



Universidad de Valladolid



Universidad de Valladolid

Facultad de
Ciencias de la Salud
de Soria

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Rabdomiólisis Inducida por el Ejercicio y Tratamiento. Revisión Bibliográfica Narrativa.

Autora: Yaiza Raquel Betancort Richey

Tutor: Francisco J. Navas Cámara

En Soria a 11 de diciembre del 2019

INDICE DEL TEXTO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Etimología y contexto histórico.....	7
1.2. Definición y epidemiología	7
1.3. Etiología.....	8
1.4. Fisiopatología	9
1.5. Complicaciones	11
1.6. Rabdomiólisis inducida por el ejercicio.....	12
1.6.1. Definición y epidemiología	12
1.6.2. Presentación clínica.....	13
1.6.3. Diagnóstico de laboratorio	14
1.6.4. Tratamiento y prevención.....	16
1.6.4.1. Tratamiento médico	16
1.6.4.2. Tratamiento fisioterápico y prevención	17
1.7. Justificación.....	17
2. OBJETIVOS	18
3. MATERIAL Y MÉTODOS	18
3.1. Estrategias de búsqueda bibliográfica.....	18
3.2. Criterios de inclusión y exclusión	19
3.2.1. Criterios de inclusión:	19
3.2.2. Criterios de exclusión:	19
3.3. Resultados de la búsqueda.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Rehabilitación.....	22
4.1.1. Tipos de estudio.....	22
4.1.2. Participantes	22
4.1.3. Ejercicio detonante	23
4.1.4. Valoración.....	23
4.1.5. Tratamiento.....	23
4.1.5.1. Inicio del tratamiento y duración	24
4.1.5.2. Progresión del tratamiento	26
4.1.5.3. Tipo de tratamiento y ejercicios	26
4.1.5.4. Otros matices para tener en cuenta	28
4.1.6. Seguimiento	28
4.2. Pautas para el retorno a la actividad y medidas preventivas	29
4.2.1. Educación.....	29
4.2.2. Componentes de los programas de ejercicios.....	29
4.2.3. Factores ambientales.....	30
4.2.4. Factores genéticos.....	31

4.2.5. Enfermedades infecciosas.....	32
4.2.6. Alimentación e hidratación	33
4.3. Prácticas deportivas o actividades que han cursado con ER	34
4.4. Limitaciones de los estudios.....	35
5. CONCLUSIONES.....	36
6. BIBLIOGRAFÍA.....	37
7. ANEXOS	40
7.1. ANEXO 1	40
7.2. ANEXO 2	41
7.3. ANEXO 3	44
7.4. ANEXO 4	45
7.5. ANEXO 5	48

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 Clasificación de rabdomiólisis según su etiología.....	09
Tabla 2 Complicaciones de rabdomiólisis.....	11
Tabla 3 Factores de riesgo de rabdomiólisis inducida por el ejercicio.....	12
Tabla 4 Factores que pueden incrementar el riesgo de rabdomiólisis inducida por el ejercicio.....	13
Tabla 5 Resultados de la búsqueda realizada.....	20
Tabla 6 Comparaciones entre los distintos tratamientos y protocolos para la rabdomiólisis inducida por el ejercicio.....	24
Tabla 7 Guía para retomar la práctica deportiva en pacientes con (o sospecha de) alguna alteración genética en general.....	32
Tabla 8 Recomendaciones de reposición de líquidos antes, durante y después del ejercicio.....	34
Figura 1 Fisiopatología de la rabdomiólisis.....	10
Figura 2 Diagrama de flujo de la obtención y selección de bibliografía.....	21
Figura 3 Diagrama de barras de actividades causantes de ER.....	35

ABREVIATURAS

ABD	Abducción
ATP	Adenosín trifosfato
AVD	Actividades de la vida diaria
BO	Bibliografía obtenida
BP	Bibliografía preseleccionada
BS	Bibliografía seleccionada
BUN	<i>Blood urea nitrogen</i> (nitrógeno ureico en sangre)
BWT	<i>Body weight</i> (peso corporal)
CK	Creatina quinasa
DH	<i>Downhill walking/running</i> (deambulación/carrera cuesta abajo)
DMAR	Dolor muscular de aparición retardada
EEII	Extremidades inferiores
EES	Extremidades superiores
EEUU	Estados Unidos
EOR	Especies de oxígeno reactivo
ER	Rabdomiólisis inducida por el ejercicio
HRmax	<i>Maximum heart rate</i> (frecuencia cardiaca máxima)
HRR	<i>Heart rate reserve</i> (frecuencia cardiaca de recuperación)
HRrest	<i>Resting heart rate</i> (frecuencia cardiaca de reposo)
IRA	Insuficiencia renal aguda
IV	Intravenosa
LSD	Dietilamida del ácido lisérgico
Mb	Mioglobina
[MESH]	Término MeSH
NCAA	<i>National Collegiate Athletic Association</i>
[PDAT]	Fecha de publicación
reps	Repeticiones
1RM	1 repetición máxima
10RM	10 repeticiones máximas
ROM	<i>Range of motion</i> (rango de movimiento)
ROS	<i>Reactive oxygen species</i>
RYR1	Receptor de la rianodina 1
SCN4A	Canales de sodio dependiente de voltaje tipo IV alfa
SOS	“Señal de socorro”
tto	Tratamiento
UA	Análisis de orina
WT	Entrenamiento de pesas

RESUMEN

Introducción. La rhabdomiólisis inducida por el ejercicio (ER) es un síndrome clínico y bioquímico resultado de una actividad física extenuante, la cual se manifiesta tras la ruptura rápida del músculo esquelético y, por consiguiente, la liberación de su contenido intracelular al espacio extracelular y al torrente sanguíneo. Signos y síntomas incluyen mialgia, debilidad muscular, coloración oscura de orina, así como valores elevados de creatina quinasa (CK). La severidad de este síndrome depende de las características de cada individuo. Si no es diagnosticada rápidamente, las complicaciones más graves pueden ser insuficiencia renal aguda (IRA), coagulopatía intravascular diseminada, fallo multiorgánico, síndrome compartimental, y en el peor de los casos, la muerte, y si no se trata bien, puede recidivar.

Justificación y objetivos. Con el auge del ejercicio físico, sobre todo de aquellas disciplinas de intensidades altas que pueden desarrollar ER (maratones, levantamiento de pesas, *Cross-Fit*, etcétera), es importante conocer protocolos o guías tanto para su tratamiento y prevención, como para la reinserción en la práctica deportiva/profesional. El objetivo de este trabajo ha sido revisar la literatura científica disponible acerca del tratamiento fisioterápico de ER.

Material y métodos. Se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos (*Medline/PubMed*, *Cochrane Library*, *PEdro*, *SciELO* y *Scopus*), a partir de la combinación de las palabras clave “*rhabdomyolysis*” “*exertional rhabdomyolysis*” “*strenuous military training*” “*army*” “*physical therapy*” “*physiotherapist*” “*rehabilitation*” “*treatment*” “*therapy*” “*return to physical activity*” “*return to play*”. El trabajo se ha basado en 28 artículos y 2 libros/manuales, todos obtenidos o bien, a partir de las estrategias de búsqueda, o bien de la técnica de “Bola de nieve”.

Resultados y discusión. Pese a las limitaciones presentes en los estudios, se han podido ver 4 programas o guías de tratamiento/reincorporación a la actividad. Cada una con un inicio de intervención distinta, así como compuesta de fases y duraciones distintas. El tipo de ejercicio llevado a cabo también varía, comenzando en algunos de los casos con cinesiterapia pasiva/activa, o bien con terapia acuática para posteriormente progresar al terreno terrestre.

Conclusión. El tratamiento de la ER es multidisciplinar y se puede evitar con una buena prevención antes, durante y después de la práctica deportiva. Los programas de ejercicios deben ser individualizados, moderados y progresivos, evitando cargas intensas y contracciones excéntricas excesivas hasta haber conseguido una buena condición física.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Etimología y contexto histórico

El término “rabdomiólisis” proviene de la combinación de tres términos griegos: *rabdo-* “estriado”, *myo-* “músculo”, y *lysis-* “descomposición”; de ahí se obtiene, en resumen, en qué consiste dicho cuadro clínico, muerte celular de las fibras musculares esqueléticas.

Una de las primeras referencias documentadas de rabdomiólisis, se cree que está en el Antiguo Testamento, donde se relata la intoxicación de los judíos en éxodo por ingesta de codornices. Dichas aves consumen en primavera durante su migración, una hierba que se considera tóxica para el ser humano, denominada cicuta (*conium maculatum*), la cual generalmente causa rabdomiólisis^{1,2}. Otra posible aparición, es en el año 399 a.C., donde se cree que la muerte de Sócrates podría haber sido por la ingesta de varias sustancias venenosas (incluyendo cicuta)¹.

La primera descripción médica se redacta en 1908 tras un terremoto/tsunami en el sur de Italia. Tres médicos describieron el fenómeno del síndrome de aplastamiento, pero fue un cirujano italiano quien además citó la manifestación de shock y uremia junto a las lesiones traumáticas¹. En 1941, nombran por primera vez la liberación de mioglobina (Mb) al torrente sanguíneo tras una lesión traumática (en víctimas que quedaron sepultadas bajo escombros tras el bombardeo en Londres en 1940)^{1,2}. Y finalmente en 1946, es cuando se usa el término de rabdomiólisis por primera vez³. A partir de esta fecha casi todas las investigaciones abarcando este tema se centran en el personal militar⁴. Sin embargo, a principios del siglo XXI, con el auge de la práctica deportiva aparecen otros estudios enfocados, no solo sobre el ámbito militar, sino también sobre deportistas, tanto de competición como amateur³.

1.2. Definición y epidemiología

No existe un consenso en cuanto a la definición de rabdomiólisis, pero se describe como un síndrome clínico y bioquímico que se manifiesta tras la ruptura rápida del músculo esquelético, y, por consiguiente, la liberación de su contenido intracelular al espacio extracelular y al torrente sanguíneo^{1,5}. Para diagnosticar a un sujeto con rabdomiólisis, los valores “anormales” de creatina quinasa (CK) no están aún bien definidos, puesto que, dependiendo del tipo de rabdomiólisis, la concentración puede variar. Los valores normales de CK para hombres oscilan entre 52-336 IU/L y para mujeres entre 38-176 IU/L⁶. En 2016 se llevó a cabo una revisión sistemática donde se observó la gran variabilidad de definiciones y se constató que la mayoría de los autores la diagnosticaban cuando los niveles de CK

excedían cinco veces el valor superior normal (>1000 IU/L)⁷; otra referencia sitúa el umbral diagnóstico en valores de CK entre cinco y diez veces mayor del valor superior normal^{1,3,7}; y otra en valores superiores a 50 000 IU/L⁸. Valores elevados de CK, se suelen acompañar de sintomatología muscular (mialgia, debilidad y/o inflamación) y presencia de orina de una coloración oscura (roja-marrón/“Coca-Cola”/té) por mioglobinuria^{1,3,5,7,8}.

Para entender bien el tema que nos ocupa es importante definir los siguientes términos: rabdomiólisis, lesión por aplastamiento, síndrome compartimental o síndrome por aplastamiento, mialgia o miositis¹:

- Rabdomiólisis: daño a células o fibras musculares estriadas.
- Lesión por aplastamiento: engloba todas aquellas lesiones como resultado del aplastamiento de alguna región del cuerpo.
- Síndrome compartimental: consecuencias del aumento de presión dentro de uno o varios compartimentos musculares (con presencia o no de rabdomiólisis), generando interrupción local de la circulación y lesión isquémica nerviosa o muscular.
- Síndrome por aplastamiento: resultados complejos fisiopatológicos como consecuencia de una rabdomiólisis severa afectando principalmente a ambos riñones y el proceso de coagulación.
- Mialgia: dolor o fatiga muscular sin aumento de CK.
- Miositis: proceso inflamatorio que incluye síntomas musculares y aumento de CK, pero no llegando a ser superior a 5-10 veces los valores normales.

Las cuatro primeras situaciones pueden llegar a manifestarse a la vez o derivar la una de la otra.

La cifra exacta de la incidencia de rabdomiólisis es difícil de determinar, debido a que, en ocasiones, cuando no es tan severa y cursa de forma asintomática (solo con elevación de CK), pasa desapercibida¹. Aun así, se han descrito una media de 26 000 casos al año en Estados Unidos (EEUU)^{1,9}. Se han identificado varios grupos de riesgo: pacientes con obesidad mórbida, usuarios crónicos de drogas hipolipemiantes y pacientes postoperatorios⁷.

1.3. Etiología

Una lesión muscular por traumatismo directo es la causa más común de rabdomiólisis, como puede ser el caso de accidentes de coches o víctimas de derrumbes de edificios. Sin embargo, existen diversos tipos de clasificación: según el mecanismo lesional (hipóxico, físico, químico o biológico)¹; atendiendo al agente causal (traumatismo físico,

agotamiento energético o miotoxicidad)²; siendo la forma más sencilla de clasificación la que distingue entre la rhabdomiólisis adquirida y la hereditaria⁷ (Tabla 1).

Tabla 1 Clasificación de rhabdomiólisis según su etiología. Traducido de Chavez et al.⁷.

TIPO	CAUSA	EJEMPLOS
Adquiridos	Trauma	Síndrome de aplastamiento/compresión
	Agotamiento	Actividad muscular intensa, agotamiento energético, desequilibrio de electrolitos
	Isquemia	Inmovilización, compresión, trombosis
	Drogas ilícitas	Cocaína heroína, dietilamida de ácido lisérgico (LSD)
	Alcohol	Consumo agudo o crónico
	Fármacos	Dependiente de dosis, interacción múltiple
	Infecciones	Bacteriana, viral o parasitaria
	Temperaturas extremas	Hipertermia, hipotermia, síndrome neuroléptico maligno
	Endocrinopatías	Hiper/hipotiroidismo, complicaciones diabéticas
	Toxinas	Picadura de avispas, veneno de serpiente, picadura de araña
Hereditarios	Miopatías metabólicas	Almacenamiento de glucógeno, ácidos grasos, trastorno mitocondrial
	Miopatías estructurales	Distrofinopatías, disferlinopatías
	Mutaciones en los genes de canales	Mutación del gen RYR1, mutación del gen SCN4A
	Otros	Mutación del gen Lipin-1, anemia drepanocítica, “rhabdomiólisis por esfuerzo benigno”

1.4. Fisiopatología

Independientemente de la causa generadora de la destrucción muscular, todas llevan al mismo camino fisiopatológico. La célula muscular o bien sufre una lesión directa en su membrana o sufre un agotamiento de energía que lleva a la entrada de calcio ionizado al espacio intracelular. Esto produce una interacción patológica entre la actina y la miosina, así como la activación de proteasas y vías apoptóticas^{1,7}. Es la producción de especies de oxígeno reactivo (EOR, o por sus siglas en inglés, ROS “Reactive Oxygen Species”) lo que conduce a la disfunción mitocondrial y finalmente a la muerte celular⁷ (Figura 1).

