

Catarina De Carvalho Fernandes

O efeito da *Cold Water Immersion* na dor e força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com sensação retardada de desconforto muscular: uma revisão sistemática.

Universidade Fernando Pessoa

Escola Superior de Saúde

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

Catarina De Carvalho Fernandes

O efeito da *Cold Water Immersion* na dor e força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com sensação retardada de desconforto muscular: uma revisão sistemática.

Universidade Fernando Pessoa

Escola Superior de Saúde

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

Catarina De Carvalho Fernandes

O efeito da *Cold Water Immersion* na dor e força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com sensação retardada de desconforto muscular: uma revisão sistemática.

Atesto a originalidade do trabalho

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia Desportiva, sob a orientação do Professor Doutor Ricardo Cardoso.

Resumo

Introdução: O rugby é um desporto de contacto de alta intensidade e de elevada carga física, que induz fadiga, dor e dano muscular. As alterações no desempenho neuromuscular, na perceção de fadiga e na sensação retardada de desconforto muscular (DOMS) podem ser descritos no período de tempo de 72 horas até 7 dias após o exercício, sendo por esse motivo importante estudar formas de tratamento que as minimizem. A *Cold Water Immersion* (CWI) é uma estratégia de recuperação utilizada para diminuir a dor, o espasmo muscular e a redução das propriedades de condução nervosa.

Objetivo: Verificar o efeito da CWI na dor e na força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com DOMS.

Metodologia: Foi realizada uma pesquisa computadorizada nas bases de dados *Pubmed/Medline*, *PEдро*, *Lilacs*, *Scielo*, *Web of Science*, *Cochrane CENTRAL*, *Academic Search Complete* e *SPORTDiscus* para pesquisar os estudos que envolvessem o tratamento através da *Cold Water Immersion* em atletas de rugby. Seguidamente foi feita a seleção dos estudos removendo os duplicados e de acordo com os critérios de elegibilidade. Posteriormente foi realizada a análise da qualidade metodológica dos estudos incluídos através da escala da *Physiotherapy Evidence Database*.

Resultados: Foram incluídos na análise qualitativa um total de 7 artigos envolvendo 157 atletas de rugby. Nos estudos foram analisadas as características da amostra, o protocolo de indução de dano muscular, a intervenção realizada no estudo, os parâmetros e instrumentos de avaliação e ainda os resultados sobre a CWI.

Conclusão: A CWI parece diminuir a dor e a perda de força em atletas de rugby com DOMS, sobretudo numa fase aguda. Nos estudos em que se obtiveram bons resultados, a temperatura da água varia entre os 10°C e os 12°C e o tempo de imersão entre os 10 minutos e os 20 minutos.

Palavras-Chave: crioterapia de corpo inteiro, *cold water immersion*, sensação retardada de desconforto muscular, dano muscular, rugby.

Abstract

Introduction: Rugby is a high-intensity, physically demanding contact sport that induces fatigue, pain and muscle damage. Changes in neuromuscular performance, perception of fatigue and delayed onset muscle soreness (DOMS) can be described for 72 hours to 7 days, which is why it is important to study forms of treatment that minimize them. Cold Water Immersion (CWI) is a recovery strategy used to decrease pain, muscle spasm and reduced nerve conduction properties.

Objective: To verify the effect of CWI on pain and muscle strength of the lower limbs in rugby athletes with DOMS.

Methodology: A computerized search was carried out in *Pubmed/Medline, PEDro, Lilacs, Scielo, Web of Science, Cochrane CENTRAL, Academic Search Complete e SPORTDiscus* databases to search for studies involving the treatment through Cold Water Immersion in rugby athletes. The studies were then selected by removing duplicates and according to the eligibility criteria. Subsequently, an analysis of the methodological quality of the included studies was performed using the Physiotherapy Evidence Database.

Results: A total of 7 articles involving 157 rugby athletes were included in the qualitative analysis. In the studies, the characteristics of the sample, the muscle damage induction protocol, the intervention carried out in the study, the parameters and evaluation instruments and the results on the CWI were analyzed.

