

## Miopatía por captura en aves silvestres: información clínica, una revisión sistemática

**Andrés Vera**

 0009-0004-8945-3088

**Carolina Santibañez**

 0009-0004-2123-8912

**Lucía Azócar-Aedo\***

 0000-0002-1602-9866

**Carola Valencia-Soto**

 0000-0002-0602-7154

Universidad San Sebastián.  
Facultad de Ciencias de la Naturaleza.  
Puerto Montt, Chile.

**\*Autor para correspondencia**  
Correo electrónico:  
[lucia.azocara@uss.cl](mailto:lucia.azocara@uss.cl)

### Resumen

La miopatía por captura es una complicación común en mamíferos y aves silvestres. Esta patología se caracteriza por la degradación del tejido muscular que limita la capacidad de estar de pie, caminar o volar. En la revisión sistemática de 1980-2022. Se recopiló, resumió y clasificó información taxonómica, signos clínicos, métodos de diagnóstico y tratamientos para esta patología. Para el análisis metodológico de cada uno de los artículos, se utilizó un método de evaluación modificado, cumpliendo criterios de inclusión y exclusión para tener una calidad metodológica deseable. Incluimos doce estudios en la revisión. Identificamos mayor prevalencia en las familias *Scolopacidae*, *Gruidae* y *Anatidae*. Los signos clínicos frecuentes asociados con la miopatía fueron: incapacidad para incorporarse, ataxia, paresia y parálisis. Los métodos de diagnóstico se basan en la patología clínica, evaluando las enzimas creatina quinasa y aspartato aminotransferasa con sus respectivos niveles. De las alteraciones macroscópicas comunes hubo cambios en la coloración del tejido muscular y áreas hemorrágicas debido a la ruptura de las miofibras y una lesión microscópica frecuente fue el daño a las miofibrillas. La literatura describe tratamientos de apoyo como el uso temprano de fluidoterapia, analgésicos, tranquilizantes, vitaminas, bicarbonato de sodio, mientras que la fisioterapia es beneficiosa para proteger de lesiones e incorporar al ave al ambiente lo más pronto posible, sin embargo, la prevención es la forma más eficaz de evitar la aparición de esta enfermedad.

**Palabras clave:** Miopatía de captura; Aves silvestres; Revisión sistemática; Signos clínicos; Métodos de diagnóstico; Tratamiento.

Recibido: 2023-08-24

Aceptado: 2024-01-15

Publicado: 2024-04-25

Información y declaraciones adicionales  
en la página 14

© Derechos de autor 2024  
Andrés Vera et al.

acceso abierto 



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

### Cómo citar este artículo:

Vera Guzmán AO, Santibañez Araya CA, Azócar-Aedo L, Valencia-Soto C. Miopatía por captura en aves silvestres: información clínica, una revisión sistemática. *Veterinaria Mexico OA*. 2024;11. doi: 10.22201/fmvz.24486760e.2024.1256.

## Contribución del estudio

La miopatía por captura es una enfermedad que se presenta en diferentes animales en el mundo, como mamíferos y aves silvestres. Se trata de una patología probablemente inducida por el estrés: provoca daños en las miofibras, que pueden incapacitar al ave para mantenerse en pie, caminar o volar; además, le generan alteraciones en ciertos parámetros de la bioquímica clínica sanguínea como las enzimas creatina quinasa y el aspartato aminotransferasa. Los objetivos de este estudio fueron recopilar, resumir y clasificar información taxonómica, signos clínicos, métodos de diagnóstico y tratamientos descritos en la literatura sobre la miopatía por captura en aves silvestres mediante una revisión sistemática, y pretende ser un material de referencia para estudiantes y profesionales que trabajan con estos animales en la práctica clínica.

## Introducción

La miopatía por captura (MC) es una enfermedad multifactorial asociada con la captura y el manejo de ciertas especies de mamíferos y aves, que en general, es secundaria a otras patologías.<sup>(1, 2)</sup> Tiene distribución mundial, presenta una elevada morbilidad y mortalidad y sus factores predisponentes incluyen condiciones medioambientales. Por ejemplo, alta temperatura y humedad. Otras predisposiciones son las técnicas de captura que inducen una respuesta de estrés exacerbado, la inmovilización prolongada y las enfermedades concomitantes que comprometen la salud del animal.<sup>(3, 4)</sup> La enfermedad influye en la sobrevivencia de los individuos y es relevante en especies en peligro de extinción.<sup>(5)</sup>

La MC rompe los tejidos, dificultando que las aves puedan mantenerse de pie, caminar o volar.<sup>(6)</sup> Se han descrito cuatro diferentes formas de la enfermedad: 1) hiperaguda, caracterizada por muerte repentina debido a falla cardíaca después de un período corto (minutos); 2) aguda: es una forma menos severa, que cursa con ruptura muscular, ataxia y muerte entre 24 a 48 horas; 3) subaguda: menos severa, en donde se genera daño muscular y renal y muerte después de pocos días; y 4) crónica: caracterizada por la sobrevivencia del animal por varios días o meses, seguida de muerte súbita debido a una falla cardíaca.<sup>(7)</sup>

McEntire y Sánchez<sup>(8)</sup> señalan que el estrés y el miedo son dos de los factores más importantes que contribuyen a la aparición de MC. Estos autores observaron que muchas aves experimentan estrés cuando ingresan a un ambiente clínico hospitalario, que puede conducir a que estos animales se muevan excesivamente. Este movimiento adicional induce daño muscular y previene su regeneración. La respuesta extrema y prolongada al estrés se asocia a un aumento de los niveles sanguíneos de catecolaminas, cortisol y aldosterona, potencialmente dañando los músculos esqueléticos y cardíacos. Se ha sugerido que la isquemia y la reperfusión pueden tener un rol central en la MC al generar necrosis muscular inducida por estrés.<sup>(9)</sup>