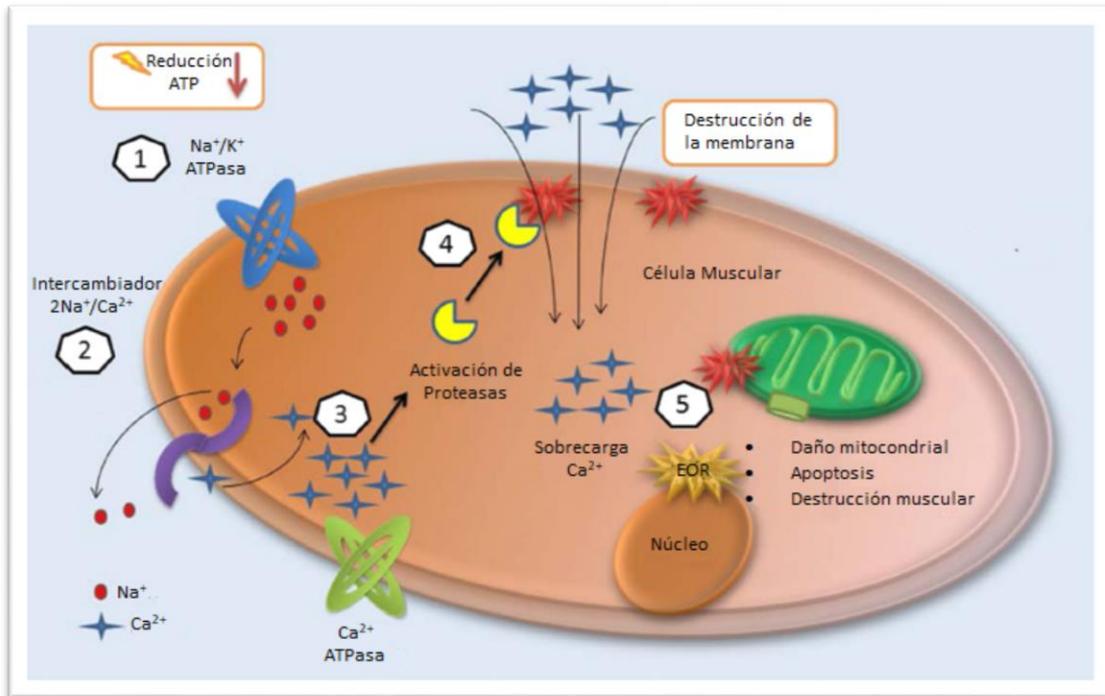


Figura 1 Fisiopatología de la rabdomiólisis (Modificado de Chavez et al.)⁷.

La homeostasis de la célula muscular se lleva a cabo gracias a las proteínas transmembrana (transportadores primarios activos, dependientes de energía). Cuando el adenosín trifosfato (ATP) se agota, la bomba ATPasa Na⁺/K⁺ falla y produce un aumento de concentración de Na⁺, provocando a su vez la activación del intercambiador 2Na⁺/Ca²⁺ con el fin de regular las anomalías iónicas. Como consecuencia, la concentración de Ca²⁺ intracelular se encuentra aumentada y debido al agotamiento de energía, la bomba ATPasa Ca²⁺ de la membrana plasmática es incapaz de transportarlo desde el citoplasma hacia el espacio extracelular o hacia el retículo sarcoplásmico. Ese aumento de Ca²⁺ intracelular, y, por consiguiente, la activación de proteasas (como la enzima fosfolipasa A₂) que destruye la membrana celular, facilitan la entrada más Ca²⁺. La sobrecarga de Ca²⁺ intracelular altera la integridad de la mitocondria y favorece la liberación de especies reactivas de oxígeno⁷ y de proteínas pro-apoptóticas del compartimento intermembranal hasta el citosol¹⁰. Tras la necrosis celular muscular, toda esta vía de destrucción hace que se liberen, al espacio extracelular y al torrente sanguíneo, metabolitos intracelulares como potasio, fosfatos y uratos; además de proteínas intracelulares como Mb, CK, aldolasa, deshidrogenasa láctica^{1,11}. Esto genera daño a nivel de los capilares y como resultado, la salida de líquido del espacio intravascular al líquido intersticial, causando edema, isquemia y anomalías electrolíticas que perpetúan el ciclo de la muerte celular⁷.

En condiciones normales la Mb se une a globulinas plasmáticas, sin embargo, lesiones de tejido muscular de apenas 100 g pueden saturar esta capacidad de unión, facilitando su transporte hasta el filtrado glomerular (sobre todo en entornos ácidos)

causando obstrucción tubular y daño renal grave. El músculo esquelético supone en torno al 40 % del peso corporal, por eso llegar a desencadenar rhabdomiólisis no es tan difícil cuando solo se necesitan unos 100 g para desequilibrar la capacidad de unión de la Mb¹.

1.5. Complicaciones

Los miocitos sufren daño metabólico y traumático, teniendo efecto tanto a nivel local (músculo), como a nivel sistémico. La complicación más común y peligrosa de la liberación de contenido intracelular, como ya se ha descrito anteriormente, es la insuficiencia renal aguda (IRA)^{1-3,12,13}, siendo menor su incidencia cuando el ejercicio es el factor detonante¹². Un estudio sobre una población militar con rhabdomiólisis inducida por el ejercicio (n=1203), describió cómo el porcentaje de aparición de daño renal era del 8%; mientras que otro sobre la población civil con rhabdomiólisis debido a causas diversas (n=475), era del 46%⁸. Otras referencias sitúan el porcentaje entre 10-55%^{1,7} (Tabla 2).

Tabla 2 Complicaciones de rhabdomiólisis. Elaboración propia.

COMPLICACIONES	
Alteración en órganos	Insuficiencia renal aguda ^{1-4,9,12-14}
	Insuficiencia hepática ^{3,12,14}
Alteraciones hematológicas	Trastornos de coagulación ²
	Coagulación intravascular diseminada ^{1,3,12,13}
	Síndrome compartimental ^{4,12-14}
Alteraciones electrolíticas ^{1,2,14}	Hiperuricemia ^{3,12}
	Hiperpotasemia ^{3,12,13}
	Hiperfosfatemia ^{12,13}
	Hipercalcemia ¹³
	Hipocalcemia ^{12,13}
	Acidosis metabólica ²
Alteraciones cardiacas	Arritmias cardiacas ^{3,9,14}
	Arritmias por hiperpotasemia ¹²
	Insuficiencia cardiaca ¹⁴
	Paro cardiaco ⁴
	Hipovolemia ^{2,13}
Muerte ^{4,9,14,15}	

1.6. Rbdomiólisis inducida por el ejercicio

1.6.1. Definición y epidemiología

La ER se define igual que la rbdomiólisis, pero añadiendo la puntualización de que el daño muscular es resultado de la práctica de una actividad física, que por lo general es extenuante. En la tabla 3 se exponen algunos factores de riesgo que, acompañados a dicha actividad física, podrían dar lugar a este tipo de rbdomiólisis. En la mayoría de los casos, parece ser que las alteraciones relacionadas con el calor (como las insolaciones) son las causas principales de ER⁵. Eichner¹⁶ narra que solo existe una causa común “*too much, too fast, too soon of an exercise too novel*”, su traducción sería “demasiado ejercicio, demasiado rápido, demasiado pronto y demasiado novedoso”.

Tabla 3. Factores de riesgo de rbdomiólisis inducida por el ejercicio. Elaboración propia.

FACTORES DE RIESGO	
Relacionadas con el deporte	Ejercicio extremo/alta intensidad ^{3,5,8,11,14}
	Ejercicio nuevo/no acostumbrado en atletas entrenados ^{2,3,6,9,11}
	Ejercicio excesivo/agotador ^{9,11} / Ejercicio prolongado ^{5,11,14}
	Ejercicio repetitivo ^{5,9,11}
	Modificaciones repentinas del ejercicio ^{6,9}
	Ejercicio de resistencia aeróbico ^{3,6} / anaeróbico ³
	Contracciones excéntricas ^{3,5,6,8,9,14}
Relacionadas con características individuales	Ejercicio que incida sobre grandes masas musculares ¹²
	Individuos con poco/sin acondicionamiento físico ^{2,3,5,6,8,14}
	Adultos jóvenes ⁵
	Sexo masculino ^{5,6,14}
Relacionadas con enfermedades/ alteraciones/ infecciones	Etnicidad Africana ⁸
	Individuos con anemia, elevación IL-6, miopatías metabólicas congénitas y estatus epilépticos ²
	Individuos con enfermedad de McArdle ^{3,6,14}
	Individuos con rasgo falciforme ^{2,3,6,8}
	Individuos con deficiencia de carnitina palmitoiltransferasa ^{6,14}
	Virus ^{3,14}
	Enfermedad previa relacionada con la exposición al calor ^{5,8,9}
Relacionadas con la temperatura ambiental	Obesidad ⁸
	Deshidratación ^{3,6,8,9}
	Esfuerzo físico durante los meses más cálidos ⁵
	Temperaturas extremas (frío/calor) ^{3,6}
Relacionadas con el consumo	Temperaturas cálidas y húmedas ^{2,14}
	* Uso de suplementos dietéticos ^{2,3,14}
	Medicamentos antipsicóticos ⁸ / Estatinas ^{3,8,14}
	Dietas bajas en proteínas / Exceso de carbohidratos ¹⁴
	Alcohol ^{3,14}

* Rawson et al.⁶ descartan que los suplementos de creatina sean factores precipitantes de ER.

La *National Collegiate Athletic Association (NCAA)* ha relatado ciertos factores relacionados con la actividad que contribuyen a desencadenar una ER¹⁷ (Tabla 4).

La incidencia de ER en el ámbito deportivo no está bien definida. En 2018 Knafel et al.¹⁸ realizaron un estudio sobre el aumento de casos de ER en un hospital de Brisbane Australia durante marzo 2005 a diciembre 2016. Observaron como aumentó respecto al valor inicial, de 0,28 cada 10 000 pacientes/año pasó a 3,5 cada 10 000 pacientes en 2015.

En 2018, el “*Armed Forces Health Surveillance Bureau*” de EEUU publicó un estudio sobre la incidencia de ER durante 2013-2017 en militares activos de las Fuerzas Armadas, donde se vio una incidencia de 4,02 casos por 10 000 personas/año⁵. Un año después, en 2019, actualizaron esta información y observaron que aumentó a 4,20 casos por 10 000 personas/año¹⁹.

Tabla 4 Factores que pueden incrementar el riesgo de rabdomiólisis inducida por el ejercicio.
Traducida de 2014-2015 *NCAA Sports Medicine Handbook*¹⁷.

FACTORES CONTRIBUYENTES	
1.	Atletas que dan de sí, todo lo que pueden. Ya sea, para llegar al requerimiento del entrenador (factores externos) o porque son considerados lo más trabajadores (factores internos).
2.	Entrenamientos que no forman parte de un programa de mejora de rendimiento progresivo y periodizado (por ejemplo: programas que forman parte del plan anual).
3.	Entrenamientos nuevos o ejercicios que tienen lugar después de un periodo de transición (vacaciones de invierno/primavera).
4.	Entrenamientos intensos irracionales con la intención de castigar o intimidar a un equipo por su bajo rendimiento, o para fomentar disciplina o fortaleza.
5.	Realizar ejercicios hasta el fallo muscular durante la fase excéntrica del ejercicio como las sentadillas repetitivas (por ejemplo, el gesto hacia debajo de las sentadillas), sobrepasando su capacidad para continuar.
6.	Enfocar un ejercicio nuevo a un músculo con repeticiones rápidas y excesivas hasta el fallo muscular.
7.	Incrementar el número de series a la vez que se reduce el tiempo para llevarlas a cabo (por ejemplo: 100 sentadillas, carreras cronometradas, estaciones de circuitos)
8.	Incrementar la cantidad de peso levantado como un porcentaje del peso corporal.
9.	Intentar “poner en forma” a atletas en un día o incluso durante varios días, sobre todo con cargas o ejercicios nuevos.

1.6.2. Presentación clínica

La triada clásica de síntomas y signos de ER, como ya se ha mencionado anteriormente son: mialgia, debilidad muscular y coloración oscura de la orina. Sin embargo, solo el 10 % de los pacientes manifiestan estos tres síntomas desde el principio³. Hasta un 50 % de los afectados no se quejan de sintomatología muscular, sino de otra sintomatología inespecífica; en estos casos el primer signo suele ser presencia de orina oscura¹. En estadios

tempranos y casos muy leves, puede ser indicativo de ER, el dolor muscular que no se pueda atribuir al dolor “general” o “típico” tras el ejercicio, que normalmente se instaura al cabo de las 24-48 horas (se le suele denominar dolor muscular de aparición retardada (DMAR))^{6,9}. Es un síntoma de daño muscular⁶ y junto a edema localizado, pueden llegar a ser los únicos indicadores de la ER³.

Generalmente los hallazgos físicos no son específicos, pueden cursar con disminución de la fuerza muscular, inflamación del tejido blando, así como hematomas³.

Los signos y síntomas musculares suelen incidir sobre el grupo muscular sobreentrenado⁹. El dolor y la debilidad pueden presentarse en cualquier región del cuerpo, pero generalmente se manifiestan en los músculos proximales de la pierna, la pantorrilla y la región lumbar¹.

Las manifestaciones sistémicas leves son fiebre, malestar general, taquicardia, náuseas y vómitos^{1,3}; y más severas son delirio³, oliguria^{3,7} e incluso anuria⁷; y las más graves que aparecen de forma más tardía pueden ser las mencionadas anteriormente en el apartado de “Complicaciones”; IRA, coagulopatía intravascular diseminada, fallo multiorgánico, así como, el síndrome compartimental, sobre todo, cuando se detecta una zona localizada de edema, firme y sensible, junto a hallazgos neurológicos locales³.

1.6.3. Diagnóstico de laboratorio

Es difícil sólo diagnosticar este tipo de rhabdomiólisis simplemente por valores de CK elevados, puesto que se ha demostrado que, tras la práctica deportiva, los valores de CK en sangre aumentan, desde valores post ejercicio >2000 IU/L (n=111), >10 000 IU/L (n=51)⁶ y >20 000 IU/L (n=26)³, hasta incluso llegar a valores tan altos como 35 056 IU/L (n=499) en el caso de un estudio realizado sobre reclutas militares durante su instrucción básica⁶. En este último caso, los autores sugieren que en este tipo de población (militares), los valores a considerar sean 50 veces más del valor superior normal cuando no presenten sintomatología muscular, mioglobinuria, ni IRA o alteraciones electrolíticas evidentes⁶.