Conclusion: CWI appears to decrease pain and strength loss in rugby players with DOMS especially in an acute phase. In studies where good results were obtained, the water temperature varies between 10°C and 12°C and the immersion time between 10 minutes and 20 minutes.

Keywords: whole body cryotherapy, cold water immersion, delayed onset muscle soreness, muscle damage, rugby.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Ricardo Cardoso, pela sua ajuda, suporte e disponibilidade prestados ao longo desta caminhada.

Sou extremamente grata os meus pais e irmão pela força e suporte que me transmitiram desde o início desta jornada e, por me terem dado todas as condições e apoio necessários para concluir mais uma etapa da minha vida.

Ao meu namorado, por todo o apoio, compreensão e paciência.

Aos meus amigos pela ajuda e suporte incondicional.

E por último, quero agradecer à Dra. Cátia Dias por toda a coragem, força e apoio transmitidos ao longo dos últimos tempos.

A todos o meu sincero obrigada.

Índice Geral

Índice Figuras	vi
Índice Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas	viii
Capítulo I	
Introdução	2
Enquadramento Teórico	5
1. O Rugby	5
1.1. Categorias e Atletas de Rugby	5
1.2. Jogo e Treino de Rugby	6
1.3. Lesões e Recuperação no Rugby	8
2. Dano Muscular Induzido pelo Exercício	9
3. Sensação Retardada de Desconforto Muscular	10
3.1. Sinais e Sintomas da DOMS	12
3.2. Mecanismos e Fisiopatologia da DOMS	12
3.3. Impacto e Consequências da DOMS	15
3.4. Estratégias de Prevenção e Tratamento da DOMS	18
4. Crioterapia	20
5. <i>Cold Water Immersion</i>	20
5.1. Protocolos de utilização da CWI	21
5.2. Efeitos e Mecanismos Fisiológicos de CWI	22
5.3. CWI e a Performance Atlética após EIMD	25
Capítulo II	
Metodologia	28
1. Estratégias de Pesquisa	28
2. Critérios de Elegibilidade	29
2.1. Critérios de Inclusão	29
2.2. Critérios de Exclusão	29
3. Análise da Qualidade Metodológica	29

4. Objetivo do Estudo	30
Capítulo III	
Resultados	32
Capítulo IV	
Discussão e Conclusão	42
1. Amostra	42
1.1. Tipo de Estudo	42
1.2. Participantes	43
1.3. Sexo	43
2. Características Antropométricas	44
3. Protocolo de Indução de Dano Muscular	46
4. Intervenção Clínica	48
4.1. Tempo até aplicação da Intervenção Clínica	48
4.2. Grupos de Estudo	49
5. Parâmetros e Instrumentos de Avaliação	55
6. Efeitos da CWI	58
7. Limitações do Estudo e Sugestões para Futuros Estudos	61
Conclusão	62
Capítulo V	
Bibliografia	64

Índice de Figuras

Figura 1. Representação esquemática das causas, processos fisiológicos e consequências da EIMD	11
Figura 2. Mecanismos fisiológicos pelos quais a CWI acelera a recuperação	23
Figura 3. Escala de PEDro (Portugal)	30
Figura 4. Fluxograma da pesquisa bibliográfica	33

Índice de Tabelas

Tabela 1. Classificação da qualidade metodológica dos artigos de acordo com a Escala de PEDro	33
Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa	34

Lista de Abreviaturas

DOMS	Sensação Retardada de Desconforto Muscular
CWI	<i>Cold Water Immersion</i>
RU	<i>Rugby Union</i>
RL	<i>Rugby League</i>
EIMD	Dano Muscular Induzido Pelo Esforço
ROM	Amplitude de Movimento
UI/L	Unidade Internacional/Litro
AINES	Anti-Inflamatório Não Esteroide
SNC	Sistema Nervoso Central
VS	Volume Sistólico
DC	Débito Cardíaco
SREP	Sensação Reduzida de Esforço Percebido
VSC	Volume Sanguíneo Central
PVC	Pressão Venosa Central
FS	Fluxo Sanguíneo
Tc	Temperatura Central
TRPM8	<i>Transient Receptor Potential Channel M8</i>
RCT	<i>Randomized Controlled Trial</i>
n	Tamanho da Amostra
M	Masculino
F	Feminino
P	Peso
A	Altura
GCWI	Grupo <i>Cold Water Immersion</i>
GC	Grupo de Controlo
SCM	Salto Contramovimento
DM	Dor Muscular
FM	Força Muscular