La patogenia de la MC no se entiende completamente, pero se cree que es causada por una vía metabólica anaeróbica, asociada a una intensa actividad muscular. El metabolismo anaeróbico produce la acumulación de ácido láctico, que conduce a una severa acidosis metabólica y necrosis muscular secundaria.<sup>(10, 11)</sup> Cuando los músculos trabajan a gran intensidad, consumen oxígeno más rápido

que lo que la sangre puede entregar, resultando en una deficiencia de oxígeno. En ausencia de oxígeno, el músculo produce ácido láctico como producto, en vez de dióxido de carbono. Si el ácido láctico se acumula en las células musculares, destruye las membranas celulares, causando daño muscular que se caracteriza por la liberación del contenido celular.<sup>(10)</sup> Cuando los músculos están dañados, la membrana basal y el sarcolema de las miofibras liberan componentes citoplasmáticos tales como mioglobina y creatina quinasa a la circulación sanguínea, generando un aumento de sus niveles en la sangre.<sup>(12, 13)</sup>

Los objetivos de esta revisión sistemática fueron: 1) entregar información taxonómica sobre especies de aves silvestres donde se han reportado casos de MC, de acuerdo con la literatura; 2) describir los signos clínicos asociados con MC en aves silvestres; 3) identificar los métodos utilizados en el diagnóstico de MC, y 4) resumir los tratamientos para MC en aves silvestres.

## Materiales y métodos

### *Diseño del estudio*

Corresponde a un estudio observacional, descriptivo y narrativo de la literatura científica, con diseño de revisión sistemática.<sup>(14)</sup>

### *Estrategia de búsqueda bibliográfica*

Obtuvimos la información a partir de una búsqueda sistemática de artículos científicos y documentos en bases de datos documentales electrónicas, como EBSCO Host, PubMed, Science Direct, ProQuest y Google Académico. También incluimos capítulos de libros en formato digital. En la búsqueda bibliográfica consideramos literatura científica publicada entre enero de 1980 hasta marzo de 2022.

Para identificar los artículos en las bases de datos, utilizamos las palabras clave, combinadas con el operador booleano "AND". Revisamos los documentos para identificar las palabras clave en el título, el *abstract*/resumen y en la introducción. Para identificar fuentes adicionales, también revisamos la bibliografía de cada documento. Seleccionamos esta información, la recolectamos y la clasificamos. Buscamos los artículos científicos y los textos en español, inglés y portugués. Algunos ejemplos de las palabras clave que utilizamos fueron: *capture myopathy*, *wild birds*, *stress* (inglés), *miopatía por captura*, *aves silvestres*, *estrés* (español) *miopatía captura*, *aves selvagem*, *estresse* (portugués).

### *Criterios de elegibilidad de la literatura consultada*

#### *Criterios de inclusión*

Incluimos los artículos científicos con los siguientes diseños: revisiones sistemáticas, revisiones narrativas (bibliográficas), ensayos clínicos y reportes de casos clínicos. Limitamos el grupo objetivo de los estudios seleccionados a diferentes especies de aves silvestres con MC. Los estudios incluidos debían informar sobre signos clínicos, tratamientos o métodos de diagnóstico relacionados con MC en aves silvestres.

### Criterios de exclusión

Excluimos tesis, estudios no publicados y resúmenes. También, estudios donde las poblaciones objetivo no eran aves silvestres, debido a que la MC puede ocurrir en varias especies animales. Además, se descartaron estudios si el diagnóstico de MC no era confirmatorio.

### Análisis crítico de la información

Llevamos a cabo la evaluación de calidad de esos estudios por medio de un análisis crítico, utilizando la guía publicada por Bobenrieth<sup>(15)</sup> en cuanto a introducción, objetivos, materiales y métodos, resultados, conclusiones y bibliografía de cada documento.

### Extracción de datos

De cada publicación, extrajimos información sobre la taxonomía de las aves (familia, género y especie) y signos clínicos para MC según la especie de ave. También registramos los niveles de creatina quinasa y aspartato aminotransferasa y los valores de referencia descritos, así como los hallazgos de la necropsia —lesiones macroscópicas y microscópicas, tipo de muestra y especie de ave donde se describieron estos hallazgos—. Finalmente, recopilamos los tratamientos reportados en la literatura para MC: fluidoterapia, antiinflamatorios, vitamínicos, con suplementos minerales, fármacos depresores del sistema nervioso central, de control del pH, formas de rehabilitación y fisioterapia. Para la redacción de esta revisión, se siguió la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysises).<sup>(16)</sup>

## Resultados

### Proceso de búsqueda bibliográfica

En la búsqueda bibliográfica identificamos 548 artículos potencialmente elegibles, de los cuales 241 permanecieron y eliminamos 210 por los criterios de exclusión. Finalmente, analizamos por completo 31 estudios y excluimos 19 de acuerdo con el análisis crítico. En total, elegimos doce documentos para hacer la revisión sistemática (Figura 1).

El Cuadro 1 proporciona un resumen de los doce documentos que incluimos en esta revisión sistemática. Registramos autores, revista, año de publicación, país donde se realizó la revisión, tipo de publicación y base de datos de la referencia.

### Clasificación taxonómica de aves silvestres con diagnóstico de MC

Las familias de aves *Scolopacidae*, *Gruidae* y *Anatidae* mostraron las frecuencias más altas de MC en la literatura revisada. La mayor parte de la información se registró en países como EEUU y Australia (Cuadro 2).

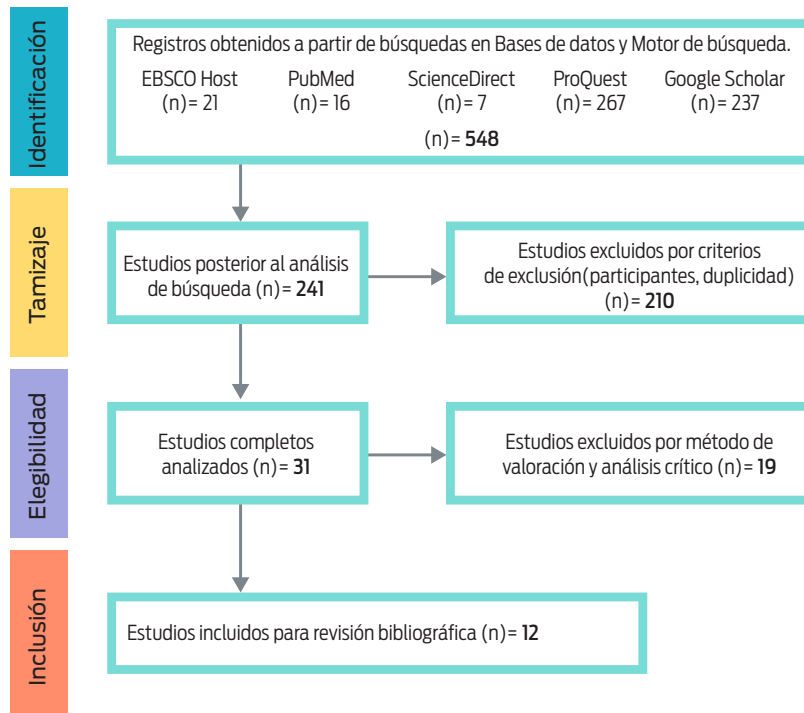


Figura 1. Diagrama de flujo de la selección de estudios.