Aun así, la CK en suero o plasma se considera el marcador bioquímico “*gold standard*” para el diagnóstico de ER. Durante las primeras 12 horas de ER, los niveles de CK empiezan a aumentar, en torno a los 3-5 días alcanzan su pico más elevado y al cabo de los 6-10 días vuelven a recuperar sus valores normales⁷. Como se ha mencionado anteriormente, no existe un umbral determinado, pero una concentración de 5-10 veces por encima de los valores superiores normales son los que se utilizan habitualmente como nivel de referencia^{3,7}.

Otro indicador de ER puede ser cuando el paciente presente mioglobinuria. La Mb es la que le da ese color “té oscuro/coca cola” característico a la orina^{12,20} cuando ésta es >100 mg/dL²⁰. Un análisis de orina puede detectar Mb cuando excede 0,3 mg/L en suero⁷, pero la prueba tradicional de tira reactiva de orina no diferencia entre mioglobinuria, hematuria y hemoglobinuria. Para considerarse mioglobinuria, la prueba reactiva tiene que dar positivo para “hemo”, pero el examen microscópico tiene que dar negativo en células rojas^{3,7}. Los niveles de Mb retornan a sus valores normales al cabo de las 6-8 horas de la realización de la actividad que ha generado ER^{4,9}, por consiguiente, la Mb no puede ser un factor para descartar ER cuando se ha sobrepasado ese periodo. No todos los casos de ER cursan con mioglobinuria y cabe mencionar que la mioglobinuria no existe sin la presencia de ER, siendo entonces un factor diagnóstico temprano importante cuando se presente⁹.

La Mb tiene efectos nefrotóxicos cuando su valor es >15 mg/L en sangre, y junto a valores elevados de CK y deshidratación, está altamente relacionada con el desarrollo de IRA^{7,9}. En un estudio de metaanálisis se vio como la CK era un buen predictor para ver si la rabdomiólisis cursaría con IRA (complicación más frecuente y peligrosa) cuando la causa de rabdomiólisis era por aplastamiento. Por otro lado, se observó que los valores elevados de Mb en suero predecían el desarrollo de IRA en los demás casos de rabdomiólisis. No hay nada concluyente sobre mioglobinuria como marcador para predecir IRA tras rabdomiólisis⁴.

Algunas pruebas de laboratorio útiles para el diagnóstico de ER incluyen un hemograma completo, niveles de electrolitos, calcio y fosfatos³. Valores elevados de potasio sérico indican daño muscular y su filtración desde las células. Es común encontrarse con hipocalcemia en estadios tempranos de ER, pero puede presentarse hipercalcemia más adelante³. La hiperpotasemia incrementa el riesgo de arritmias cardíacas y la monitorización mediante electrocardiograma en estos casos es importante^{3,7}. Otras pruebas pertinentes son la determinación de niveles de lactato deshidrogenasa, enzimas hepáticas, nivel de ácido úrico, así como, creatinina y nitrógeno ureico en sangre (BUN, por sus siglas en inglés “Blood Urea Nitrogen”). Estas dos últimas evalúan la función renal y el estado de hidratación; un aumento en la proporción de BUN y creatinina sugiere que puede haber deshidratación, mientras que niveles elevados de creatinina pueden sugerir disfunción renal³. La ER también puede cursar con un tiempo de protrombina prolongado, trombocitopenia y altos niveles de productos de degradación de fibrinógeno. Ante esta situación es importante realizar exámenes de sangre para detectar precozmente una coagulopatía intravascular diseminada. Una gasometría arterial puede detectar acidosis metabólica por necrosis muscular⁷.

Además de todo lo mencionado anteriormente, es de gran relevancia saber cuándo realizó el paciente exactamente la actividad física, la temperatura ambiental en el momento

de la actividad deportiva/profesional, así como las condiciones médicas existentes, o la medicación que estuviera tomando^{1,3,9}. Cabe citar que también es importante realizar un diagnóstico diferencial entre enfermedades relacionadas con el calor, miositis, hiponatremia tras esfuerzos, puesto que la deshidratación y los calambres musculares pueden llevar a estos diagnósticos erróneos. Aunque los síntomas sean parecidos, no se debe descartar ER, independientemente del nivel de esfuerzo para llegar a esa situación clínica³. Conviene también descartar el DMAR no relacionado con ER^{9,11}, así como el rasgo falciforme y la distensión muscular⁹.

1.6.4. Tratamiento y prevención

1.6.4.1. Tratamiento médico

El objetivo principal, es iniciar el tratamiento lo antes posible con el fin de evitar el daño renal, prevenir el daño muscular mayor y evitar las alteraciones electrolíticas³, además, para asegurar una rápida incorporación a la actividad. Para ello, es importante reconocer todos aquellos signos y síntomas relacionados con ER⁹ y eliminar aquellos factores precipitantes cuando sea posible.

El manejo de la ER depende de la presentación clínica de cada individuo. Cuando el paciente presente valores de CK >10 000 IU/L requiere enfriamiento para evitar daño a órganos⁸.

La base del tratamiento es la hidratación intravenosa (IV), el objetivo es llegar a una diuresis >200 mL/hora^{4,3,8}. Preferiblemente solución de cloruro de sodio al 0,9 % isotónica 1-2 L/hora³. Otros autores¹, aconsejan la administración de dos soluciones de manera alterna para prevenir hipervolemia (500 mL de solución salina estéril y 500 mL de glucosa al 5 %; añadiendo 50 mmol de bicarbonato sódico después de 2-3 L de cada solución; 500 mL/hora). El uso de bicarbonato sódico para la alcalinización del pH a valores superiores a 6,5 se recomienda para disminuir lesiones renales relacionados con pigmentación, puesto que, en teoría, disminuye la Mb libre y previene su posterior precipitación en los túbulos renales^{1,3}. Se recomienda que solo se usen soluciones de bicarbonato sódico en casos de acidosis metabólica, ya que puede estar asociado con alcalización metabólica y alteraciones electrolíticas adicionales³.

Una hidratación agresiva puede prevenir daños renales a través de la eliminación de sustancias tóxicas, así como por el aumento de la presión de perfusión renal³; pero a su vez, puede ser inadecuado para aquellas personas mayores o aquellas con insuficiencia cardiaca

por el riesgo de hipervolemia y edema pulmonar. En este tipo de pacientes es importante una administración IV personalizada y monitorizada^{1,3}.

El uso de Manitol (diurético) no está bien definido. Sugieren que solo se use en el caso de que no se consiga la producción de orina deseada (>200 mL) una vez iniciado el tratamiento con soluciones IV^{3,7}. Además, está contraindicado en el caso de anuria (por fallo renal), así como deshidratación electrolítica⁷.

En pacientes con ER es importante monitorizar alteraciones electrolíticas como las mencionadas en el apartado de “Complicaciones”. Las alteraciones más comunes son las siguientes: hiperpotasemia, hipocalcemia, hiperfosfatemia e hiperuricemia; y deben tratarse con su tratamiento estándar, excepto cuando se presenta hipocalcemia sintomática e hiperpotasemia severa; en estos casos se deben frenar los suplementos de calcio³.

En el caso de oliguria o anuria (a pesar de la administración de líquidos IV), acidosis profunda o hiperpotasemia severa, se debe plantear hemodiálisis o diálisis peritoneal. Si se sospecha del síndrome compartimental, la fasciotomía sería una posible intervención³.

Se debe suprimir la administración de líquidos IV una vez que el paciente esté bien hidratado, tenga niveles normales de electrolitos séricos, función renal normal y disminución de CK sérica³; otros defienden que se suprima cuando desaparece la mioglobulinuria (en torno a los 3 días)¹. Y finalmente, hay que recomendar que beban muchos líquidos y que eviten actividades extenuantes hasta que estén estables³.

1.6.4.2. Tratamiento fisioterápico y prevención

No hay mucha evidencia que respalde qué tipo de modalidad de fisioterapia es mejor para el manejo de ER. Existen pocas pautas a seguir y las existentes son de hace muchos años. Parece ser que la cinesiterapia pasiva y activa, la terapia acuática, así como el ejercicio terapéutico son las modalidades más empleadas.

En el apartado de “Resultados y Discusión” se analizará cada una de las pautas descritas con el objetivo de aclarar el tratamiento a seguir ante un paciente con ER, así como su prevención y reinserción a su actividad.

1.7. Justificación

La ER es un síndrome que anteriormente tenía predominio en solo una población específica, el ejército. De hecho, la mayoría de la bibliografía encontrada se basa en dicho colectivo y recoge la mayor muestra de población comparada con algunas de las

investigaciones más actuales. Aun así, con el auge del ejercicio físico, ya sea por modas o mejora de los hábitos de vida saludables, cada vez aparecen más casos de ER. Las modalidades de ejercicio nuevas como el *Cross-Fit* o *Paleo Training*, el entrenamiento de intensidades altas (como triatlones, levantamiento de pesas, etcétera), así como la instrucción básica militar, suponen un gran gasto no sólo energético y físico, sino también psíquico, llevan al cuerpo a sus límites y muchas veces los sobrepasan sin tener en cuenta las posibles repercusiones. La ER si no se trata a tiempo puede llevar, en el peor de los casos, a la muerte, y si no se trata bien, puede recidivar. Es por ello, que, hoy, es importante conocer las consecuencias del agotamiento energético y físico, y compete al fisioterapeuta conocer protocolos o guías para su tratamiento y reinserción, ya sea en la práctica deportiva, o en la profesional.

2. OBJETIVOS

- Objetivo principal
 - El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar, mediante una revisión de la literatura, el tratamiento fisioterápico de la rabdomiólisis inducida por el ejercicio.
- Objetivos específicos
 - Observar qué deporte o deportes, son más susceptibles de provocar ER.
 - Investigar las medidas preventivas frente a la ER.
 - Establecer un protocolo de tratamiento a seguir ante un paciente tipo.
 - Describir las mejores guías a seguir para el retorno a la actividad física, ya sea para la práctica deportiva, o para la práctica profesional.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Estrategias de búsqueda bibliográfica

Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de la literatura más actualizada en diversas bases de datos (*Medline/PubMed, Cochrane Library, PEDro, SciELO y Scopus*), comenzando primero con el planteamiento de las siguientes preguntas para delimitar todo el proceso de búsqueda.

¿Qué es la rabdomiólisis inducida por el ejercicio?

¿Cuál es su tratamiento? ¿Existe un tratamiento fisioterápico?

Los términos de búsqueda definitivos fueron los que se citan a continuación. Se combinaron de diversas maneras con el fin de obtener la selección perfecta para la realización del trabajo, así como, el mayor número posible de artículos específicos:

- *Rhabdomyolysis* → rabdomiólisis
- *Exertional rhabdomyolysis* → rabdomiólisis inducida por el ejercicio
- *Strenuous military training* → entrenamiento militar extenuante
- *Army* → ejército
- *Physical therapy* → fisioterapia
- *Physiotherapist* → fisioterapeuta
- *Rehabilitation* → rehabilitación
- *Treatment* → tratamiento
- *Therapy* → tratamiento/terapia
- *Return to physical activity* → regreso/vuelta a la actividad física
- *Return to play* → vuelta al juego/regreso a la actividad

3.2. Criterios de inclusión y exclusión

Para acotar los resultados de la búsqueda se establecieron varios criterios de inclusión y exclusión.

3.2.1. Criterios de inclusión:

- Especie: humanos
- Población: adulta/adolescente (tanto deportistas profesionales o amateur, cómo de la profesión militar).
- Fecha de publicación: a la mayoría de las búsquedas se ha puesto una fecha límite de publicación de los últimos diez años. Alguno de los artículos seleccionados, es de mayor antigüedad, ya sea por no encontrar bibliografía reciente sobre el tratamiento, o por el hecho de querer hacer una comparativa de lo actual con lo publicado anteriormente. Aun así, se procuró, en la mayor medida, escoger aquellos artículos más actualizados.
- Tema: rabdomiólisis inducida por el ejercicio (se han descartado aquellos temas sobre la rabdomiólisis por otra causa ajena a la propuesta, a excepción del apartado del tratamiento rehabilitador (puesto que, se basa en lo mismo).

3.2.2. Criterios de exclusión:

- Especie: animales
- Población: infantil

3.3. Resultados de la búsqueda

Once estrategias de búsqueda generaron 953 artículos en total. Tras la lectura de los todos los títulos, quedaron un total de 176 preseleccionados. Después de la lectura de los resúmenes sólo 96 artículos contenían información relevante acerca del tema en cuestión, de los cuales 35 estaban repetidos. Los 61 restantes se leyeron al completo.

A continuación, en la tabla 5, se muestran todas aquellas bases de datos utilizadas y las estrategias de búsqueda empleadas. En la columna de bibliografía obtenida (BO) se muestra el número de documentos obtenidos con dichas estrategias de búsqueda; mientras que, en la de bibliografía preseleccionada (BP), se muestra la cantidad de artículos seleccionados con el objetivo de la lectura del resumen. Por último, en la columna de bibliografía seleccionada (BS), se encuentran todos aquellos artículos que se han leído al completo para el desarrollo del trabajo.

Tabla 5 Resultados de la búsqueda realizada. Elaboración propia.

BASES DE DATOS	Estrategias de búsqueda y filtros empleados	BO	BP	BS
Medline/ PubMed	strenuous military training AND "last 10 years"[PDat] AND Humans[Mesh]	37	8	3
	army AND rhabdomyolysis AND Humans[Mesh]	62	13	6
	physical therapy AND rhabdomyolysis AND "last 10 years"[PDat] AND Humans[Mesh]	149	34	15
	treatment AND acute exertional rhabdomyolysis AND "last 10 years"[PDat] AND Humans[Mesh]	43	10	3
	exertional rhabdomyolysis AND therapy AND Humans[Mesh]	157	25	4
	exertional rhabdomyolysis AND treatment AND Humans[Mesh]	185	27	3
	return to play OR return to physical activity AND rhabdomyolysis AND Humans[Mesh]	28	14	1
Cochrane Library	rhabdomyolysis and physiotherapist	1	1	0
PEDro	rhabdomyolysis	1	1	0
SciELO	rhabdomyolysis AND physical therapy	1	0	0
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (rhabdomyolysis)) AND ((exertional)) AND (military) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "HEAL")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Rhabdomyolysis") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Human") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Humans"))	289	43	26

Notas. BO: bibliografía obtenida; BP: bibliografía preseleccionada; BS: bibliografía seleccionada.

A lo largo del desarrollo de este trabajo, los mismos artículos seleccionados sirvieron para detectar varios artículos importantes y dos libros/manuales sobre la ER (técnica de Bola de nieve).

Finalmente, de toda la literatura, sólo 30 (28 artículos y 2 libros/manuales) se han empleado en la realización del trabajo. El resto fueron descartados por tratar solo de casos clínicos sin especificación de tratamiento fisioterápico (*Figura 2*).

