementándose la incidencia de las roturas o lesiones musculares tipo 3 según el Consenso de Múnich.

Segunda: Aquellos deportistas con un mayor número de días de cuarentena y aquellos que presentaron sintomatología durante la infección podrían tener un mayor riesgo de desarrollar una rotura muscular parcial.

Tercera: Los efectos del desentrenamiento debido a la cuarentena y los efectos patológicos directos de la infección por el SARS-CoV-2 podrían aumentar las tasas de fatiga y reducir la capacidad de recuperación de los deportistas, aumentando así el riesgo de lesión.

Cuarta: Una vuelta progresiva y gradual a los entrenamientos tras el periodo de cuarentena, monitorizando las cargas de forma individual, es crucial para prevenir las lesiones musculares.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Raya-González J, Clemente FM, Beato M, Castillo D. Injury Profile of Male and Female Senior and Youth Handball Players: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jun 1;17(11):3925. doi: 10.3390/ijerph17113925.
2. Vila H, Barreiro A, Ayán C, Antúnez A, Ferragut C. The Most Common Handball Injuries: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Aug 27;19(17):10688. doi: 10.3390/ijerph191710688.
3. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, Orchard J, van Dijk CN, Kerkhoffs GM, Schamasch P, Blottner D, Swaerd L, Goedhart E, Ueblacker P. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):342-50. doi: 10.1136/bjsports-2012-091448.
4. Jiménez Díaz F. Lesiones musculares en el deporte. (Muscular injuries in sport). RICYDE. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 2006 Apr. doi: 10.5232/ricyde.
5. Muñoz Ch. Sara, Astudillo A. Claudia, Miranda V. Edith, Albarracin G. Juan Francisco. Lesiones musculares deportivas: Correlación entre anatomía y estudio por imágenes. *Rev. chil. radiol*. 2018 Mar;24(1): 22-33. doi: 10.4067/S0717-93082018000100022.
6. Goes RA, Lopes LR, Cossich VRA, de Miranda VAR, Coelho ON, do Carmo Bastos R, Domenis LAM, Guimarães JAM, Grangeiro-Neto JA, Perini JA. Musculoskeletal injuries in athletes from five modalities: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Feb 24;21(1):122. doi: 10.1186/s12891-020-3141-8.
7. Ambrosi C, Prezioso C, Checconi P, Scribano D, Sarshar M, Capannari M, Tomino C, Fini M, Garaci E, Palamara AT, De Chiara G, Limongi D. SARS-CoV-2: Comparative analysis of different RNA extraction methods. *J Virol Methods*. 2021 Jan;287:114008. doi: 10.1016/j.jviromet.2020.114008.
8. Ali AM, Kunugi H. Skeletal Muscle Damage in COVID-19: A Call for Action. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Apr 12;57(4):372. doi: 10.3390/medicina57040372.
9. Annino G, Manzi V, Alashram AR, Romagnoli C, Coniglio M, Lamouchideli N, Perrone MA, Limongi D, Padua E. COVID-19 as a Potential Cause of Muscle Injuries in