Cuadro 1. Estudios incluidos en la revisión sistemática

Autores	Año	Revista	País	Tipo de publicación	Base de datos
McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>	2017	Journal of Avian Medicine and Surgery	EEUU	Artículo científico	EBSCOhost
Hurtado et al. <sup>(17)</sup>	2021	Journal of Avian Medicine and Surgery	Brasil	Artículo científico	EBSCOhost
Businga et al. <sup>(18)</sup>	2007	Journal of Avian Medicine and Surgery	EEUU	Artículo científico	EBSCOhost
Höfle et al. <sup>(19)</sup>	2004	Wildlife Society Bulletin	España	Artículo científico	EBSCOhost
Hanley et al. <sup>(20)</sup>	2005	Journal of Zoo and Wildlife Medicine	EEUU	Reporte de caso	EBSCOhost
Hayes et al. <sup>(21)</sup>	2003	Journal of Wildlife Diseases	EEUU	Artículo científico	PubMed
Ward et al. <sup>(1)</sup>	2011	Journal of Wildlife Diseases	Nueva Zelandia	Artículo científico	Google Académico
Rogers et al. <sup>(22)</sup>	2004	Journal of Field Ornithology	Australia	Artículo científico	Google Académico
Finlay y Jeske <sup>(23)</sup>	1999	Wildfowl	EEUU	Artículo científico	Google Académico
Dunne y Miller <sup>(24)</sup>	2009	Presentación a congreso	EEUU	Reporte de caso	Google Académico
Tully et al. <sup>(25)</sup>	1996	Journal of Avian Medicine and Surgery	EEUU	Artículo científico	Google Académico
Carpenter et al. <sup>(26)</sup>	1991	Journal of Zoo and Wildlife Medicine	EEUU	Artículo científico	Google Académico

### Signos clínicos asociados con MC en aves silvestres

Las aves silvestres con diagnóstico de MC en la literatura analizada presentaron diversos signos clínicos, que clasificamos por especie. La mayoría de los signos se asociaron con el sistema músculoesquelético (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Clasificación de las aves que presentaron MC en la literatura analizada

Familia	Especie	Autores	Año	País
Gruidae	<i>Grus canadensis pulla</i>	Carpenter et al. <sup>(26)</sup>	1991	EEUU
Dromaiidae	<i>Dromaius novaehollandiae</i>	Tully et al. <sup>(25)</sup>	1996	EEUU
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Finlay y Jeske <sup>(23)</sup>	1997	EEUU
Gruidae	<i>Antigone canadensis tabida</i>	Hayes et al. <sup>(21)</sup>	2003	EEUU
		Businga et al. <sup>(18)</sup>	2007	EEUU
Phasianidae	<i>Alectoris rufa</i>	Höfle et al. <sup>(19)</sup>	2004	España
Scolopacidae	<i>Calidris tenuirostris</i>	Rogers et al. <sup>(22)</sup>	2004	Australia
Scolopacidae	<i>Calidris canutus</i>	Rogers et al. <sup>(22)</sup>	2004	Australia
Scolopacidae	<i>Calidris ruficollis</i>	Rogers et al. <sup>(22)</sup>	2004	Australia
Gruidae	<i>Grus americana</i>	Hanley et al. <sup>(20)</sup>	2005	EEUU
Anatidae	<i>Branta canadensis</i>	Dunne y Miller <sup>(24)</sup>	2009	EEUU
Scolopacidae	<i>Limosa lapponica</i>	Rogers et al. <sup>(22)</sup>	2004	Australia
	<i>Limosa lapponica baueri</i>	Ward et al. <sup>(1)</sup>	2011	Nueva Zelandia
Phoenicopteridae	<i>Phoeniconaias minor</i>	McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>	2017	EEUU
Diomedidae	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>	2021	Brasil

**Cuadro 3.** Signos clínicos descritos en la literatura de esta revisión según la especie y los autores

Signos clínicos	Especies	Autores
Paresis	<i>Dendrocygna autumnalis</i> <i>Antigone canadensis tabida</i> <i>Limosa lapponica baueri</i>	Finlay y Jeske <sup>(23)</sup> Hayes et al. <sup>(21)</sup> Ward et al. <sup>(1)</sup>
Parálisis	<i>Antigone canadensis tabida</i> <i>Limosa lapponica baueri</i>	Hayes et al. <sup>(21)</sup> Ward et al. <sup>(1)</sup>
Ataxia	<i>Antigone canadensis tabida</i> <i>Alectoris rufa</i> <i>Grus americana</i>	Hayes et al. <sup>(21)</sup> Höfle et al. <sup>(19)</sup> Hanley et al. <sup>(20)</sup>
Incapacidad para incorporarse	<i>Grus canadensis pulla</i> <i>Dromaius novaehollandiae</i> <i>Dendrocygna autumnalis</i> <i>Calidris tenuirostris</i> <i>Calidris canutus</i> <i>Calidris ruficollis</i> <i>Limosa lapponica</i> <i>Grus americana</i> <i>Antigone canadensis tabida</i> <i>Branta canadensis</i> <i>Limosa lapponica baueri</i>	Carpenter et al. <sup>(26)</sup> Tully et al. <sup>(25)</sup> Finlay y Jeske <sup>(23)</sup> Rogers et al. <sup>(22)</sup> Rogers et al. <sup>(22)</sup> Rogers et al. <sup>(22)</sup> Rogers et al. <sup>(22)</sup> Hanley et al. <sup>(20)</sup> Businga et al. <sup>(18)</sup> Dunne y Miller <sup>(24)</sup> Ward et al. <sup>(1)</sup>
Vuelo incoordinado	<i>Alectoris rufa</i>	Höfle et al. <sup>(19)</sup>
Temblores	<i>Limosa lapponica baueri</i>	Ward et al. <sup>(1)</sup>
Cojera	<i>Dromaius novaehollandiae</i> <i>Phoeniconaias minor</i>	Tully et al. <sup>(25)</sup> McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>
Letargia	<i>Branta canadensis</i> <i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Dunne y Miller <sup>(24)</sup> Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
Deshidratación	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
Baja condición corporal	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
Hipotermia	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>