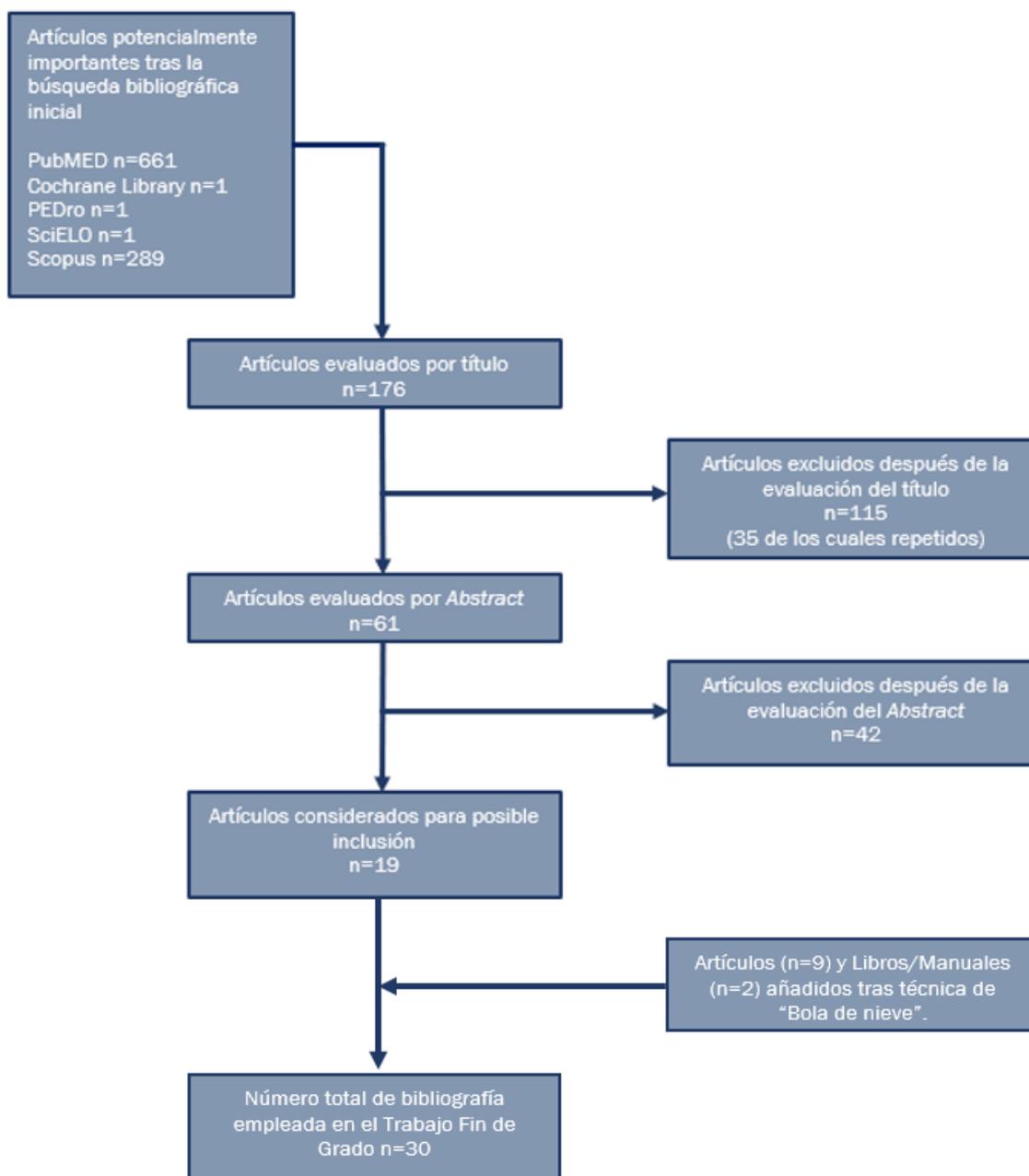


Figura 2 Diagrama de flujo de la obtención y selección de bibliografía. Elaboración propia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rehabilitación

A pesar de que uno de los objetivos principales de esta revisión era determinar guías de tratamiento para la ER, no ha sido posible resumirlo a un único protocolo consistente en todos los estudios, ni tampoco que fuera de la literatura más reciente.

Se han descrito cuatro guías recomendadas para el manejo de la rabdomiólisis inducida por el ejercicio: Randall et al.²¹ (ANEXO 1), Cleary et al.²² (ANEXO 2), O'Connor et al.²³ (ANEXO 3) y Smoot et al.²⁴. En el estudio de Smoot et al.²⁴, se llevó a cabo un tratamiento para la reincorporación a la actividad; no obstante, no se narra el tratamiento que llevaron a cabo, Schleich et al.²⁵ lo describieron más adelante (ANEXO 4). A continuación, se analizarán las similitudes y diferencias de ciertos factores de cada estudio, véase el ANEXO 5 para una descripción más estructurada.

4.1.1. Tipos de estudio

Los cuatro estudios son informes de casos clínico, por su parte, Smoot et al.²⁴ plantean un estudio de casos y controles. Más adelante, en el apartado de “Limitaciones de los estudios” se hablará de la validez de éstos.

4.1.2. Participantes

Un total de 23 personas formaron parte de los cuatro estudios anteriormente mencionados. Todos eran varones, pero mientras que todos los estudios se llevaron a cabo en EEUU, la etnia de cada uno de ellos no era la misma. Uno de los pacientes era hispanoamericano²² y otro era afroamericano,²³ de las 21 personas restantes no se especificó la etnia. El rango de edad oscilaba entre 16-25. En cuanto a la profesión; o bien eran deportistas (n=13), ya sea amateur, o federados²²⁻²⁴; o soldados (n=10)²¹.

Solo 6 de los veintitrés sufrieron ER sin necesidad de hospitalización. Tras la realización de las pruebas diagnósticas pertinentes, dos^{23,24} de los 23 presentaban el rasgo falciforme, uno fue diagnosticado de deshidratación severa²², uno cursó con insuficiencia renal moderada²³ y otro con neumonía²⁴. En el caso descrito por Cleary et al.²², la deshidratación severa añadida pudo aparecer como resultado de la realización de ejercicio en un entorno cálido (30,4°C) y húmedo (70,4 % humedad relativa) durante dos días consecutivos. O'Connor et al.²³ describieron el caso de un varón de 21 años (caso 2), que antes de iniciar el campamento de verano de fútbol americano, notaba desde hacía 6 meses molestias en sus extremidades inferiores tras realizar una práctica deportiva moderada. Aun

así, siguió entrenando y 3 días tras el inicio del campamento empeoró significativamente. Puede que la insuficiencia renal moderada que sufrió este sujeto fuera por los valores de CK elevados (pico más alto 105 000 IU/L), así como por tener el rasgo falciforme y llevar a su cuerpo más allá de sus límites a pesar de que le estuviera avisando.

La condición física de algunos de los sujetos de estos casos clínicos no era la más idónea. Los 10 soldados que padecieron ER descritos por Randall et al.²¹ no estaban en buena forma física. De hecho, según el criterio del ejército estadounidense, su condición física era de baja a moderada antes de realizar la instrucción básica. Igual sucedía en el caso 1 mencionado por O'Connor et al.²³, el sujeto no estaba en buena forma física antes de realizar los ejercicios y no estaba en condiciones para realizar una competición de levantamiento de pesas durante más de una hora.

4.1.3. Ejercicio detonante

En cuanto a los ejercicios llevados a cabo por parte de los participantes, parece que hay ciertas similitudes en cuanto a las repeticiones excesivas de algunos ejercicios, así como la forma de contracción muscular. Predomina el trabajo excéntrico como en la segunda fase de las flexiones de brazos, así como los ejercicios de flexión de bíceps (realizando la fase excéntrica más lenta de lo normal), o las sentadillas y *press* de banca entre otros muchos. Otro factor importante que pudo haber contribuido era la cantidad de repeticiones; en el caso de Randall et al.²¹ los sujetos realizaron más de 100 flexiones de brazos a lo largo de varias horas; y en el caso de Smoot et al.²⁴, los participantes realizaron 100 repeticiones al 50 % de su RM (repetición máxima) de sentadillas con barra y el ejercicio de *press* banca, así como ejercicios de carga colgante (*hang cleans*) al 75 % de su RM entre otros.

4.1.4. Valoración

En el único estudio donde realizaron una valoración objetiva y subjetiva era en el de Randall et al.²¹, donde no solo valoraron la CK sérica de los sujetos, sino que también valoraron el rango de movimiento (ROM) activo y pasivo, testaron la musculatura de manera objetiva, así como, el dolor muscular de manera subjetiva. Los demás estudios²²⁻²⁴ se limitaron, más bien, a las pruebas de laboratorio.

4.1.5. Tratamiento

En cuanto al apartado del tratamiento fisioterápico, sólo Randall et al.²¹ relatan qué tratamiento llevaron a cabo y que fueron fisioterapeutas los que realizaron el tratamiento rehabilitador. Cleary et al.²² y O'Connor et al.²³ describen qué protocolo sugieren, pero no

especifican si lo llegaron a aplicar con sus pacientes en la práctica clínica. Finalmente, Smoot et al.²⁴ efectuaron otro tratamiento, pero fueron Schleich et al.²⁵ quienes años después lo describieron. En la *tabla 6* se puede observar las comparaciones entre dichos tratamientos y protocolos.

Tabla 6 Comparaciones entre los distintos tratamientos y protocolos para la rabdomiólisis inducida por el ejercicio. Elaboración propia.

ESTUDIOS	Randall et al. ²¹	Cleary et al. ²²	O'Connor et al. ²³	Schleich et al. ²⁵
TTO. PROGRAMA	Tratamiento	Programa de recuperación	Programa de retorno actividad	Tratamiento
FISIOTERAPEUTAS	SÍ	No consta	Supervisado por fisioterapeutas o entrenador atlético	No (entrenador atlético y medicina deportiva)
INICIO	Inmediatamente	1-2 semanas después del comienzo ER; una vez que todos los síntomas/signos y pruebas de laboratorios retornan a normalidad	Solo cuando los individuos se clasifiquen como bajo riesgo de recurrencia	2 semanas tras alta hospitalaria
FASES	4	15 semanas	3	4
TIPO DE EJERCICIOS	ROM pasivo y activo, ergonómetro de brazos, flexiones de brazos	Terapia acuática, deambulación/carrera en distintos planos, ejercicios de agilidad, ejercicios de entrenamiento de pesas, ejercicios pliométricos, ejercicios enfocados en la práctica deportiva que quieren retomar	Actividades ligeras no extenuantes y posteriormente retorno a las actividades de la especialidad deportiva	Terapia acuática, bicicleta, activación muscular con bandas, movimientos funcionales, estiramientos, trabajo de agilidad
LUGAR	Ejercicios en Tierra	Ejercicios en el medio acuático y en tierra	No especifica	Ejercicios en el medio acuático (con el agua a nivel del pecho o cintura) y en tierra

4.1.5.1. Inicio del tratamiento y duración

El inicio de cada tratamiento también difería en todos los estudios, mientras que Randall et al.²¹ iniciaban el tratamiento de rehabilitación (de 4 fases) inmediatamente tras la hospitalización y valoración, Cleary et al.²² sugieren iniciar la re inserción a la actividad (duración 15 semanas) 1 ó 2 semanas después del comienzo de la ER (siempre y cuando todos los síntomas/signos y las pruebas de laboratorio se hayan normalizado). Para ello elaboraron una serie de preguntas que se verán más adelante. Schleich et al.²⁵ comenzaron el tratamiento (4 fases) 2 semanas tras el alta hospitalaria de los jugadores. O'Connor et al.²³, en cambio, no usan el tiempo como indicador del inicio, sino que primero sugieren que

se clasifique al individuo en alto o bajo riesgo de recurrencia. Sólo cuando se le considere de bajo riesgo inician el protocolo (3 fases). Lo han hecho de manera más conservadora y con una perspectiva militar para minimizar el riesgo de sobrecargar a un individuo con riesgo de recurrencia. Para ello, han establecido una serie de condiciones que clasifican a los individuos en alto riesgo o bajo riesgo de reincidencia²³:

- Riesgo alto. Debe tener una de las siguientes condiciones²³:
 - Recuperación tardía de más de una semana cuando se les haya restringido la actividad.
 - Elevación de CK persistente (por encima de 5 veces el valor superior normal) a pesar de haber descansado durante al menos dos semanas.
 - Complicación de ER por fallo renal agudo de cualquier severidad.
 - Historia personal o familiar de ER.
 - Historia personal o familiar de calambres o dolor muscular severo que interfiere con las actividades de la vida diaria o con el rendimiento deportivo.
 - Historia personal o familiar de hipertermia maligna, o historia familiar de muerte por complicaciones no-explicadas tras anestesia general.
 - Historia personal o familiar de rasgo de células falciformes o anemia drepanocítica.
 - Lesión muscular tras trabajo o actividad de intensidad baja-moderada.
 - Historia personal de lesión por calor significativo.
 - Pico de CK en suero mayor o igual a 100 000 IU/L.
- Riesgo bajo. No debe tener ninguna de las condiciones citadas anteriormente y presentar al menos una de las que se citan a continuación²³:
 - Recuperación clínica rápida y CK normalizado tras restricciones de ejercicio.
 - Atleta bien entrenado o en buenas condiciones físicas con historia de entrenamiento intenso/ejercicio prolongado.
 - No existencia de historial personal o familiar de ER o manifestación previa de debilitamiento muscular, calambres o lesión por calor inducida por el ejercicio.
 - Existencia de algún tipo de caso de ER grupal o por equipos durante la misma sesión.
 - Sospecha o documentación de una enfermedad viral concomitante o enfermedad infecciosa.
 - Toma de algún medicamento o suplemento dietético que pueda contribuir al desarrollo de ER.

4.1.5.2. Progresión del tratamiento

Randall et al.²¹ no permitieron que ningún soldado pasase a la siguiente fase de esfuerzo o incrementara la carga si no mantenía una postura apropiada mientras realizaba el ejercicio, ya que, para ellos, una mala postura era indicativo de fatiga y dolor muscular. Además, no podían manifestar dolor muscular al día siguiente de la realización de la actividad. Cleary et al.²² se basaron en estos principios para la elaboración de su protocolo. En el protocolo de O'Connor et al.²³ también limitaban el progreso a la siguiente fase si mantenían síntomas clínicos de ER, así como niveles de CK 5 veces mayores que los valores normales (1000 IU/L). Schleich et al.²⁵ proponen lo mismo, la presencia de CK 5 veces mayor a los valores normales o la aparición de dolor o inflamación muscular o deshidratación eran signos indicativos de que los pacientes tenían que mantenerse en la misma fase hasta mejorar.