- Professional Italian Serie A Soccer Players: A Retrospective Observational Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Sep 5;19(17):11117. doi: 10.3390/ijerph191711117.
10. Liu PP, Blet A, Smyth D, Li H. The Science Underlying COVID-19: Implications for the Cardiovascular System. *Circulation*. 2020 Jul 7;142(1):68-78. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047549.
 11. Wang S, Cao C, Chen Z, Bankaitis V, Tzima E, Sheibani N, Burrridge K. Pericytes regulate vascular basement membrane remodeling and govern neutrophil extravasation during inflammation. *PLoS One*. 2012;7(9):e45499. doi: 10.1371/journal.pone.0045499.
 12. Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med*. 2016 Mar;50(5):273-80. doi: 10.1136/bjsports-2015-095788.
 13. Wezenbeek E, Denolf S, Willems TM, Pieters D, Bourgois JG, Philippaerts RM, De Winne B, Wieme M, Van Hecke R, Markey L, Schuermans J, Witvrouw E, Verstockett S. Association between SARS-COV-2 infection and muscle strain injury occurrence in elite male football players: a prospective study of 29 weeks including three teams from the Belgian professional football league. *Br J Sports Med*. 2022 Apr 29;bjsports-2021-104595. doi: 10.1136/bjsports-2021-104595.
 14. Seshadri DR, Thom ML, Harlow ER, Drummond CK, Voos JE. Case Report: Return to Sport Following the COVID-19 Lockdown and Its Impact on Injury Rates in the German Soccer League. *Front Sports Act Living*. 2021 Feb 18;3:604226. doi: 10.3389/fspor.2021.604226.
 15. Sarto F, Impellizzeri FM, Spörri J, Porcelli S, Olmo J, Requena B, Suarez-Arrones L, Arundale A, Bilsborough J, Buchheit M, Clubb J, Coutts A, Nabhan D, Torres-Ronda L, Mendez-Villanueva A, Mujika I, Maffiuletti NA, Franchi MV. Impact of Potential Physiological Changes due to COVID-19 Home Confinement on Athlete Health Protection in Elite Sports: a Call for Awareness in Sports Programming. *Sports Med*. 2020 Aug;50(8):1417-1419. doi: 10.1007/s40279-020-01297-6.
 16. de Boer MD, Maganaris CN, Seynnes OR, Rennie MJ, Narici MV. Time course of muscular, neural and tendinous adaptations to 23 day unilateral lower-limb

- suspension in young men. *J Physiol.* 2007 Sep 15;583(Pt 3):1079-91. doi: 10.1113/jphysiol.2007.135392.
17. Miles MP, Heil DP, Larson KR, Conant SB, Schneider SM. Prior resistance training and sex influence muscle responses to arm suspension. *Med Sci Sports Exerc.* 2005 Nov;37(11):1983-9. doi: 10.1249/01.mss.0000176302.99185.be.
18. Myer GD, Faigenbaum AD, Cherny CE, Heidt RS Jr, Hewett TE. Did the NFL Lockout expose the Achilles heel of competitive sports? *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011 Oct;41(10):702-5. doi: 10.2519/jospt.2011.0107.
19. Post EG, Biese KM, Schaefer DA, Watson AM, McGuine TA, Brooks MA, Bell DR. Sport-Specific Associations of Specialization and Sex With Overuse Injury in Youth Athletes. *Sports Health.* 2020 Jan/Feb;12(1):36-42. doi: 10.1177/1941738119886855.
20. Hu B, Guo H, Zhou P, Shi ZL. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat Rev Microbiol.* 2021 Mar;19(3):141-154. doi: 10.1038/s41579-020-00459-7.
21. Prezioso, C., Marcocci, M.E., Palamara, A.T. et al. The “Three Italy” of the COVID-19 epidemic and the possible involvement of SARS-CoV-2 in triggering complications other than pneumonia. *J. Neurovirol.* 2020 June. 26, 311–323. doi: 10.1007/s13365-020-00862-z.
22. Cipollaro L, Giordano L, Padulo J, Oliva F, Maffulli N. Musculoskeletal symptoms in SARS-CoV-2 (COVID-19) patients. *J Orthop Surg Res.* 2020 May 18;15(1):178. doi: 10.1186/s13018-020-01702-w.
23. Meacci E, Pierucci F, Garcia-Gil M. Skeletal Muscle and COVID-19: The Potential Involvement of Bioactive Sphingolipids. *Biomedicines.* 2022 May 4;10(5):1068. doi: 10.3390/biomedicines10051068.
24. Østergaard L. SARS CoV-2 related microvascular damage and symptoms during and after COVID-19: Consequences of capillary transit-time changes, tissue hypoxia and inflammation. *Physiol Rep.* 2021 Feb;9(3):e14726. doi: 10.14814/phy2.14726.
25. Bezemer R, Bartels SA, Bakker J, Ince C. Clinical review: Clinical imaging of the sublingual microcirculation in the critically ill--where do we stand? *Crit Care.* 2012 Jun 19;16(3):224. doi: 10.1186/cc11236.