## Métodos de diagnóstico en aves silvestres con MC

### Patología clínica

En la literatura estudiada, se señalan diferentes análisis bioquímicos en aves con sospecha de MC, en ellos se registraron los valores iniciales de los casos de MC, lo que indica un aumento en creatina quinasa (CK) y aspartato aminotransferasa (AST) en comparación con los valores de referencia (Cuadro 4).

### Necropsia

La necropsia es otro método de diagnóstico de MC, que se basa en el análisis *post mortem* de las aves afectadas. En la literatura seleccionada, describieron diferentes muestras. Los músculos de la zona pectoral, los gastrocnemios y los asociados a las piernas fueron los más afectados. Estos músculos observaron lesiones evidentes, las cuales se describen en el Cuadro 5. Las alteraciones macroscópicas más frecuentes fueron los cambios en la coloración del tejido muscular y la presencia de áreas hemorrágicas por la rotura de las fibras musculares en la zona lesionada. Las lesiones microscópicas en las muestras de músculo esquelético se asociaron con daño en las fibras musculares, lo que puede provocar necrosis y pérdida de las características estructurales del tejido y los órganos musculares (Cuadro 5).

**Cuadro 4.** Análisis bioquímicos, método de diagnóstico para MC en aves silvestres en la literatura revisada

Especies	Resultados CK (U/L)	Resultados AST (U/L)	Valores de referencia para CK (U/L)	Valores de referencia para AST (U/L)	Autores
<i>Phoeniconaias minor</i>	96 019	4 349	130–1 143	105–415	McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	100 400	3 620	655.2 ± 21.8	117.6 ± 7.7	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
<i>Alectoris rufa</i>	14 597	ND*	205–1 105	ND*	Höfle et al. <sup>(19)</sup>
<i>Grus americana</i>	22 500	1 920	125–625	133–612	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
<i>Antigone canadensis tabida</i>	168 000	701	84–3 203	158–466	Businga et al. <sup>(18)</sup>
<i>Dromaius novaehollandiae</i>	ND*	3 250	ND*	80–380	Tully et al. <sup>(25)</sup>
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	23 680	898	93–525	26–80	Finlay y Jeske <sup>(23)</sup>
<i>Grus canadensis pulla</i>	ND*	>1 000	ND*	212–313	Carpenter et al. <sup>(26)</sup>

Creatina quinasa (CK)

Aspartato aminotransferasa (AST)

ND\*: No descrito en la literatura.

Cuadro 5. Hallazgos *post mortem* como método de diagnóstico para MC en aves silvestres

Especies	Muestras	Lesiones macroscópicas	Lesiones microscópicas	Autor(es)
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Músculo gastrocnemio	Tejido blanquecino en el músculo (75 % de su estructura)	Degeneración y necrosis de las miofibras con mineralización e hiper celularidad intersticial. Áreas con tejido conectivo fibroso denso y cicatrización del tejido.	Finlay y Jeske <sup>(23)</sup>
	Músculos pectorales profundos	Líneas blancas cerca de su inserción		
	Músculo cardíaco	Líneas blancas evidentes.	ND*	
<i>Grus canadensis pulla</i>	Iliotibial, gastrocnemio, crural lateral, medial y flexor, músculos femorotibiales	Tejido muscular pálido con líneas blanquecinas, de textura opaca, blanda y friable	Miofibras afectadas con sarcoplasma hialino, granular y flocular con pérdida de estriación, ligeramente mineralizadas y anucleadas. Miofibrillas necróticas.	Carpenter et al. <sup>(26)</sup>
<i>Dromaius novaehollandiae</i>	Músculo abductor de la cadera	Sangrado y ruptura muscular	Necrosis extensa de fibras musculares, con hialinización difusa. Degeneración granular, mineralización leve, infiltración de macrófagos, aumento de los núcleos de células sarcoplásmicas.	Tully et al. <sup>(25)</sup>
	Músculo crural lateral	Tejido pálido con enfisema en la fascia		
	Riñón	Focos dispersos de fibrosis y cambio intersticial cortical	Túbulos renales dilatados, con presencia de mineralización, regeneración tubular. Trombos fibrinosos en algunos vasos sanguíneos.	Tully et al. <sup>(25)</sup>
<i>Alectoris rufa</i>	Músculo esquelético <sup>&amp;</sup>	Apariencia de tejido muscular "cocido" con microhemorragias.	Cambios degenerativos en fibras musculares estriadas	Höfle et al. <sup>(19)</sup>
<i>Grus americana</i>	Músculos pectorales <sup>1</sup>	Hemorragias petequiales y equimóticas	Miofibrillas necróticas individuales, con carencia de estriaciones, aumento de volumen con degeneración hialina	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
	Músculos de las piernas <sup>&amp;1</sup>			
	Músculo esquelético <sup>&amp;</sup>	Tejido pálido con presencia de líneas blanquecinas.	Entre el 70 y el 90 % de las miofibras del músculo esquelético se observaron necróticas y regenerativas, con estrías intercaladas. Áreas altamente celulares, que contienen macrófagos, mioblastos y miofibras regenerativas. Las pocas fibras necróticas restantes se ven hialinizadas o fragmentadas, pero la mayoría se encuentran mineralizadas. Desorganización moderada y presencia de núcleos agrupados en el centro de las fibras regenerativas.	
	Músculo cardíaco	ND*	Focos de mineralización. Fibroplasia en el ventrículo izquierdo.	
	Músculos de las piernas <sup>&amp;</sup>	Palidez difusa y líneas pálidas	Casi el 100 % de las miofibras están afectadas en varios músculos, fibras necróticas difusas. Presencia de mineralización de fibras necróticas.	
	Músculos pectorales superficiales y profundos			
Riñón	ND*	Se observan gránulos citoplasmáticos en el epitelio tubular renal y necrosis multifocal aguda leve.		