4.1.5.3. Tipo de tratamiento y ejercicios

Los ejercicios llevados a cabo también difieren entre autores. En el estudio de Randall et al.²⁴, una vez realizada la primera intervención médica (reposición de fluidos y manejo de CK) los sujetos iniciaban fisioterapia para ganar ROM, mejorar la fuerza muscular y la función. Para ello realizaban cinesiterapia pasiva y activa, ergómetro de brazo, así como flexiones de brazos (mismo mecanismo lesional). Se eligió el ergómetro de brazo porque los ejercicios del miembro superior tienen menos umbral anaeróbico que ejercicios de la de la extremidad inferior. Dichos autores citaban que se supera el umbral durante ejercicios de alta intensidad, el ATP, por tanto, decae y las funciones celulares comienzan a fallar. Aconsejan que la rehabilitación de la musculatura implicada debiera comenzar por debajo del umbral anaeróbico para prevenir el agotamiento energético y mantener la función celular; posteriormente ya se podría progresar al entrenamiento de resistencia aislado.

Baxter y Moore¹⁵ estudiaron otro caso clínico de un varón de 20 años semejante al de los soldados de Randall et al.²¹. En este caso, el soldado no era un nuevo recluta, pero sí tuvo varios meses de inactividad. Para el tratamiento siguieron los mismos pasos durante la rehabilitación, incorporando una modificación para incrementar la ejecución de flexiones de brazos. A esta modificación la denominaron Método Modificado de Kersey y la tenía que realizar una vez alcanzado su nivel de rendimiento habitual, (días alternos). A continuación, se describe el método:

- 1) Realizar 3 series de flexiones al 50 % de la prueba pre-entrenamiento (prueba de flexiones en 2 minutos). Descansando 2 minutos entre cada serie.
- 2) Una vez completadas todas las repeticiones de las 3 series, añadir una 4ª.

- 3) Una vez completadas todas las repeticiones de las 4 series, volver a 3 series, pero al 75 %.
- 4) Una vez completadas todas las repeticiones de las 3 series, añadir una 4ª.
- 5) Una vez completadas todas las repeticiones de las 4 series, volver a 3 series, al 90%.

O'Connor et al.²³ no llegaron a especificar qué ejercicio hacer exactamente, pero si describieron que las actividades debían ser ligeras y no extenuantes.

En cambio, Cleary et al.²² detallaron mejor el protocolo sugerido. El programa constaba de 15 semanas, aumentando o disminuyendo su longitud dependiendo de las necesidades de cada individuo, del grado de afectación muscular del paciente, así como de la tolerancia al ejercicio. Estos autores²² defienden que un programa de acondicionamiento general debe incluir entrenamiento aeróbico y anaeróbico; y reposición de líquidos individualizados con el fin de prevenir recurrencias de deshidratación, calambres musculares y ER. Por otra parte, se recomienda terapia acuática para estadios iniciales de tratamiento de ER porque reduce la carga de la gravedad excéntrica y el efecto de la gravedad sobre el movimiento, permitiendo que sean movimientos articulares puros²². La contracción que se logra en el medio sumergido es concéntrica-concéntrica, mientras que en tierra es concéntrica-excéntrica. Gradualmente se debe progresar a terapia en tierra, incrementando la duración y la intensidad fuera del entorno acuático para posteriormente incluir entrenamiento ligero con pesas. "Cuando vayan a introducir entrenamiento con pesas, determinar el 1RM o estimarlo con 10RM (esto último se hace igual que 1RM, pero con cargas más bajas). Para mejorar la resistencia muscular empezar con intensidades relativamente más bajas (65 % de 1RM) y repeticiones más altas (12-20). A medida que vaya mejorando la resistencia se debe ir aumentando la intensidad (65-75 % 1RM) con número moderado de repeticiones (8-12) para aumentar la fuerza y tamaño muscular. Debería progresar a intensidades de fuerza-potencia (75-90 % 1RM) con repeticiones bajas (2-8) que imite más bien la fuerza y explosión requerida para el deporte o la actividad en cuestión." A medida que vaya aumentando la carga, se debe vigilar los signos y síntomas (ya que, en tierra, la contracción es concéntrica-excéntrica). La idea de estos autores²² es que el individuo sea capaz de realizar la misma actividad durante dos entrenamientos consecutivos antes de cambiar o modificar el ejercicio con el fin de lograr una progresión gradual de intensidad y volumen.

Seguido del desarrollo de fuerza, se deben añadir ejercicios pliométricos²². La progresión para la introducción de pliométricos es: saltos en el mismo sitio, saltos de pie, saltos múltiples, saltos a un pie múltiples, *bounding jumps* (saltos hacia delante), saltos sobre cajas y después *depth jumps* (salto tras caída). Aconsejan empezar los ejercicios

pliométricos en el agua para reducir el dolor muscular y para darle más experiencia a los músculos, a la vez que prepara al músculo para el estrés que va a sufrir en tierra. Una recomendación para la progresión normal de ejercicios pliométricos es un volumen de bajo a alto con una recuperación de 48-72 horas entre esos ejercicios. *Box* y *depth jumps* proporcionan mayor carga excéntrica a los músculos, pero tienen un mayor riesgo de DMAR comparados con los entrenamientos concéntricos. Los pliométricos más complicados deberán ser de los últimos ejercicios añadidos al programa.

Para el tratamiento de los 10 deportistas, Schleich et al.²⁵ se guiaron bastante por el programa sugerido por Cleary et al.²² No obstante, modificaron un poco la base del tratamiento. Añadieron la puntualización de que primero se realizaban ejercicios acuáticos con el nivel del agua en el pecho, posteriormente bajarlo hasta la cintura, y finalmente el 100 % de los ejercicios se desarrollaban en tierra. El programa detallado por estos autores incorporaba también calentamiento y estiramiento posterior. La progresión del retorno a la actividad para ellos debe tener en consideración: el tipo de ejercicio, la intensidad, el volumen y la frecuencia de entrenamiento. El protocolo debe comenzar primero con actividades de bajo impacto, aeróbicas y que engloben contracciones más bien concéntricas y luego ir avanzando a aquellas actividades de mayor impacto, anaeróbicas, de resistencia, así como ejercicios excéntricos. Schleich et al.²⁵ recalcan que el programa se debe modificar en función de las necesidades de cada individuo. La buena recuperación de estos jugadores pudo deberse a que la aparición de ER no fue durante la temporada, permitiéndoles una buena recuperación sin presión.

4.1.5.4. Otros matices para tener en cuenta

O'Connor et al.²³ y Schleich et al.²⁵ son los únicos que hablan de la necesidad de cumplir 8 horas de sueño nocturno. Además, reevalúan pruebas de laboratorio para pasarlos o no a la siguiente fase.

Sabiendo que O'Connor et al.²³ publicaron su guía de retorno a la actividad física en 2008, y Smoot et al.²⁴ publicaron el suyo en 2013, se puede ver como el primero, al igual que Cleary et al.,²² sirvieron de guía para los 10 jugadores de fútbol americano.

4.1.6. Seguimiento

En el estudio de Randall et al.²¹ todos los participantes acabaron sus 8 semanas de instrucción básica militar sin recurrencia, al igual que en el estudio de Smoot et al.²⁴, todos los jugadores se incorporaron a la práctica deportiva de fútbol americano sin desarrollar síntomas recurrentes de ER.

4.2. Pautas para el retorno a la actividad y medidas preventivas

El riesgo de recurrencia es muy bajo siempre y cuando no existan factores genéticos añadidos⁸ y puede que los casos de recidiva se deban a una vuelta a la actividad demasiado precoz. Esto es debido a que la musculatura dañada no se ha recuperado a pesar de que la clínica del sujeto sí lo haya hecho notablemente¹¹.

Es importante descartar la existencia de alguna alteración genética que no haya sido diagnosticada previamente, sobre todo cuando existen individuos que estén tardando mucho en recuperarse o vuelven a tener un caso de ER. Existen alteraciones metabólicas que solo se manifiestan bajo ciertas condiciones, como puede ser el ejercicio prolongado, temperaturas bajas, ayuno, dietas pobres en carbohidratos y ricas en grasas, así como virus¹¹. Como también han mencionado O'Connor et al.²³ en estos casos se debería llevar a cabo una buena evaluación médica.

Algunas pruebas importantes para descartar razones de recurrencias de ER pueden ser: electromiogramas y resonancias magnéticas, para ver si hay discrepancias entre la mejora clínica y la mejora morfológica (musculatura); test para ver la tolerancia hacia el calor durante el ejercicio, comprobando si la susceptibilidad hacia el calor es la causa de ER; el "gold standard" para el diagnóstico de hipertermia maligna es el test de contracción a la exposición halotano-cafeína; biopsias musculares, etcétera^{23,26}.

Una vez que se sepa la causa de ER, las pautas para una mejor reincorporación a la actividad son diversas y dependen del campo en el que se quiera intervenir.

4.2.1. Educación

Es bueno empezar con una buena educación sanitaria; tanto a cada individuo, como a sus entrenadores y preparadores físicos; incidiendo sobre las causas, signos y síntomas de ER^{11,14}. También sería conveniente que los propios individuos sepan el peligro que tienen aquellas actividades que requieran mayor cantidad e intensidad de contracciones excéntricas¹⁴.

4.2.2. Componentes de los programas de ejercicios

Incorporar calentamientos parece ser beneficioso para mejorar la adherencia de los individuos a la actividad, así como para reducir la probabilidad de recurrencia de daño musculoesquelético. La proporción de calentamiento/enfriamiento debe ser la misma según Kim et al.¹⁴.

La condición física de cada uno antes de realizar una actividad se deberá tener en cuenta, sobre todo cuando se quiera participar en las de alta intensidad. Además, se ha visto que el tipo de contracción, la duración de la actividad y los entrenamientos con levantamiento de peso, parecen ser también los motivos del aumento de la concentración de CK¹⁴.

Con el auge de los programas de acondicionamiento físico extremo, como son las modalidades de *Cross-fit*, cada vez hay más casos de ER. Raleigh et al.²⁷ afirman que se deberán llevar a cabo con prudencia y mencionan que se debe incrementar de manera progresiva la intensidad del programa, sobre todo para individuos nuevos en la disciplina o aquellos con condiciones médicas que les puedan poner en riesgo.

A la hora de realizar contracciones, como ya se ha mencionado a lo largo de este trabajo, las excéntricas podrían ser un factor de riesgo de ER. Trabajar con repeticiones periódicas parece reducir el nivel de daño muscular. Si además de modificar el tiempo entre cada ejercicio, las repeticiones, y el tipo de ejercicio, se logra reducir también aquellos acontecimientos intracelulares como la inflamación, se podría prevenir el desarrollo de ER¹⁴.

En cuanto al medio, cuando se realice movimiento con una extremidad sumergida, se consiguen contracciones concéntricas-concéntricas, frente a las concéntricas-excéntricas en el medio terrestre. Las actividades acuáticas parece que impactan menos ya que pierden la resistencia de la gravedad, además mejoran aún más los beneficios de muchas actividades, como los circuitos, la deambulación, el trote, la carrera, los entrenamientos interválicos, etcétera²².

Smoot et al.²⁴, como ya se ha mencionado anteriormente, sugieren comenzar con actividades de bajo impacto, aeróbico y de contracciones más bien concéntricas hasta avanzar a actividades de mayor impacto, anaeróbicos, de resistencia y de contracciones excéntricas.

Cleary et al.²², para prevenir recidivas, aconsejan también una rehabilitación progresiva, monitorizada e individualizada, modificando las pautas según los síntomas y signos del paciente.

4.2.3. Factores ambientales

Las lesiones relacionadas con el calor parecen ser las causas más comunes del desarrollo de ER⁵. Varios estudios han demostrado que una reposición de agua suficiente puede prevenir alteraciones relacionadas con el calor¹⁴. La pérdida de agua es mayor en

climas cálidos, sobre todo aquellos calurosos y húmedos. La humedad dificulta la evaporación del sudor, y por consiguiente el enfriamiento del cuerpo.

Así mismo, la ropa de los individuos juega un factor importante, sobre todo cuando están sometidos a altas temperaturas. Es difícil evitar todo el equipamiento en ciertos deportes, como por ejemplo en fútbol americano y en hockey, en los que el uniforme es grueso y pesado. Siempre que se pueda, cuando se vaya a practicar deporte en ambientes calurosos se debe intentar vestir con ropa que permita la transpiración y disipación del calor¹⁴.

Para incorporarse a climas calurosos y húmedos Cleary et al.²² proponen ciertos factores a tener en cuenta tras sufrir ER:

- 1) El entrenador debe asegurarse de que el participante lleve a cabo una buena rehidratación para evitar recurrencias.
- 2) El tiempo de exposición y la intensidad del ejercicio deben ser graduales en ambientes cálidos y calurosos, así como la intensidad del ejercicio.
- 3) Una progresión gradual en la utilización de ropa, equipamiento y hombreras.
- 4) Enfriamiento entre series para mejorar la recuperación; la aclimatación al entorno puede hacerse a la vez que el retorno a la actividad en la piscina y a la vez que el entrenamiento de pesas. La piscina puede considerarse como un método de enfriamiento que puede facilitar la recuperación para el día siguiente.

Otros autores²⁸ recomiendan que primero se prepare bien al deportista en ambientes más frescos, antes de hacerlo en ambientes cálidos. En cuanto a las horas del día, se prefieren las mañanas y las noches para intensidades altas, mientras que al medio día-tarde (horas más calurosas) se reserva para aquellos ejercicios menos intensos²⁸.

4.2.4. Factores genéticos

Como ya se ha citado anteriormente, es importante tener en cuenta factores genéticos del individuo, sobre todo en aquellos casos donde no parece curarse la ER^{11,23,28}. Scalco et al.²⁸ surgen a considerar factores genéticos cuando vemos que el individuo está entrenado y en buena condición física y no parece mejorar su clínica tras el tratamiento inicial de ER. Otras circunstancias que invitan a la sospecha de factores genéticos son: que no se pueda explicar la falta de recuperación por el consumo de drogas/medicamentos/suplementos, que tenga otros síntomas relacionados con el esfuerzo (mialgias, calambres musculares, etcétera) y que además en la historia familiar del individuo aparezca algún caso de ER. Una vez identificado el factor genético responsable se puede retomar la práctica deportiva, siempre y cuando se tengan en cuenta dichos factores. Scalco

et al.²⁸ además han ideado una guía de reincorporación a la práctica deportiva para estos casos (Tabla 7).

Tabla 7 Guía para retomar la práctica deportiva en pacientes con (o sospecha de) alguna alteración genética en general. Tabla modificada de Scalco et al.²⁸.