26. Østergaard L. Blood flow, capillary transit times, and tissue oxygenation: the centennial of capillary recruitment. *J Appl Physiol* (1985). 2020 Dec 1;129(6):1413-1421. doi: 10.1152/jappphysiol.00537.2020.
27. Fabre JB, Grelot L, Vanbiervliet W, Mazerie J, Manca R, Martin V. Managing the combined consequences of COVID-19 infection and lock-down policies on athletes: narrative review and guidelines proposal for a safe return to sport. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020 Oct 19;6(1):e000849. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000849.
28. Watson A, Brickson S, Brooks MA, Dunn W. Preseason Aerobic Fitness Predicts In-Season Injury and Illness in Female Youth Athletes. *Orthop J Sports Med*. 2017 Sep 5;5(9):2325967117726976. doi: 10.1177/2325967117726976.
29. Crameri GAG, Bielecki M, Züst R, Buehrer TW, Stanga Z, Deuel JW. Reduced maximal aerobic capacity after COVID-19 in young adult recruits, Switzerland, May 2020. *Euro Surveill*. 2020 Sep; 25(36):2001542. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.36.2001542.
30. Murphy DF, Connolly DA, Beynnon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med*. 2003 Feb;37(1):13-29. doi: 10.1136/bjsm.37.1.13.
31. Glaister M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*. 2005;35(9):757-77. doi: 10.2165/00007256-200535090-00003.
32. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*. 2005 Jun;23(6):583-92. doi: 10.1080/02640410400021278.
33. Gabbett TJ. Performance changes following a field conditioning program in junior and senior rugby league players. *J Strength Cond Res*. 2006 Feb;20(1):215-21. doi: 10.1519/R-16554.1.
34. Drew MK, Cook J, Finch CF. Sports-related workload and injury risk: simply knowing the risks will not prevent injuries: Narrative review. *Br J Sports Med*. 2016 Nov; 50(21):1306-1308. doi: 10.1136/bjsports-2015-095871.
35. Elliott N, Martin R, Heron N, Elliott J, Grimstead D, Biswas A. Infographic. Graduated return to play guidance following COVID-19 infection. *Br J Sports Med*. 2020 Oct; 54(19):1174-1175. doi: 10.1136/bjsports-2020-102637.

-
36. Löllgen H, Bachl N, Papadopoulou T, Shafik A, Holloway G, Vonbank K, Jones NE, Bigard X, Niederseer D, Meyer J, Muniz-Pardos B, Debruyne A, Zupet P, Steinacker JM, Wolfarth B, Bilzon JLJ, Ionescu A, Dohi M, Swart J, Badtieva V, Zelenkova I, Casasco M, Geistlinger M, Di Luigi L, Webborn N, Singleton P, Miller M, Pigozzi F, Pitsiladis YP. Recommendations for return to sport during the SARS-CoV-2 pandemic. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020 Jul 13;6(1):e000858. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000858.
37. O'Connor FG, Franzos A. Return to sport or strenuous activity following infection. 2023;1–24. Disponible online: www.uptodate.com (accedido el 23/04/2023).
38. Jewson J, McNamara A, Fitzpatrick J. Life after COVID-19: The importance of a safe return to physical activity. *Aust J Gen Pract*. 2020 Nov 25;49. doi: 10.31128/AJGP-COVID-40.

8. ANEXO



Informe Dictamen Favorable Trabajos académicos

C.I. PI23/005

8 de febrero de 2023

Dña. María González Hínjos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 08/02/2023, Acta Nº 03/2023 ha evaluado la propuesta del Trabajo:

Título: Asociación entre las lesiones musculares y la infección por COVID-19 en jugadores profesionales de balonmano.

Alumno: Miguel Malo Pueyo

Tutores: Loral López Pingarrón y José Joaquín García García

Versión protocolo: Versión 2 - 04/02/2023

Versión documento de información y consentimiento: Versión 2, de fecha 03/02/2023

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables.
- El Tutor/Director garantiza la confidencialidad de la información, la obtención de los consentimientos informados y el adecuado tratamiento de los datos, en cumplimiento de la legislación vigente y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

3º. Por lo que este CEIC emite **DICTAMEN FAVORABLE a la realización del proyecto.**

Lo que firmo en Zaragoza

GONZALEZ
HINJOS MARIA -
DNI 03857456B

Firmado digitalmente
por GONZALEZ HINJOS
MARIA - DNI 03857456B
Fecha: 2023.02.17
14:27:41 +01'00'

María González Hínjos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)