ND\*: No descrito en la literatura, <sup>1</sup>Fijación de las muestras con formalina tamponada al 10 %, <sup>&</sup>No se describe el tipo de muestras.



### Tratamientos en aves con MC

La fluidoterapia es una estrategia para el tratamiento de la MC en aves. Se trata de administrar al animal una solución de electrolitos para mejorar su perfusión, ayudando a aumentar el volumen intravascular para abordar la hipotensión, la acidosis metabólica, la deshidratación y la mioglobinuria; todos ellos mecanismos fisiológicos que pueden contribuir a la miopatía. La solución de Ringer lactato es el fluido más utilizado en los estudios analizados en esta revisión (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Tratamientos para la CM en aves silvestres

	Fármacos	Dosis	Vía de administración	Intervalo	Autor(es)
Soluciones para infusión	Solución de Ringer lactato	10 mL/kg	EV, SC	TID	McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>
		ND*	EV, SC	BID	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
		ND*	VO	SID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
		1.5 L	EV	BID	Tully et al. <sup>(25)</sup>
	60 mL	EV	BID	Dunne y Miller <sup>(24)</sup>	
	Solución de cloruro de sodio (0.9% NaCl)	50 mL/kg	EV	Mantenimiento en 48 horas	Ward et al. <sup>(1)</sup>
Antiinflamatorios esteroidales	Dexametasona	2 mg/kg	IM, SC	SID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
		1–2 mg/kg	SC	BID	Businga et al. <sup>(18)</sup>
		0.5 mg/kg	IM	TID	Tully et al. <sup>(25)</sup>
		0.27 mg/kg	IM	ND*	Carpenter et al. <sup>(26)</sup>
Antiinflamatorios no esteroidales	Ketoprofeno	1 mg/kg	IM	SID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
	Meloxicam	0.1 mg/kg	VO	SID	Ward et al. <sup>(1)</sup>
	Piroxicam	0.5 mg/kg	VO	SID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
	Carprofeno	2.5 mg/kg	VO	BID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
Suplementos	Suplementos vitamínicos	0.8 mL/kg	VO	SID	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
	Vitamina E	0.1 mg/kg	IM	SID	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
		0.1 mg/kg	IM	SID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
		0.06 mg/kg	IM	SID	Businga et al. <sup>(18)</sup>
	Vitamina B12	0.25 mg/kg	IM	SID	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
		1 mg/kg	IM	SID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
	Selenio	0.1 mg/kg	IM	SID	Hurtado et al. <sup>(18)</sup>
		0.1 mg/kg	IM	ND	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
		0.06 mg/kg	IM	SID	Businga et al. <sup>(18)</sup>
		200 UI	VO	SID	Dunne and Miller <sup>(24)</sup>
Depresores del SNC	Haloperidol	0.2 mg/kg	VO	BID	McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>
	Diazepam	0.2 mg/kg	VO	SID	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
	Midazolam	1.5 mg/kg	IM	BID	Ward et al. <sup>(1)</sup>
	Metocarbamol	10 mg/kg	VO	SID	McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>
		50 mg	VO	SID	Dunne y Miller <sup>(24)</sup>
Control de pH	Bicarbonato de sodio	42 mg/kg	EV	Dosis única	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
		6 mEq/kg	EV	Repetir a las 3 horas	Tully et al. <sup>(25)</sup>

ND\*: No descrito en la literatura.

La vitamina E y el selenio son los antioxidantes más usados como profilaxis o para el tratamiento de la MC. Las vitaminas y los minerales ayudan a reducir los radicales libres en los tejidos musculares. Los radicales libres son producidos por el estrés oxidativo, que juega un papel central en la fisiopatología de la enfermedad. Como se muestra en el Cuadro 6, la vitamina E es una de las vitaminas empleadas con más frecuencia para este padecimiento y se ha administrado junto con selenio.

El tratamiento con fármacos depresores del sistema nervioso central (SNC) permite que el ave mantenga la calma suficiente como para ser manipulada y alimentada con regularidad. El metocarbamol es uno de los fármacos depresores más habituales para el tratamiento de MC. Este fármaco actúa como relajante muscular cuando los signos de miopatía no aumentan y mejora la regeneración funcional del músculo lesionado.

Haloperidol, diazepam y midazolam son algunos de los agentes más comunes para reducir el estrés fisiológico de las aves silvestres tras su captura y examen en el entorno clínico hospitalario (Cuadro 6). La administración intravenosa de bicarbonato de sodio es una de las terapias más utilizadas para el tratamiento de la acidosis metabólica en aves silvestres con MC (Cuadro 6). Esto se debe a que el bicarbonato de sodio ayuda a elevar el pH debido a la acumulación de ácido láctico.

La rehabilitación física desempeña un papel central en el tratamiento de la MC, porque restaura la fuerza, la coordinación y la función de los músculos. Para los diferentes tratamientos y métodos fisioterapéuticos descritos, junto con su duración e intervalos de ejecución en la literatura, vea el Cuadro 7. Uno de los métodos consiste en mantener a las aves en una pequeña jaula, impidiéndoles aletear o caminar, así disminuye su actividad muscular. Otros métodos consisten en un cabestrillo que puede ayudar a sostener al ave y evitar mayores lesiones. El cabestrillo facilita el manejo para la alimentación y la aplicación de tratamientos adecuados. Rogers et al.<sup>(27)</sup> ilustraron la fabricación de este implemento, que permite a las aves soportar su peso. Sin embargo, las patas, la cola, las puntas de las alas y la cloaca deben sobresalir por los agujeros para evitar que el ave aletee o ensucie su cabestrillo.

La fisioterapia es una estrategia terapéutica, no farmacológica, para fortalecer y acondicionar los músculos en aves con MC. El Cuadro 8 resume las técnicas utilizadas junto con la duración de cada terapia.