GUÍA PARA RETOMAR LA PRÁCTICA DEPORTIVA	
Recomendaciones adicionales	Consulte a un fisioterapeuta/especialista en medicina deportiva/especialista rehabilitador experto en ejercicios para personas con miopatías heredadas
	Lleve un collar SOS
	Adáptese gradualmente a un programa de entrenamiento de poca intensidad
	Evite la combinación de ejercicio vigoroso con otros factores de riesgo de la rabdomiólisis (drogas, medicamentos, suplementos, infecciones víricas)
	Evite el ejercicio al que no está acostumbrado, especialmente ejercicios excéntricos
	Prevenga la deshidratación durante el ejercicio
	Limite la intensidad del entrenamiento en ambientes cálidos y húmedos
Recomendaciones adicionales en el caso de miopatías metabólicas	Notifique a su especialista en el caso de una mialgia por esfuerzo y realice un seguimiento de los niveles de CK
	Prevenga el ayuno
	Evite la ingesta de azúcares justo antes de comenzar el ejercicio (enfermedad de Tarui)
	Experimentar el fenómeno del segundo aliento de forma rutinaria (enfermedad de McArdle)
Recomendaciones adicionales en el caso de rabdomiólisis por esfuerzo relacionado con el receptor de rianodina tipo 1 (RYR1)	Evitar hacer ejercicio si hay estrés catabólico; p. ej. Infección (trastornos de oxidación de ácidos grasos)
	Prevenga la combinación de la exposición al calor extremo y el ejercicio vigoroso
	No consuma cafeína ni otros suplementos
Recomendaciones adicionales en el caso del rasgo de células falciformes	Limite el consumo del alcohol en periodos de actividad física intensa
	El paciente debería ser asintomático
	Prevenga la deshidratación antes, durante y después del ejercicio
	No consuma cafeína ni otros suplementos o medicamentos antes de realizar el ejercicio sin el asesoramiento médico
	Evite hacer ejercicio en presencia de otros desencadenantes de la rabdomiólisis relacionada con el rasgo de células falciformes (clima cálido y húmedo, grandes altitudes, infecciones concomitantes, etc.)
Evalúe el historial de colapso inducido por el ejercicio asociado con el rasgo drepanocítico para más recomendaciones	

4.2.5. Enfermedades infecciosas

El ejercicio habitual puede ser un factor de riesgo para aquellos individuos propensos y susceptibles a enfermedades. Se aconseja a quienes tengan enfermedades moderadas o padezcan procesos infecciosos que se abstengan a realizar ejercicio, o si lo hacen, que sea

de un grado leve-moderado. Vómitos y diarrea pueden llevar a deshidratación y junto con la actividad física, puede conducir a ER¹⁴.

4.2.6. Alimentación e hidratación

El ejercicio en exceso consume grandes cantidades de energía corporal. Se aconseja consumir diversos nutrientes post-ejercicio (incluyendo proteínas, carbohidratos y grasas). Parece ser más efectivo ingerir proteínas y carbohidratos juntos, debido a que estos últimos mejoran la síntesis de glucógeno. Dietas bajas en proteínas y altas en carbohidratos parecen tener relación con ER en algunos deportistas¹⁴.

La contracción muscular y la sudoración pueden conllevar la pérdida de electrolitos¹⁴. La pérdida de sudor que no se recupera con fluidos o ingesta de electrolíticos puede llevar al desarrollo de deshidratación²². El equilibrio electrolítico reduce el riesgo de calambres musculares y fatiga, por lo que el aporte de electrolitos durante y después del ejercicio es recomendable. A pesar de que la ingesta de líquido está relacionada con la tolerancia, no se debe esperar a sentir sed para comenzar a hidratarse²⁹. Véase la *tabla 8* para recomendaciones de reposición de líquidos.

La ER está también relacionada con el estrés oxidativo; la ingesta de antioxidantes exógenos; el coenzima Q10 puede mejorar la activación endógena de antioxidantes; y se cree que la Vitamina C puede prevenir IRA¹⁴.

Teniendo en cuenta todas las pautas y medidas preventivas mencionadas anteriormente, Cleary et al.²² redactaron una serie de preguntas para ver si se puede volver a la actividad física y entrenamiento deportivo tras ER:

- Antes del regreso, plantear las siguientes preguntas:
 - ¿Tiene fiebre el atleta?
 - ¿Se encuentra bien (ningún síntoma gripal)?
 - ¿Está bien hidratado?
 - ¿Están los valores de CK en rangos normales?
 - ¿Ya no existe presencia de Mb en orina y suero?
 - ¿Es la coloración de orina clara o amarillo pálido, o menos de 4 en la escala de color de orina?
 - ¿Ha disminuido el dolor muscular a inexistencia de dolor?
- Si la respuesta es “sí” a todas las anteriores, el atleta puede retomar la actividad, si contesta “no” en alguna, hasta que no sean todas respuestas afirmativas no puede comenzar.

Tabla 8 Recomendaciones de reposición de líquidos antes, durante y después del ejercicio.³⁰.

	LÍQUIDOS	COMENTARIOS
Antes del ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> • Bebe de 5-7 ml · kg⁻¹ al menos 4 h antes de hacer ejercicio (0,35-0,5L para individuos de 70 kg) 	<ul style="list-style-type: none"> • Si no se produce orina o es muy oscura, bebe otros 3-5 ml · kg⁻¹ 2 h antes de hacer ejercicio. • Bebidas que contengan sodio o aperitivos salados podrían ayudar a retener líquidos.
Durante el ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> • Haz un seguimiento de los cambios de peso individual para hacer una estimación de la pérdida de sudor. • La composición de los líquidos debería incluir 20-30 mEq · L⁻¹ de sodio, 2-5 mEq · L⁻¹ de potasio, y 5 %-10 % de carbohidratos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Previene una pérdida de peso >2%. • La cantidad y la frecuencia del reemplazo de líquidos depende del ritmo de sudoración de cada individuo, de su entorno, y de la duración del ejercicio.
Después del ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de comida y bebida normal restaurará la euhydratación. • Si es necesaria una recuperación rápida, bebe 1,5 L · kg⁻¹ del peso corporal perdido. 	<ul style="list-style-type: none"> • El objetivo es reemplazar por completo los déficits de electrolitos y líquidos. • Consumir sodio ayudará al individuo a recuperarse al estimular la sed y la retención de líquidos.

4.3. Prácticas deportivas o actividades que han cursado con ER

De las 30 publicaciones empleadas en la realización de este trabajo, el fútbol americano y el entrenamiento militar son las disciplinas que se mencionan con mayor frecuencia. Puede ser debido a que son aquellos grupos con más integrantes; cada equipo de fútbol americano consta de un mínimo de 45 jugadores y cada año miles de personas se alistán en el ejército; por tanto, existe una menor individualización a la hora de plantear programas de entrenamiento. Seguidos de éstos, están los maratones, el *Cross-fit*, el levantamiento de pesas y spinning, modalidades que requieren buena condición física y que son altamente fatigantes. En la *figura 3* se muestra un diagrama de barras con todas las modalidades mencionadas a lo largo de los artículos.

- Maratones^{1,6,14,18,20}
- Caminatas extensas¹
- Spinning^{1,3,8,18}
- Levantamiento de pesa^{3,8,9,14}
- Fútbol americano^{3,6,9,16,22,23,24,26}
- Corredores de fondo³
- Natación³
- Crossfit^{3,8,18,26,27}
- Entrenamiento militar^{3,6,13,14,18,20,21,27}
- Clase de educación física⁶
- Alpinismo⁶
- Corredor amateur⁸
- Entrenamiento de resistencia^{9,27}
- Entrenamiento de pesas (gimnasio)^{12,14,23}
- Atletismo¹⁴
- Entrenamiento de bomberos¹⁶
- Entrenamiento policial¹⁶
- Lucha^{9,16}

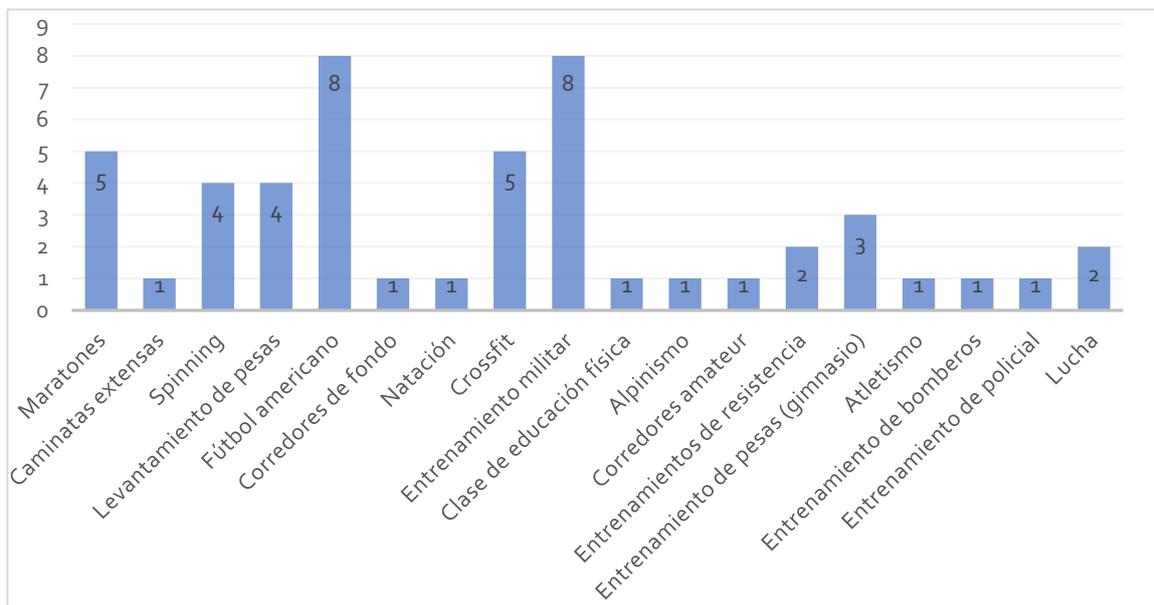


Figure 3 Diagrama de barras de actividades causantes de ER. Elaboración propia.

4.4. Limitaciones de los estudios

No hay mucha evidencia científica que respalden los tratamientos o protocolos a seguir en caso de ER, ya que suelen ser informes de casos clínicos y de una muestra tan reducida, que por tanto no refleja la efectividad del tratamiento ni se puede extrapolar a toda la población.

A pesar de ello, aquellos individuos intervenidos siguiendo el protocolo de dichas guías realizaron una recuperación perfecta y fueron capaces de reinsertarse en su práctica deportiva/profesional sin complicaciones aparentes. Además, Smoot et al.²⁴ pusieron en práctica los protocolos diseñados por Cleary et al.²² y O'Connor et al.,²³ y obtuvieron buenos resultados

5. CONCLUSIONES

Por la poca evidencia científica, no se ha podido establecer un protocolo de tratamiento fisioterápico para pacientes con ER. Sin embargo, esta se evita con un trabajo multidisciplinar y una buena prevención, antes, durante y después de la práctica deportiva.

El fisioterapeuta debe plantear programas de ejercicios moderados y progresivos, con el objetivo de evitar “demasiado ejercicio, demasiado rápido, demasiado pronto”; apoyándose de la cinesiterapia, la terapia manual, la terapia acuática y los ejercicios terapéuticos.

Los deportes de resistencia, los programas de ejercicios de alta intensidad con predominio de contracciones excéntricas, así como los entrenamientos grupales son los más proclives a desencadenar ER. Sobre todo, cuando la supervisión es muy exigente, hay mucha presión de grupo intentando ser mejor o estar al mismo nivel de los demás.

En definitiva, tanto los entrenamientos como los tratamientos deben ser individualizados, adaptándose a las características del deportista/paciente.

Consideraciones finales:

En futuras investigaciones sería interesante intentar determinar un protocolo estándar, pero es evidente que no se puede jugar con la salud de las personas y en casos de ER severa se debe tomar la mayor precaución posible.

6. Bibliografía

1. Cervellin G, Comelli I, Benatti M, Sanchis-Gomar F, Bassi A, Lippi G. Non-traumatic rhabdomyolysis: Background, laboratory features, and acute clinical management. *Clin Biochem.* 2017;50(12):656-662.
2. Salazar J, Mejías JC, Chávez-Castillo M, Chimbo-Oyaque CE, Chimbo-Oyaque TA, González-Zurita TJ et al. Rhabdomyolysis: molecular bases and clinical presentations. *AVFT.* 2018;37(4):84-83.
3. Furman J. When exercise causes exertional rhabdomyolysis. *JAAPA.* 2015;28(4):38-43. doi: 10.1097/01.JAA.0000458861.78559.3b.
4. Hill OT, Scofield DE, Usedom J, Bulathsinhala L, McKinnon C, Kwon P, Haley T, Carter R 3rd. Risk Factors for Rhabdomyolysis in the U.S. Army. *Mil Med.* 2017;182(7):e1836-e1841.
5. Armed Forces Health Surveillance Bureau. Update: Exertional rhabdomyolysis, active component, U.S. Armed Forces, 2013-2017. *MSMR.* 2018 Apr;25(4):13-17.
6. Rawson ES, Clarkson PM, Tarnopolsky MA. Perspectives on Exertional Rhabdomyolysis. *Sports Med.* 2017;47(Suppl 1):33-49.
7. Chavez LO, Leon M, Einav S, Varon J. Beyond muscle destruction: a systematic review of rhabdomyolysis for clinical practice. *Crit Care.* 2016;20(1):135.
8. Fernandes PM, Davenport RJ. How to do it: investigate exertional rhabdomyolysis (or not). *Pract Neurol.* 2019;19(1):43-48.
9. Manspeaker S, Henderson K, Riddle D. Treatment of exertional rhabdomyolysis in athletes: a systematic review. *JBI Database System Rev Implement Rep.* 2016;14(6):117-47.
10. Smaili SS, Pereira GJ, Costa MM, Rocha KK, Rodrigues L, do Carmo LG, Hirata H, Hsu YT. The role of calcium stores in apoptosis and autophagy. *Curr Mol Med.* 2013;13(2):252-65.
11. Atias D, Druyan A, Heled Y. Recurrent exertional rhabdomyolysis: coincidence, syndrome, or acquired myopathy? *Curr Sports Med Rep.* 2013;12(6):365-9.
12. Henares García P. [Rhabdomyolysis due to a training session in a gymnasium]. *Semergen.* 2012;38(1):53-5.
13. Torres PA, Helmstetter JA, Kaye AM, Kaye AD. Rhabdomyolysis: pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Ochsner J.* 2015;15(1):58-69.
14. Kim J, Lee J, Kim S, Ryu HY, Cha KS, Sung DJ. Exercise-induced rhabdomyolysis mechanisms and prevention: A literature review. *J Sport Health Sci.* 2016;5(3):324-333.