EVA	Escala Visual Analógica
GBC	Grupo Banhos de Contraste
CIMV	Contração Isométrica Máxima Voluntária
GITA	Grupo de Imersão a Temperatura Ambiente
SJ	<i>Squat Jump</i>
RESEP	<i>Rugby-Specific Exercise Protocol</i>
BURST	<i>Bath University Shuttle Test</i>
SD	Desvio Padrão
E-C	Excitação-Contração

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Introdução

O rugby é um desporto de contacto de alta intensidade, que engloba corridas de grande velocidade, *sprints*, momentos de aceleração/ desaceleração, atividades de colisão como os *tackles*, *scrums*, *rucks* e *mauls* (Jones et al., 2015). Esta associação de carga física interna e externamente, induz fadiga, dor e dano muscular após um jogo (Tavares, Smith e Driller, 2017). As alterações no desempenho neuromuscular, na perceção de fadiga e na sensação retardada de desconforto muscular (DOMS) podem ser descritos por 72 horas e até 7 dias após o jogo (Webb et al., 2013). Geralmente, o treino de rugby ocorre menos de 48 horas antes do jogo, com os atletas a treinarem durante 2 ou mais dias consecutivos durante a semana. Por esse motivo, o desempenho neuromuscular pode estar comprometido (Tavares, Smith e Driller, 2017).

A DOMS é um episódio bem documentado e ocorre, na grande parte das vezes, como o resultado de exercícios excêntricos, que o atleta não está habituado, ou exercícios de elevada intensidade (Vaile et al., 2008). Os sintomas podem variar de sensibilidade muscular até a dor debilitante (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

Os atletas são frequentemente suscetíveis a estes danos musculares uma vez que os seus músculos são regularmente submetidos a contrações repetidas e de alta intensidade (Vaile et al., 2008). Existem muitas estratégias utilizadas para prevenir a DOMS, sendo a aplicação de água fria muito usada após o exercício (Demirhan et al., 2017).

O uso de estratégias de recuperação, como a *Cold Water Immersion* (CWI) são comuns na tentativa de “melhorar o cronograma de recuperação e a preparação para o treino e competições subsequentes” (Nunes et al., 2019). A CWI pode contribuir para a diminuição do espasmo, de dor e a redução das propriedades de condução nervosa (Cochrane, 2004). Tavares, Smith e Driller (2017) verificaram que modalidades que incluam água fria podem ser benéficas para recuperar do treino e jogo de rugby.

Pelo que é do nosso conhecimento, até à data não foi realizada nenhuma revisão sistemática sobre a aplicação de protocolos de CWI a atletas de rugby.

Uma vez que se trata de um tipo de tratamento bastante rápido e fácil de realizar, tanto a nível de dispêndio de tempo como de recursos, esta é uma técnica bastante interessante para ser estudada quer quanto à sua eficácia no contexto desportivo quer quanto aos seus efeitos.

O efeito da CWI na dor e força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com DOMS: uma revisão sistemática

Assim, neste estudo pretendeu-se verificar o efeito da CWI na dor e na força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com DOMS.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Enquadramento Teórico

1. O Rugby

Segundo a lenda de William Webb Ellis, o rugby nasceu no ano de 1823, quando o William ficou na história após pegar numa bola de futebol, durante um jogo de futebol, e correr com ela nas mãos, na escola da cidade inglesa de rugby. Esta lenda tem persistido ao longo dos tempos e é considerada como a origem do rugby (Federação Portuguesa de Rugby, 2017).