**Cuadro 7.** Tratamientos de rehabilitación para MC durante la recuperación de aves silvestres

Tratamiento	Duración de la terapia	Intervalo	Autores/año
Cabestrillo	30 minutos	QID	McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>
	15 minutos	BID	Ward et al. <sup>(1)</sup>
	1 hora	SID	Rogers et al. <sup>(27)</sup>
Reposo o descanso en jaula	ND*	ND*	Hurtado et al. <sup>(17)</sup>
	ND*	ND*	Rogers et al. <sup>(27)</sup>

ND\*: No descrito en la literatura.

**Cuadro 8.** Técnicas de fisioterapia para la recuperación de MC en aves silvestres

Fisioterapia	Duración de la terapia	Intervalo	Autores/año
Mantenimiento de pie y caminata asistida	10–15 minutos	BID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
Caminata asistida y movimientos pasivos en las extremidades inferiores	15 minutos	SID	Hanley et al. <sup>(20)</sup>
Caminata asistida, soporte de corvejones y movimiento pasivo de piernas	1–2 horas	SID	Businga et al. <sup>(18)</sup>
Masaje muscular con movimientos pasivos de flexión y extensión	5 minutos	BID	Dunne y Miller <sup>(24)</sup>
Ejercicio de pie (standing exercise) Sesión de natación	30 minutos 30 minutos	QID BID	McEntire y Sánchez <sup>(8)</sup>

## Discusión

La MC contribuye con una alta frecuencia a la muerte de fauna silvestre, lo cual tiene impactos en su conservación.<sup>(4)</sup> En este estudio se realizó una revisión sistemática de la literatura con el propósito de analizar, organizar y sintetizar de forma selectiva, información relevante en aves silvestres. Con la información recopilada, se describieron los signos clínicos asociados a la MC, además de los métodos diagnósticos por análisis bioquímico, hallazgos *post mortem* y de aquellos tratamientos que se emplearon en los diferentes estudios. Al revisar la literatura, la información fue limitada, no así para mamíferos, donde Hayes et al.<sup>(21)</sup> corrobora que, en estas especies la enfermedad sí se ha sido estudiado, lo que sugiere que la necesidad de investigar más sobre MC en aves.

La información taxonómica de las aves con diagnóstico de MC (Cuadro 2) reveló que ciertas familias y especies están sobrerrepresentadas. Los estudios se realizaron en países como EEUU y Australia. Hay poca información en América Latina, lo cual no significa que la enfermedad no esté presente en esta región. Con respecto a esto, McEntire y Sánchez<sup>(8)</sup> sugieren que las aves zancudas de patas largas son especialmente susceptibles a la MC, señalan casos en diferentes especies de flamencos, incluido el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*).

En los estudios de esta revisión, se señala que los signos clínicos más comunes de MC en aves silvestres son la incapacidad para incorporarse, ataxia, paresia y parálisis (Cuadro 3). Esto es consistente con los hallazgos de Ward et al.<sup>(1)</sup> quienes sugirieron que estos signos clínicos están asociados con una función muscular reducida por la cascada fisiológica iniciada por MC por hipertermia, glucólisis anaeróbica, acidosis metabólica, disminución de la perfusión tisular e hipoxia.<sup>(12)</sup> En la literatura consultada, el diagnóstico *ante mortem* de MC en aves silvestres, se lleva a cabo mediante la evaluación de la anamnesis, los signos clínicos y la concentración de enzimas musculares. Como se muestra en el Cuadro 4, los niveles de CK y AST se han utilizado tradicionalmente para diagnosticar trastornos o lesiones musculares.

Hanley et al.<sup>(20)</sup> indican que aunque la evaluación bioquímica de las enzimas musculares es útil para el diagnóstico, no parece valiosa para el pronóstico, ya que los valores de las enzimas tarda hasta semanas en volver a los rangos de referencia normales. La cascada fisiológica de la MC se inicia mediante un aumento de las contracciones musculares y la acumulación de ácido láctico durante la captura, un

proceso, que en última instancia, conduce a la lisis celular y la liberación de CK y AST en la sangre.<sup>(28)</sup> Los niveles elevados de estas enzimas en la sangre indican cierto índice de daño muscular en mamíferos y aves.<sup>(29)</sup> En concordancia con esto, los análisis bioquímicos indican niveles elevados de CK y AST en las especies estudiadas, en comparación con los niveles fisiológicos.

West et al.<sup>(30)</sup> destacan la importancia del diagnóstico *post mortem* por necropsia e histopatología. Los hallazgos *post mortem* incluyen renomegalia con presencia de color rojo oscuro en los riñones, así como una vejiga vacía o con un líquido café-rojizo. Los músculos flexores y extensores de los miembros posteriores se observan suaves, pálidos y secos, con focos centrales blancos, una señal de necrosis muscular, signo característico de MC.<sup>(31)</sup> Las manifestaciones subagudas o crónicas de MC se distinguen por la proliferación del sarcolema, la regeneración muscular y la fibrosis.<sup>(12, 32)</sup>

El tratamiento de la MC es complejo debido a la naturaleza multifactorial de la enfermedad. Involucra la administración temprana de fluidoterapia, antiinflamatorios esteroidales y no esteroidales, bicarbonato de sodio, vitamina E y selenio (Cuadro 6). La vitamina E combinada con selenio ayuda a reducir los radicales libres en el músculo. Por ejemplo, Paterson et al.<sup>(32)</sup> reportaron una asociación entre la sobrevivencia de codorniz de Virginia (*Colinus virginianus*) y el tratamiento con vitamina E y selenio después de la captura. Ciertos depresores del SNC como el diazepam, también se han utilizado como soporte y terapia en aves que se han recuperado de MC. El diazepam es una benzodiazepina que reduce el estrés cuando se aplica en dosis bajas.

Hurtado et al.<sup>(17)</sup> han destacado que las benzodiazepinas son particularmente útiles durante las etapas finales de rehabilitación de aves marinas. Las benzodiazepinas ayudan también a disminuir el estrés fisiológico asociado con el proceso de regurgitación y las lesiones autoinfligidas en el ambiente clínico hospitalario donde se encuentra el paciente. El haloperidol, el midazolam y el metocarbamol tienen cierta efectividad para tartar la MC en aves silvestres. McEntire y Sánchez<sup>(8)</sup> destacan la importancia de usar estos tranquilizantes para mantener a las aves lo suficientemente calmadas como para ser manipuladas y alimentadas regularmente con un tubo esofageal durante su recuperación. La eficacia de estos fármacos es variable y depende de la dosis administrada y la especie. Además, el éxito del tratamiento también se relaciona con el cuidado inicial después del desarrollo de la enfermedad clínica y del soporte intensivo durante la fase de recuperación.