15. Baxter RE, Moore JH. Diagnosis and treatment of acute exertional rhabdomyolysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(3):104-8.
16. Eichner ER. Rhabdo redux: "Don't know much about history." *Curr Sports Med Rep.* 2011;10(4):174-175).
17. Guideline 2T. Exertional rhabdomyolysis. In: *The National Collegiate Athletic Association. 2014-2015 NCAA Sports Medicine Handbook.* Indianapolis: National Collegiate Athletic Association; 2013. p.97-102. Disponible en: <https://www.skusd.k12.ca.us/site/handlers/filedownload.ashx?moduleinstanceid=1101&dataid=1030&FileName=2014-15%20NCAA%20Sports%20Medicine%20Handbook.pdf>
18. Knafel EG, Hughes JA, Dimeski G, Eley R. Rhabdomyolysis: Patterns, Circumstances, and Outcomes of Patients Presenting to the Emergency Department. *Ochsner J.* 2018;18(3):215-221.
19. Update: Exertional rhabdomyolysis, active component, U.S. Armed Forces, 2014-2018. *MSMR.* 2019;26(4):21-25.
20. Keltz E, Khan FY, Mann G. Rhabdomyolysis. The role of diagnostic and prognostic factors. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014;3(4):303-12.
21. Randall T, Butler N, Vance AM. Rehabilitation of ten soldiers with exertional rhabdomyolysis. *Mil Med.* 1996;161(9):564-6.
22. Cleary M, Ruiz D, Eberman L, Mitchell I, Binkley H. Dehydration, cramping, and exertional rhabdomyolysis: a case report with suggestions for recovery. *J Sport Rehabil.* 2007;16(3):244-59.
23. O'Connor FG, Brennan FH Jr, Campbell W, Heled Y, Deuster P. Return to physical activity after exertional rhabdomyolysis. *Curr Sports Med Rep.* 2008;7(6):328-31.
24. Smoot MK, Amendola A, Cramer E, Doyle C, Kregel KC, Chiang HY, Cavanaugh JE, Herwaldt LA. A cluster of exertional rhabdomyolysis affecting a Division I Football team. *Clin J Sport Med.* 2013;23(5):365-72.
25. Schleich K, Slayman T, West D, Smoot K. Return to Play After Exertional Rhabdomyolysis. *J Athl Train.* 2016;51(5):406-9
26. Szczepanik ME, Heled Y, Capacchione J, Campbell W, Deuster P, O'Connor FG. Exertional rhabdomyolysis: identification and evaluation of the athlete at risk for recurrence. *Curr Sports Med Rep.* 2014;13(2):113-9.
27. Raleigh MF, Barrett JP, Jones BD, Beutler AI, Deuster PA, O'Connor FG. A Cluster of Exertional Rhabdomyolysis Cases in a ROTC Program Engaged in an Extreme Exercise Program. *Mil Med.* 2018;183(suppl_1):516-521.

28. Scalco RS, Snoeck M, Quinlivan R, Treves S, Laforét P, Jungbluth H, Voermans NC. Exertional rhabdomyolysis: physiological response or manifestation of an underlying myopathy? *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2016;2(1):e000151. eCollection 2016.
29. American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Mountain SJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(2):377-390.
30. Chapter 8 Exercise Prescription for Healthy populations with Special Considerations and Environmental Considerations. En: American College of Sports Medicine (Indianapolis, Ind.), and Pescatello LS. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* 9th Edition. Baltimore, MD [u.a.]: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins; 2014. p194-235.

7. ANEXOS

7.1. ANEXO 1

ANEXO 1 Tratamiento elaborado para 10 soldados tras rabdomiólisis inducida por el ejercicio. Traducida de Randall et al²¹.

TRATAMIENTO Randall et al. ²¹	
Fase 1	ROM activo y pasivo de hombro y codo (dentro del límite de dolor). Pasan a la siguiente fase cuando el ROM activo vuelve a la normalidad
Fase 2	Uso del ergómetro de brazo con una carga de trabajo inicial de 25W durante 5 minutos (intensidad muy baja). Pasan a la siguiente fase cuando el sujeto es capaz de realizar esta actividad durante 15 minutos sin malestar, no ha cambiado (empeorado) la técnica, ni ha aparecido dolor muscular 24 horas postejercicio.
Fase 3	<p>Entrenamiento de pesas diario</p> <ul style="list-style-type: none">• Extensiones de codo para aislar tríceps• Flexiones de brazos modificados a diario sobre un plano inclinado: primero contra la pared, progresión sobre una mesa y posteriormente un banco.• Entrenamiento de resistencia con manguitos lastrados de 1-2kg para empezar <p>Cada programa de ejercicio era individualizado para cada sujeto, y modificado después de cada entrenamiento. Se el objetivo era lograr una buena técnica, si tuviese mala forma sería indicativo de dolor o fatiga.</p> <p>Se aumenta la carga cuando la sesión se hiciese bien, sin signos de fatiga y no manifestación de dolor muscular al día siguiente.</p> <p>Una vez lograda hacer flexiones sin modificación, pueden retomar la instrucción básica militar con sus compañeros.</p>
Fase 4	Restricción: solo podían hacer una serie de repeticiones de flexiones de brazos cada 24 horas. Cada semana se evalúa al sujeto para ver la cantidad de flexiones que pueden hacer sin perder la buena forma. Este número era el límite de repeticiones que podían hacer al día hasta que ese número coincidiera con el máximo de repeticiones que hacía antes de tener ER (sin manifestar dolor muscular o pérdida de ROM).
Retorno actividad	Retorno al trabajo sin restricciones. Monitorización cada semana hasta que acabasen sus 8 semanas de instrucción militar básica.

7.2. ANEXO 2

ANEXO 2 Progresión de actividad tras rabdomiólisis con aclimatación ambiental. Traducida de Cleary et al.²².

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN Cleary et al. ²²			
Semanas del comienzo de rabdomiólisis	Actividades y ambiente recomendado Entrenamiento 5 días/semana no más de 2 días seguidos sin entrenar (a excepción de la primera semana)	Intensidad	Precauciones
Semana 1-2 Cuando todos los síntomas/signos y resultados laboratorios vuelven a sus valores normales	Ejercicio acuático, natación, deambulación y trote sin equipamiento; <ul style="list-style-type: none"> Semana 1: 3 días de entrenamiento Semana 2: 5 días de entrenamiento 	60% HRR	Evitar actividades excéntricas, DH, WT y actividades al aire libre en ambientes cálidos/calurosos y húmedos.
Semana 3	Se puede añadir al ejercicio acuático saltos con un pie o dos y resistencia no flotante; incrementar intensidad; empezar trabajo excéntrico con resistencia flotante.	60 a 75% HRR	Comenzar carga excéntrica añadiendo resistencia flotante en el agua, evitar DH, WT, y actividades al aire libre en ambientes cálidos/calurosos y húmedos.
Semana 4	Ejercicios puertas adentro en un ambiente de clima controlado: comenzar a andar y correr en una superficie plana, seguido de ejercicio acuático. Ejercicios al aire libre en un ambiente cálido/o caluroso y húmedo: no más de 20 minutos de ejercicios de deambulación/carrera continua con incremento de intensidad cada 2 días.	60 a 70% HRR sobre tierra 70 a 80% HRR en agua	Evite DW y WT, anote BWT pre- y post-ejercicio y rehidratación* apropiada; camisa/pantalón corto, no equipamiento ni hombreras.
Semana 5	Ejercicios puertas adentro en un ambiente de clima controlado: incrementa la intensidad de deambulación/carrera sobre superficie plana, seguido de ejercicios acuáticos, 5 días/semana. Ejercicios al aire libre en un ambiente cálido/caluroso y húmedo: no más de 30 minutos de ejercicios de deambulación/carrera continua con incremento de intensidad cada 2 días.	70 a 80% HRR	Evite DW y WT: anote BWT pre- y post-entrenamiento; rehidratación apropiada; camisa/pantalón corto, no equipamiento ni hombreras.
Semana 6	Ejercicios de puertas adentro en un ambiente de clima controlado: comienza a introducir ambulación/carrera en planos inclinados, seguidos de ejercicio acuático.	60 a 80% HRR	Evite DW y WT: anote BWT pre- y post-ejercicio; rehidratación apropiada; camisa/pantalón corto, no equipamiento ni hombreras.

7.2. ANEXO 2

ANEXO 2 Progresión de actividad tras rabdomiólisis con aclimatación ambiental. Traducida de Cleary et al.²².

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN Cleary et al. ²²			
Semanas del comienzo de rabdomiólisis	Actividades y ambiente recomendado Entrenamiento 5 días/semana no más de 2 días seguidos sin entrenar (a excepción de la primera semana)	Intensidad	Precauciones
	Ejercicios al aire libre en un ambiente cálido/caluroso y húmedo: no más de 40 minutos, 10 minutos de entrenamiento interválico seguidos de 30 minutos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de la intensidad cada 2 días.		
Semana 7 a 8	<p>Ejercicios de puertas adentro en un ambiente de clima controlado: comienza un circuito de WT 3 días/semana enfocando solo un ejercicio por regi3n corporal; deambulaci3n/carrera de diversas maneras, seguido de ejercicio acuático.</p> <p>Ejercicios al aire libre en un ambiente cálido/caluroso húmedo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Semana 7: no más de 50 minutos, 20 minutos de entrenamiento interválico seguido de 30 minutos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de la intensidad cada 2 días. Semana 8: no más de 60 minutos, 10 minutos de entrenamiento de agilidad, 20 minutos de entrenamiento interválico seguidos de 30 minutos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de la intensidad cada 2 días. 	<p>WT 50 a 67% del 1RM pre-lesión</p> <p>HRR según las necesidades del deporte</p>	<p>Progreso lento con WT; comenzar con 1 serie de 10 a 15 repeticiones hasta finalmente lograr 3 series cuando acabe la 8 semana.</p> <p>Anote BWT pre- y post- entrenamiento; rehidrataci3n apropiada; camisa/pantal3n corto, no equipamiento ni hombreras; descanso para reposici3n de agua cada 20 minutos.</p>
Semana 9 a 10	<p>Ejercicios de puertas adentro en un ambiente de clima controlado: incrementa el circuito de WT 3 días/semana realizando 2 ejercicios para cada regi3n corporal; deambulaci3n/carrera de diversas maneras, seguido de ejercicio acuático.</p> <p>Ejercicios al aire libre en un ambiente cálido/caluroso húmedo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Semana 9: no más de 70 minutos, 15 minutos de entrenamiento de agilidad, 25 minutos de entrenamiento interválico seguido de 30 minutos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de la intensidad cada 2 días. Semana 10: no más de 80 minutos, 20 minutos de entrenamiento de agilidad, 30 minutos de entrenamiento interválico, seguidos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de la intensidad cada 2 días. 	<p>WT 65 a 75% de 1RM pre-lesión</p> <p>HRR según las necesidades del deporte</p>	<p>Progreso lento con WT, comenzar con 1 serie de 8 a 12 repeticiones hasta llegar a 3 series al final de la segunda semana.</p> <p>Anote BWT pre- y post- entrenamiento; rehidrataci3n apropiada; camisa/pantal3n corto, no equipamiento ni hombreras.</p>
Semana 11 a 12	Ejercicios de puertas adentro en un ambiente de clima controlado: incrementa el circuito de WT 3 días/semana realizando de 2 a 3 ejercicios para cada regi3n corporal; deambulaci3n/carrera de diversas maneras, seguido de ejercicio acuático.	WT 75 a 85% de 1RM pre-lesión	Progreso lento con WT, comenzar con 1 serie de 6 a 10 repeticiones hasta llegar a 3 series al cabo de la segunda semana.

7.2. ANEXO 2

ANEXO 2 Progresión de actividad tras rabiomólisis con aclimatación ambiental. Traducida de Cleary et al.²².

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN Cleary et al.²²

Semanas del comienzo de rabiomólisis	Actividades y ambiente recomendado Entrenamiento 5 días/semana no más de 2 días seguidos sin entrenar (a excepción de la primera semana)	Intensidad	Precauciones
	<p>Ejercicios al aire libre en un ambiente cálido/caluroso húmedo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Semana 11: no más de 80 minutos, 20 minutos de entrenamiento de agilidad, 30 minutos de entrenamiento interválico seguido de 30 minutos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de la intensidad cada 2 días. Semana 12: no más de 80 minutos, 20 minutos de entrenamiento de agilidad, 30 minutos de entrenamiento interválico, seguidos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de la intensidad cada 2 días. 	HRR según las necesidades del deporte	Anote BWT pre- y post- entrenamiento; rehidrataci3n adecuada. Use hombreras durante unos 20-30 minutos, después remover para lo que quede de entrenamiento.
Semana 13 a 14	<p>Ejercicios de puertas adentro en un ambiente de clima controlado: continua el circuito de WT según tolerancia con ejercicios acuáticos para prevenir dolor muscular de aparici3n retardada; puede ir ańadiendo ejercicios pliométricos.</p> <p>Ejercicios al air libre en un ambiente cálido/caluroso húmedo: entrenamientos específicos de la práctica deportiva y retorno al entrenamiento completo con el equipo (con hombreras limitadas) o 80 minutos: 20 minutos de entrenamiento de agilidad, 30 minutos de entrenamiento interválico seguido de 30 minutos de deambulaci3n/carrera continua con incremento de intensidad cada 2 días.</p>	HRR y WT, según las necesidades del deporte	<p>Continua progresi3n lenta de WT on pliométricos.</p> <p>Anote BWT pre- y post- entrenamiento; rehidrataci3n adecuada; uso de hombreras entre 60 y 80 minutos y después remover para el resto del entrenamiento.</p>
Semana 15	Ejercicios al aire libre en un ambiente cálido/caluroso húmedo: progresar la duraci3n a la duraci3n que requerirá cuando vuelva a la práctica deportiva.	70 a 85% HRR, según las necesidades del deporte	Anote BWT pre- y post- entrenamiento; rehidrataci3n adecuada; descanso para reposici3n de agua cada 20 minutos; uso de hombreras durante todo el entrenamiento.

Notas. HRR: recuperaci3n de la frecuencia cardiaca, calcúlalo con la frecuencia cardiaca en reposo (HRrest) y frecuencia cardiaca máxima (HRmax) (HRmax = 220 - edad). Para calcular el porcentaje de HRR = (HRmax - HRrest) x %Intensidad + HRrest según pautas establecidas; DH: deambulaci3n/carrera cuesta abajo; WT: entrenamiento de pesas; RM: repetic3n máxima o peso levantado de manera tolerada y confortable y puede ser estimada usando el 1ORM según pautas establecidas; BWT: peso corporal. *Rehidratar con la misma cantidad de líquido que se va perdiendo a medida que va cambiando el peso corporal. El entrenamiento interválico deberá incluir una relaci3n de trabajo-descanso igual o 1:1 permitiendo que el deportista trabaje cercano a los niveles máximos durante un periodo de tiempo más prolongado.

7.3. ANEXO 3

ANEXO 3 Pautas para el retorno a la actividad física para deportistas de bajo riesgo tras rabdomiólisis inducida por el ejercicio. Traducida de O'Connor et al.²³.