O rugby é um desporto coletivo de alta intensidade jogado no mundo inteiro. Como grande parte dos desportos coletivos, o esforço no rugby é maioritariamente intermitente, sendo marcado por atividades de alta intensidade intercaladas com atividades de baixa intensidade ou descanso (Tavares, Smith e Driller, 2017). O rugby adquiriu uma popularidade internacional, tornando-se num dos desportos de colisão mais jogados e assistidos no mundo, com cerca de 8.5 milhões de jogadores registados, em mais de 121 países no mundo todo (Yeomans et al., 2018).

1.1. Categorias e Atletas de Rugby

Existem duas grandes categorias de rugby, o *Rugby Union* (RU) e o *Rugby League* (RL), em que no primeiro estão 15 jogadores e no segundo 13 jogadores em cada lado do campo (Gonzalez et al., 2018). No RU a equipa é geralmente composta por 8 avançados/atacantes e 7 defesas enquanto que no RL a equipa tem 6 avançados/atacantes e 7 defesas. Apesar do nome das posições ocupadas pelos jogadores ser o mesmo, em cada variante, o atleta tem o seu próprio papel específico (Brazier et al., 2018). Este desporto consiste em duas equipas, que competem para colocar a bola sobre a linha de golo adversária (Yeomans et al., 2018). Ambos os jogos têm 80 minutos de duração com um intervalo de 10 minutos (Brazier et al., 2018).

As posições num jogo de rugby são identificadas pelo número que os jogadores vestem, em que cada número corresponde a uma posição. Geralmente os jogadores com as camisolas numeradas de 1 a 8 (RU) ou de 1 a 6 (RL) correspondem aos avançados e os atletas com as camisolas de 8 a 15 (RU) e de 6 a 13 (RL) correspondem aos defesas (Federação Portuguesa de Rugby, 2017).

No rugby, os atacantes estão envolvidos em mais *scrums*, alinhamentos, *rucks* e *mauls*, o que exige maior altura, maior massa corporal, potência e força muscular para serem eficazes. O principal papel dos defesas é avançar no território adversário, o que requer uma maior combinação de velocidade, aceleração e agilidade (Brazier et al., 2018). Apesar das semelhanças entre as categorias relativamente às características físicas, padrões de movimento e regras, no RL não existem alinhamentos, *rucks*, *mauls* e o número de *tackles* durante o período de posse de bola é limitado a 6 *tackles* (Gabbett, 2005). De acordo com a Federação Portuguesa de Rugby (2014), um *ruck* acontece quando um ou mais jogadores de cada equipa se encontram de pé e em contacto físico e rodeiam a bola que está no meio deles, no chão. Um *scrum* diz respeito ao início do jogo, em que os atletas das duas equipas se empurram com o objetivo de ganhar a posse de bola. Um *maul* é formado por um ou mais jogadores de cada equipa que estão em contacto físico, rodeando um jogador que está com a posse da bola naquele instante. E um *tackle* acontece quando o jogador portador da bola é agarrado por um ou mais jogadores da equipa adversária levando-o ao solo.

Ter altos níveis de força e potência muscular é crucial no rugby, uma vez que permite aos atletas gerar altos níveis de força muscular que, rapidamente, permite que os mesmos tenham um desempenho mais eficaz durante o *tackle*, *maul*, *scrum*, *ruck*, *sprint* e as mudanças de direção. Também o desempenho anaeróbico é de extrema importância, uma vez que um jogo de rugby envolve corridas de alta velocidade em curtos períodos de tempo, assim como períodos de esforço intenso e repetidos. A velocidade de corrida é igualmente uma característica essencial, pois permite que os jogadores se posicionem rapidamente nos seus lugares. Acredita-se também que a agilidade, isto é, a capacidade de acelerar, desacelerar e mudar de direção rapidamente, seja indispensável para um ótimo desempenho no jogo (Brazier et al., 2018).

1.2. Jogo e Treino no Rugby

O jogo inicia com um pontapé de saída e, após este, os jogadores podem agarrar a bola e correr transportando-a, atirar ou pontapear a bola, passar a bola a outro jogador, fazer um *maul*, *scrum* ou *ruck*, cair sobre a bola e agarrar ou empurrar o adversário (Federação Portuguesa de Rugby, 2017).