Se necesita un protocolo de tratamiento para aves silvestres diagnosticadas con MC admitidas en centros de rehabilitación de fauna. En este estudio proponemos el desarrollo de una línea base enfocada en el control del estrés, minimizar el manejo y utilizar depresores del SNC para generar relajación muscular mientras se recupera durante la fase de hospitalización. El curso de la recuperación del paciente debe manejarse con una combinación de terapias, incluido el tratamiento de la causa de la patología, así como el uso de fluidoterapia; por ejemplo, solución de Ringer lactato, antiinflamatorios, suplementos con vitamina E y selenio.<sup>(18, 20, 21, 24)</sup>

El reposo en jaula con un cabestrillo ayuda a inmovilizar al individuo y prevenir las contracciones musculares, lo que contribuye a la recuperación (Cuadro 7). La fisioterapia (Cuadro 8), las compresas y los movimientos de flexión y extensión en las extremidades posteriores ayudan aún más a que el ave recupere masa muscular e inicie su recuperación hasta que sea liberada.<sup>(8, 18, 20, 24)</sup>

## Conclusiones

La MC en aves silvestres es una enfermedad compleja desde el punto de vista clínico, diagnóstico y terapéutico, con una etiología multifactorial, que a menudo se presenta en la práctica clínica de aves. Los especialistas en vida silvestre deben ser conscientes de la compleja naturaleza de la enfermedad y de los desafíos que implica diagnosticarla y tratarla. Se debe adoptar una actitud preventiva, especialmente en aves de las familias *Scolopacidae*, *Gruidae* y *Anatidae*, donde se tiene el grueso de las descripciones sobre la enfermedad. Los signos clínicos asociados con la MC no siempre advierten sobre la enfermedad. Sin embargo, su identificación es importante para un diagnóstico correcto, que debe realizarse considerando los signos clínicos y los análisis bioquímicos sanguíneos.

La respuesta de estrés de las aves a la captura y la manipulación es un factor preponderante en el desarrollo de la MC. Por lo tanto, disminuir las reacciones de estrés ayudaría a prevenir la enfermedad. Los indicadores enzimáticos en sangre son una herramienta de diagnóstico patológico clínico para evidenciar si un individuo está afectado. En las aves, en el diagnóstico *post mortem* que determina MC se examinan los músculos pectorales, gastrocnemios y de las extremidades inferiores. Las lesiones macroscópicas más frecuentes se asocian con cambios en la coloración del tejido muscular y con la observación de áreas hemorrágicas. También se detallan lesiones microscópicas en las fibras del músculo esquelético, que pueden progresar a necrosis y pérdida de la conformación estructural del músculo y los órganos.

El tratamiento de la CM es complejo y requiere un enfoque integral. Debe incluir medidas preventivas, así como diferentes manejos, medicamentos y fisioterapia. La información en la literatura sobre MC en aves silvestres es escasa y la mayoría de los datos publicados provienen de EEUU y Australia. Hay pocos estudios en América Latina. Esta revisión sistemática proporciona una base de información para investigaciones futuras y podría ser empleada como material de referencia para estudiantes, profesionales y centros de rehabilitación de fauna silvestre.

## Disponibilidad de los datos

Todos los datos relevantes están contenidos en el documento.

## Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés con respecto a esta publicación.

## Contribuciones de los autores

Conceptualización: A Vera, C Santibáñez, L Azócar-Aedo, C Valencia-Soto.

Curación de datos: A Vera, C Santibáñez, L Azócar-Aedo, C Valencia-Soto.

Análisis formal: A Vera, C Santibáñez, L Azócar-Aedo, C Valencia-Soto.

Metodología: A Vera, C Santibáñez, L Azócar-Aedo, C Valencia-Soto.

Supervisión: C Santibáñez, L Azócar-Aedo, C Valencia-Soto.

Validación: C Santibáñez, L Azócar-Aedo, C Valencia-Soto.

Escritura del manuscrito: A Vera, C Santibáñez, L Azócar-Aedo, C Valencia-Soto.

Escritura–revisión y edición: C Santibáñez, L Azócar-Aedo.

## Referencias

1. Ward J, Gartrell B, Conklin J, Battley P. Midazolam as an adjunctive therapy for capture myopathy in Bar-tailed Godwits (*Limosa lapponica baueri*) with prognostic indicators. *Journal of Wildlife Diseases*. 2011;47(4):925–935. doi: 10.7589/0090-3558-47.4.925.
2. Suárez Y. Parámetros morfológicos y fisiológicos de aves Passeriformes y mortalidad de la fauna silvestre ingresada al CAV (Centro de atención y valoración) de la CVS [Undergraduate thesis]. Montería, Colombia: Universidad de Córdoba; 2022.
3. Vila L. Midazolam on restraint induced stress in wild birds [Master thesis]. Goiânia, Brazil: Universidade Federal de Goiás; 2015.
4. Breed D, Meyer L, Steyl J, Goddard A, Burroughs R, Kohn T. Conserving wildlife in a changing world: understanding capture myopathy—a malignant outcome of stress during capture and translocation. *Conservation Physiology*. 2019;7(1). doi: 10.1093/conphys/coz027.
5. Dai W, Feng K, Sun X, Xu L, Wu S, Rahmand K, Jia D, Han T. Natural products for the treatment of stress-induced depression: pharmacology, mechanism, and traditional use. *Journal of Ethnopharmacology*. 2022;285. doi: 10.1016/j.jep.2021.114692.
6. Obando-Calderón G, Acosta-Chaves V, Camacho P, Elizondo P, Montoya M, Oviedo S, Saénz Y. Aves en problemas. Las causas, cuándo y cómo ayudarlas. *Zeledonia*. 2014;18(1):1–26.
7. Bedotti D, Mereb G, Fort M, Miranda A, Esain F. Miopatía post captura en ciervo colorado. *Boletín de Divulgación Técnica, EEA Anguil*. 2004;79:130–134.
8. McEntire M, Sánchez C. Multimodal drug therapy and physical rehabilitation in the successful treatment of capture myopathy in a lesser flamingo (*Phoeniconaias minor*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*. 2017;31(3):232–238. doi: 10.1647/2015-128.
9. Sierra E. Miopatía por estrés–síndrome de varamiento activo en cetáceos. Acta de la XXVIII Reunión de la SEAPV. Córdoba, Argentina: Sociedad Espa-