PAUTAS O GUÍAS DE TRATAMIENTO O'Connor et al.²³

PAUTAS O GUÍAS DE TRATAMIENTO O'Connor et al. ²³	
Fase 1	<ul style="list-style-type: none">• Descanso durante 72 horas y fomenta la hidratación oral.• Dormir cada noche 8 horas consecutivas.• Si ER está relacionado con enfermedades de calor, mantenerse en ambientes de clima controlado.• Tras las 72 horas revalorar los niveles de CK y UA.• Cuando los niveles de CK es menor que cinco veces el límite superior de los valores normales y UA ha vuelto a la normalidad, comenzar la fase 2. Si no es así, mantenerse en la fase 1 y cada 72 horas repetir el mismo proceso hasta que se cumpla lo mencionado anteriormente.• Si CK mantiene valores mayores o iguales que cinco veces su límite superior normal y/o el UA es continuamente anormal durante 2 semanas, referir al experto necesario.
Fase 2	<ul style="list-style-type: none">• Comenzar con actividades ligeras al aire libre, no realizar actividades extenuantes.• Actividad física a su propio ritmo y distancia supervisado por entrenador atlético o fisioterapeuta)• Entrenamiento de resistencia de carga baja.• Seguimiento con su médico en 1 semana.• Si no retorna ningún síntoma clínico, se puede progresar a la fase 3; sino, mantenerse en la segunda fase y hacer un seguimiento cada semana. Puede pasar a la siguiente fase cuando no haya debilidad, inflamación, dolor o molestias musculares. Si persiste ese dolor muscular sin hallazgos objetivos más allá de 4 semanas, considerar evaluaciones de especialidades que incluya la psiquiatría.
Fase 3	<ul style="list-style-type: none">• Retorno gradual a actividad deportiva y entrenamiento físico• Seguimiento con su médico según las necesidades de cada uno.

Notas. CK: creatina quinasa; UA: análisis de orina; ER: rabdomiólisis inducida por el ejercicio.

7.4. ANEXO 4

ANEXO 4 Programa de reintegración. Tabla original modificada de Schleich et al.²⁵.

PROGRAMA DE REINTEGRACIÓN Schleich et al. ²⁵						
Fase 1*	<ul style="list-style-type: none"> Tras alta hospitalaria retorno a las AVD durante 2 semanas. Cada día el entrenador atlético debe valorar al jugador: dolor muscular recurrente, estado de hidratación, y características de la orina, además que haya dormido 8 horas seguidas por la noche. Al final de la fase se valora CK y creatinina sérica; si <5 veces el valor normal (1 000 U/L) pasaba a la fase 2. 					
	<ul style="list-style-type: none"> Programa de reintroducción deportiva 5 días/semana y en un ambiente de temperatura controlada. Inicio de actividad física: incidiendo sobre los estiramientos, y acondicionamiento aeróbico acuático. 					
Fase 2*	<u>Actividad</u>	<u>Día 1</u>	<u>Día 2</u>	<u>Día 3</u>	<u>Día 4</u>	<u>Día 5</u>
	<i>Foam rolling</i>	EESS y EEII	EESS y EEII	EESS y EEII	EESS y EEII	EESS y EEII
	Calentamiento dinámico 5 min	Piscina	Piscina	Piscina	Piscina	Piscina
	Movimientos funcionales (ej: trote en piscina)	10 min agua a nivel del pecho	15 min agua a nivel del pecho	15 min agua a nivel de la cintura	15 min agua a nivel de la cintura	15 min agua a nivel de la cintura
	Bicicleta estática	No incorporada tto.	No incorporada tto.	No incorporada tto.	10 min ciclismo a ritmo estable 70% HRmax	15 min ciclismo a ritmo estable 70% HRmax
	Estiramientos	Estático con cuerda	Estático con cuerda	Estático con cuerda	Estático con cuerda	Estático con cuerda
Fase 3*	<ul style="list-style-type: none"> Programa de reintroducción deportiva 5 días/semana y en un ambiente de temperatura controlada. Ampliando ejercicios de la segunda fase. Incorporando ejercicios sobre tierra: calentamiento dinámico, deambulación con bandas elásticas y más movimientos funcionales (con BWT y <i>fitball</i> si no manifestaba dolor). Aumentando la resistencia y duración de los ejercicios, así como HRmax. 					
	<u>Actividad</u>	<u>Día 1</u>	<u>Día 2</u>	<u>Día 3</u>	<u>Día 4</u>	<u>Día 5</u>
	<i>Foam rolling</i>	EESS y EEII	No actividad	EESS y EEII	No actividad	EESS y EEII

7.4. ANEXO 4

ANEXO 4 Programa de reintegración. Tabla original modificada de Schleich et al.²⁵.

PROGRAMA DE REINTEGRACIÓN Schleich et al.²⁵

	Activación muscular	Deambulación: hacia delante, atrás lateral, estático, ABD cadera	No actividad	Deambulación: hacia delante, atrás lateral, estático, ABD cadera	No actividad	Deambulación: hacia delante, atrás lateral, estático, ABD cadera
	Calentamiento dinámico 5 min	En tierra	En tierra y con palo	En tierra	En tierra y con palo	En tierra
	Movimientos funcionales	8 sentadillas 3 reps 5 estocadas 2 reps 8 peso muerto rumano con barra 3 reps 5 puente con <i>fitball</i> 2 reps 5 movimientos Superman 2 reps 8 flexiones brazos 3 reps 5 fondos en paralelas 2 reps	No actividad	8 sentadillas monopodal 3 reps 5 estocadas laterales 2 reps 8 <i>hamstrings curls</i> con <i>fitball</i> 3 reps 15 seg plancha lateral 4 reps 5 giros rusos 2 reps 3 flexiones de brazos + <i>box walkovers</i> 3 reps 8 remo invertidos 2 reps	No actividad	10 <i>step ups</i> 3 reps 5 estocadas 3 reps 10 peso muerto rumano con barra 3 reps 6 puente con <i>fitball</i> 2 reps 6 ejercicio de rezo con <i>fitball</i> 2 reps 8 flexiones de brazo con <i>fitball</i> 3 reps 5 fondos en paralelas 3 reps 8 movimientos con escalera de agilidad
	Bicicleta estática (%HRmax)	20 min ciclismo a ritmo estable (80%)	15 min intervalos de cuestas (80%)	15 min ciclismo a ritmo estable (70%)	20 min intervalos de cuestas (80%)	20 min ciclismo a ritmo estable (70%)
	Estiramientos	Estático con cuerda	Estático con cuerda	Estático con cuerda	Estático con cuerda	Estático con cuerda
Fase 4*	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de reintroducción deportiva 5 días/semana y en un ambiente de temperatura controlada. • Incremento de entrenamiento de resistencia al 20-25% 1RM. • Comienzo de carrera 49.5 metros a un ritmo más bajo (no cronometrado) o 1 segundo más lento que su ritmo normal (+1). • Ejercicios de agilidad sobre cajas al 70-80% se su esfuerzo normal. 					
	<u>Actividad</u>	<u>Día 1</u>	<u>Día 2</u>	<u>Día 3</u>	<u>Día 4</u>	<u>Día 5</u>

7.4. ANEXO 4

ANEXO 4 Programa de reintegración. Tabla original modificada de Schleich et al.²⁵.

PROGRAMA DE REINTEGRACIÓN Schleich et al. ²⁵						
	Foam rolling	EESS y EEII	EESS y EEII	EESS y EEII	EESS y EEII	EESS y EEII
	Activación muscular	Deambulación: hacia delante, atrás lateral, estático, ABD cadera	No actividad	Deambulación: hacia delante, atrás lateral, estático, ABD cadera	No actividad	Deambulación: hacia delante, atrás lateral, estático, ABD cadera
	Calentamiento dinámico 5 min	En tierra	En tierra y con palo	En tierra	En tierra y con palo	En tierra
	Movimientos funcionales	Levantamiento peso 20-25%1RM 8 movimientos de con escalera de agilidad Caja de agilidad	No actividad	Levantamiento peso 20-25%1RM 8 movimientos de con escalera de agilidad Caja de agilidad	No actividad	Levantamiento peso 20-25%1RM 8 movimientos de con escalera de agilidad Caja de agilidad
	Carrera	2 carreras 49.5 metros no cronometrados 8 +1 carreras 49.5 metros	No actividad	2 carreras 49.5 metros no cronometrados 10 +1 carreras 49.5 metros	No actividad	2 carreras 49.5 metros no cronometrados 10 carreras 49.5 metros su ritmo normal

Notas. * Para progresar a la siguiente fase, tenía que haber ausencia de síntomas clínicos y valoración de laboratorio dentro de los parámetros normales. Al comienzo de cada sesión de valoraba CK para asegurarse de que era >5 veces el valor normal (1 000 U/L). min= minutos; EESS: extremidades superiores; EEII: extremidades inferiores; tto.: tratamiento; HRmax: frecuencia cardíaca máxima; BWT: peso corporal; reps: repeticiones; ABD: abducción; ej: ejemplo; seg: segundos; 1RM.

7.5. ANEXO 5

ANEXO 5 Descripción de los participantes y la actividad detonante de ER, síntomas y signos y resultados de laboratorio y valoración. Elaboración propia

ESTUDIO	Randall et al. ²¹	Cleary et al. ²²	O'Connor et al. ²³	Smoot et al. ²⁴
TIPO DE ESTUDIO	Caso clínico	Caso clínico	Casos clínicos	Caso clínico y caso-control
MUESTRA	10	1	2	13 casos de ER pero sólo 10 permitieron que los autores usases sus expedientes médicos
EDAD	17-21	16	21 y 25	19-21
SEXO	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino
ETNIA	No especificado	Hispanoamericano	Caso 1 (25 años) no especificado, Caso 2 (21 años) afroamericano	No especificado
PROFESIÓN	Soldados	Deportista federado	Un deportista federado y uno amateur	Deportistas federados
SÍNTOMAS Y SIGNOS	Dolor severo EESS, pérdida de movimiento en uno o ambos brazos y oscurecimiento de orina	Calambres musculares en piernas inferiores, isquiotibiales, zona lumbar y abdominales	Caso 1: dolor insoportable de brazo, hombro y región de la caja torácica, así como oscurecimiento de orina Caso 2: dolor severo bilateral de piernas, casi no podía andar	Oscuración de orina, dolor muscular severo e inflamación muscular
TIEMPO EJERCICIO/SÍNTOMAS	24-48 horas de primera actividad	Pasadas las 8 semanas	Caso 1: 24 horas Caso 2: 8 horas después realizar el tercer día de campamento	12 jugadores: 5 días después del primer día de retorno 1 jugador: 6 días después
EJERCICIO DETONANTE	>100 flexiones de brazos (a lo largo de varias horas), además, tenían que mantener la posición isométrica de "arriba" durante un tiempo prolongado	Entrenamiento de pretemporada de fútbol americano	Caso 1: <i>Press</i> militar y <i>press</i> de banca; flexión de bíceps con fase negativa lenta Caso 2: campamento de verano de fútbol americano	Ejercicios como: <i>arrancada/snatch</i> , <i>sentadilla trasera/back squat</i> , empuje de trineo/ <i>sled pushes</i> , <i>dominadas/pull ups</i> , remo con mancuernas/ <i>dumbbell rows</i> , <i>press pallof</i> (trabajo con poleas), <i>crunch</i> en polea alta, <i>roll out</i> en bipedestación (entrenamiento en suspensión), <i>press</i> de banca, extensiones lumbares, carga colgante/ <i>hang cleans</i> , <i>press</i> de banca inclinada, peso muerto rumano con barra, <i>press</i> de hombro con carga.
HOSPITALIZACIÓN	Sí, 4/10 (no especifica cuantos días)	Sí, 2 días	Caso 1: sí, 3 días Caso 2: sí, 8 días	Sí, 10/10, 4-6 días

7.5. ANEXO 5

ANEXO 5 Descripción de los participantes y la actividad detonante de ER, síntomas y signos y resultados de laboratorio y valoración. Elaboración propia

ESTUDIO	Randall et al. ²¹	Cleary et al. ²²	O'Connor et al. ²³	Smoot et al. ²⁴
EVALUACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • CK sérico >20 000 IU/L • Movimiento activo hombro y codo: dolor y rigidez muscular • ROM activo de hombro: casi cero cuando llegaron a urgencias • Contracción contra resistencia deltoides y tríceps: dolor factor limitante • AVD reducidas • Evaluación por un fisioterapeuta 3-5 días tras incidente: ROM activo y pasivo, descripción subjetiva del dolor, test de dolor muscular (1-4), test muscular manual EESS 	<ul style="list-style-type: none"> • Pico de CK >3363 IU/L • Mb 17.2 ng/mL • BUN 24 mg/dL • Creatinina 1.6 mg/dL • Calcio 10.8 mg/dL • Deshidratación severa 	<p>Caso 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desde hace 6 meses nota molestias en las piernas a pesar de realizar ejercicio moderado • Tira reactiva de orina positiva, pero mostró pocas células rojas tras examen microscópico • CK sérica: 25 000 IU/L y pico más alto CK 30 000 IU/L <p>Caso 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tira reactiva de orina positiva, pero negativa para celular rojas tras examen microscópico • CK sérico: 50 000 IU/L; tercer día tenía un pico de 105 000 IU/L • Insuficiencia renal moderada 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de masa corporal entre 24.4 a 35.0 kg/m² • CK sérico inicial entre 96 987 a 331 044 IU/L • Creatinina sérica 1.0 a 3.4 mg/dL • Electrolitos dentro de los valores normales • Tira reactiva de orina positiva, pero negativa para celular rojas tras examen microscópico • Un jugador tuvo una complicación: neumonía
RASGO FALCIFORME	No específica	No	Caso 1: no Caso 2: sí y ya tenía constancia de ello	Sólo uno y ya tenía constancia de ello
REHABILITACIÓN O PROGRAMA DE REINTEGRACIÓN	Sí y detallada en el estudio	No, pero sí sugieren una guía	No, pero sí sugieren una guía	Sí, pero no elaborada en dicho estudio; Schleich et al. ²⁵ la detallan en un informe
RESULTADOS	Retorno a la instrucción básica militar sin restricciones en un rango de 17-44 días	Retorno a práctica deportiva 7 días después	Caso 1: 2 semanas después va a su médico de cabecera y quiere retomar levantamiento	2 semanas después los valores de CK estaban entre 100 a y 700 IU/L. retomaron la práctica deportiva en torno a los 14-24 días.

7.5. ANEXO 5

ANEXO 5 Descripción de los participantes y la actividad detonante de ER, síntomas y signos y resultados de laboratorio y valoración. Elaboración propia

ESTUDIO	Randall et al. ²¹	Cleary et al. ²²	O'Connor et al. ²³	Smoot et al. ²⁴
			de pesas, su CK actual era 140 IU/L Caso 2: va a su médico de cabecera porque quiere retomar la práctica de fútbol americano, su CK actual era 700 IU/L	

Notas. >: mayor; AVD: actividades de la vida diaria; BUN: nitrógeno ureico en sangre; CK: creatina quinada; ER: rabdomiólisis inducida por el ejercicio; EESS: extremidades superiores; IU/L: unidades internacionales por litro; kg/m²: kilogramos por metro cuadrado Mb: mioglobina; mg/dL: miligramos por decilitro; ng/mL: nanogramos por decilitro; ROM: rango de movimiento.