Segundo a Federação Portuguesa de Rugby (2017), existem 5 formas de marcar pontos no rugby: o *Try* (5 pontos no RU, 4 pontos no RL) que é marcado quando o jogador atacante toca com a bola no chão na área de golo da equipa adversária, o *Try* de penalidade (5 pontos no RU, 4 pontos no RL), que é marcado quando as regras do jogo não são cumpridas, o Pontapé de Transformação (2 pontos em ambos) que acontece após um *try*, em que a mesma equipa tem o direito de pontapear a bola aos postes, o Pontapé de Penalidade (3 pontos no RU, 2 pontos no RL) que acontece quando um jogador pontapeia a bola através de um pontapé de penalidade e o Pontapé de Ressonância (3 pontos no RU e 1 ponto no RL) que acontece quando o jogador tenta fazer com que a bola passe por cima da trave e entre os postes do campo adversário.

O objetivo do jogo é levar a bola pelo campo até ao campo do adversário e marcar pontos. A bola só pode ser passada para trás ou para o lado, com as mãos ou pontapeada para o campo adversário (Gabbett, King e Jenkins, 2008).

Como referido anteriormente, o rugby é sobretudo um desporto intermitente e de alta intensidade. Isto leva a danos musculares consideráveis após um treino ou jogo (Quarrie et al., 2016). Dependendo da posição em que jogam, os atletas percorrem distâncias que se encontram no intervalo de 3000 metros a 8000 metros durante a competição. Os jogadores competem semanalmente durante um período de 7 meses a 8 meses, habitualmente com 5 dias a 10 dias entre os jogos (Johnston et al., 2013). As adaptações crónicas ao exercício ocorrem geralmente com base na carga, no estímulo de treino e no tempo de recuperação entre as sessões de treino. Este promove um desequilíbrio na homeostase que levará a uma resposta biológica e um prejuízo temporário do desempenho de um atleta (Twist et al., 2012).

Um treino de rugby normalmente ocorre menos de 48 horas após um jogo, em que os atletas treinam por 2 ou mais dias consecutivos numa semana. Por esse motivo, é provável que a prontidão dos jogadores possa estar comprometida (Tavares, Smith e Driller, 2017). Isto pode levar a um nível excessivo de fadiga, que vai acumulando ao longo das semanas, levando a um desempenho inferior no dia do jogo e estados de fadiga elevados durante o treino (Johnston et al., 2013).

A alta intensidade de treino e jogo e o tempo limitado para a recuperação, está associado a uma diminuição no desempenho. Além disso, um aumento de carga de treino e um

aumento na frequência do treino pode aumentar o risco de lesão (Tavares, Smith e Driller, 2017).

1.3. As Lesões e a Recuperação no Rugby

As várias necessidades que são exigidas durante um jogo levarão a diferentes graus de dano muscular e fadiga, tendo em conta que a fadiga pós-competição é multifatorial e está relacionada sobretudo com a desidratação, a lesão muscular, a depleção de glicogénio e a exaustão mental (Gonzalez et al., 2018). Está documentado que a maior incidência de lesões que ocorrem na segunda parte do jogo, está intimamente relacionado com a fadiga do atleta (Fuller, Taylor e Raftery, 2016).

Na revisão sistemática realizada por Yeomans et al. (2018), os autores referem que a incidência geral de lesões em atletas de rugby é de 81 lesões por 1000 horas jogadas. Por outro lado, Viviers, Viljoen e Derman (2018) referem que a incidência de lesões durante um treino é de 3 lesões por 1000 horas de treino.

No rugby, o impacto do treino e da competição na fadiga e dano muscular, é bem relatado na literatura científica por se tratar de um desporto onde é especialmente comum ocorrerem este tipo de eventos (Tavares, Smith e Driller, 2017).

O dano muscular e a inflamação associada levam à fadiga após os jogos e podem ter origem em vários mecanismos. Os atletas realizam um grande número de acelerações e desacelerações durante um jogo, levando a muitas contrações musculares excêntricas que causam danos nas estruturas do tecido muscular, precedendo uma inflamação localizada (Twist e Highton, 2013). Adicionalmente, o stress metabólico do exercício prolongado e de alta intensidade também pode contribuir para o dano tecidual (Tee, Bosch e Lambert, 2007).