- ñola de Anatomía Patológica Veterinaria. 2016. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/14907>
10. Hauer G. Capture myopathy. In: Bison Producers from Alberta. 2001. <https://www.bisoncentre.com/resources/resource-library/advanced-bison-information-producers/diseases-bison/capture-myopathy/>
  11. Ushine N, Michishita M, Machida Y, Enomoto T, Sakai T, Kato T, Hayama S. Clinical examination and necropsy findings of a mountain hawk-eagle (*Nisaetus nipalensis*) that died during rehabilitation. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2023;85(1):88 Sociedad Española de Anatomía Patológica Veterinaria 91. doi: 10.1292/jvms.22-0333.
  12. Spraker T. Stress and capture myopathy in artiodactyls. In: E Miller, editor. *Zoo and Wild Animal Medicine. Current Therapy*. Philadelphia, Pennsylvania: WB Saunders Company; 1993.
  13. Vanholder R, Sever M, Ereke E, Lameire N. Rhabdomyolysis. Review. *Journal of the American Society of Nephrology*. 2000;11(8):1553. doi: 10.1681/ASN.V1181553.
  14. Hernández R, Fernández C, Baptista M. *Metodología de la Investigación*. 6a ed. DF, México: Mac Graw Hill Education/Interamericana; 2014. 632 pp.
  15. Bobenrieth M. Lectura crítica de artículos originales en salud [Electronic resource]. *Medicina de Familia*. 2001;2:81–90.
  16. Page M, McKenzie J, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann T, Mulrow C, Shamseer L, Tetzlaff J, Akl E, Brennan S, Chou R, Glanville J, Grimshaw J, Hróbjartsson A, Lalu M, Li T, Loder E, Mayo-Wilson E, McDonald S, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
  17. Hurtado H, Egert R, Poltronieri Santos, A, Rossi do Nascimento R, Silva I, Aragão IN, Thijl RE. Successful treatment of capture myopathy and satellite transmitter injury in an Atlantic yellow-nosed albatross (*Thalassarche chlororhynchos*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*. 2021;35(2);210. doi: 10.1647/20-00024.
  18. Businga N, Langenberg J, Carlson L. Successful treatment of capture myopathy in three wild greater sandhill cranes (*Grus canadensis tabida*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*. 2007;21(4):294–298. doi: 10.1647/2005-013R1.1.
  19. Höfle U, Millá J, Gortázar C, Buenestado F, Marco I, Villafuerte R. Self-injury and capture myopathy in net-captured juvenile red-legged partridge with necklace radiotags. *Wildlife Society Bulletin*. 2004;32(2):344–350. doi: 10.2193/0091-7648(2004)32[344:SACMIN]2.0.CO;2.
  20. Hanley C, Thomas N, Paul-Murphy J, Hartup B. Exertional myopathy in whooping cranes with prognostic guidelines. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2005;36(3):489–497. doi: 10.1638/04-047.1.
  21. Hayes M, Hartup B, Pittman J, Barzen J. Capture of sandhill cranes using alpha-chloralose. *Journal of Wildlife Diseases*. 2003;39(4):859–868. doi: 10.7589/0090-3558-39.4.859.
  22. Rogers D, Battley P, Sparrow J, Koolhaas A, Hassell C. Treatment of capture myopathy in shorebirds: a successful trial in Northwestern Australia. *Journal of Field Ornithology*. 2004;75(2):157–164. doi: 10.1648/0273-8570-75.2.157.
  23. Finlay M, Jeske C. Capture myopathy in a captive Black-bellied whistling duck. *Wildfowl*. 1997;48(48):181–185.

24. Dunne R, Miller E. Successful treatment of a Canada goose (*Branta canadensis*) with presumed capture myopathy. Ten International effects of oil on Wildlife Conference. Tallinn, Estonia; 5–9 October 2009.
25. Tully T, Hodgins C, Morris J, Williams J, Zebrenik B. Exertional myopathy in an Emu (*Dromaius novaehollandiae*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*. 1996;10(2):96–100.
26. Carpenter J, Thomas N, Reeves S. Capture myopathy in an endangered sandhill Crane (*Grus canadensis pulla*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 1991;22(4):488–493.
27. Rogers D, Battley F, Sparrow J, Koolhaas A, Hassell C. Treatment of capture myopathy in shorebirds: a successful trial in northwestern Australia. *Journal of Field Ornithology*. 2004;75(2):157–164. doi: 10.1648/0273-8570-75.2.157.
28. Bollinger T, Wobeser G, Clark R, Nieman D, Smith J. Concentration of creatine kinase and aspartate aminotransferase in the blood of wild mallards following capture by three methods for banding. *Journal of Wildlife Diseases*. 1989;25(2):225–231. doi: 10.7589/0090-3558-25.2.225.
29. Franson J, Murray H, Bunck C. Enzyme activities in plasma, kidney, liver, and muscle of five avian species. *Journal of Wildlife Diseases*. 1985;21(1):33–39. doi: 10.7589/0090-3558-21.1.33.
30. West G, Heard D, Caulkett N. Capture myopathy. In: G West, D Heard, N Caulkett, editors. *Zoo animal and wildlife Immobilization and anesthesia*. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons Inc; 2014.
31. Blumstein D, Buckner J, Shah S, Patel S, Alfaro M, Natterson-Horowitz B. The evolution of capture myopathy in hooved mammals: a model for human stress cardiomyopathy. *Evolution, Medicine, and Public Health*. 2015;1:195–203. doi: 10.1093/emph/eov015.
32. Paterson J. Capture myopathy. In: G West, D Heard, N Caulkett, editors. *Zoo Animal and Wildlife Immobilization and Anesthesia*. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons; 2014.