O dano muscular é caracterizado pela rotura miofibrilar, seguida pela resposta inflamatória e alterações no acoplamento excitação-contração. Também um aumento da creatina quinase, que está intimamente relacionada com o número de colisões que o jogador sofre, é evidente após uma competição de rugby, sugerindo que estes dados refletem traumas contusos e danos mecânicos (Twist e Highton, 2013).

As colisões e os *tackles* no rugby são responsáveis por um grande impacto na integridade muscular, e, por conseguinte, pode-se encontrar uma relação entre o número, a

intensidade das colisões e o nível de dano muscular (Twist et al., 2012). Foi também verificada uma relação entre o número, a intensidade das colisões e o desempenho neuromuscular dos membros inferiores após um jogo de rugby (Tavares, Smith e Driller, 2017).

As diferenças nos perfis de atividade e taxas de lesão entre os diferentes ciclos de recuperação entre os jogos, devem ser considerados quando se desenvolvem estratégias de recuperação para jogadores profissionais de rugby. Estas estratégias são, portanto, fundamentais para aliviar a fadiga pós-jogo, recuperar o desempenho mais rapidamente e reduzir o risco de lesão (Nédélec et al., 2012). Durante os períodos de competição constante, são implementadas aos atletas várias práticas de reabilitação para melhorar este processo de recuperação, reduzir as lesões e manter os picos de desempenho (Gonzalez et al., 2018).

Na revisão feita por Tavares, Smith e Driller (2017), os autores verificaram que os banhos de imersão em água fria, os banhos de contraste e a crioterapia são estratégias de recuperação muito utilizadas no rugby. Também são usadas outras modalidades de recuperação como as roupas de compressão, a recuperação passiva e a electroestimulação. Da mesma forma, Gonzalez et al. (2018) incluem a massagem, estratégias ergonómicas e alongamento como métodos de recuperação. Fatores como o descanso, o sono, a nutrição adequada e a hidratação são atualmente reconhecidos como componentes essenciais na recuperação do treino (Venter, 2012).

2. Dano Muscular Induzido pelo Exercício

Um dos primeiros estudos que abordou o dano muscular induzido pelo exercício (EIMD), foi publicado em 1900, em que Hough (1900) descreveu a DOMS e sugeriu que a dor era o resultado de microrroturas no músculo. No entanto, apenas nos anos 90 é que se verificou um aumento pelo interesse na dor e no dano muscular e foram publicados vários artigos da EIMD em humanos (Clarkson e Hubal, 2002).

Os programas de treino projetados usando os princípios básicos, sobrecarga e progressão, geralmente resultam na sensação de dor e estão associados a danos nas miofibrilas. Esta é considerada uma resposta normal ao exercício que pode ser parte do processo de adaptação (Suzuki et al., 2020).

A EIMD é comum em treinos prolongados e treinos de alta intensidade. Este pode ser separado em duas fases: a fase inicial em que ocorre o stress mecânico e metabólico, que leva a um estímulo nocivo e a fase secundária, em que se observa uma perda temporária da capacidade funcional do músculo associada a um aumento da dor muscular (Peake et al., 2017).

Como referido anteriormente, o EIMD está frequentemente associado à dor muscular, refletida pela dor ou desconforto dos músculos ativados após um novo estímulo de treino ou uma sessão de treino intenso (Hody et al., 2019).

A dor muscular é caracterizada por rigidez, sensibilidade muscular e dor local e, pode ser considerada uma consequência do microtrauma do músculo provocado pela tensão e rotura do sarcómero (Lewis, Ruby e Joseph, 2012). O dano intracelular leva a uma resposta inflamatória que aumenta os recetores de dor, causando assim a sensação de dor (Hotfiel et al., 2018).

Na Figura 1 encontra-se uma representação esquemática das causas, consequências e processos fisiológicos da EIMD.

3. Sensação Retardada de Desconforto Muscular

As lesões por sobrecarga do músculo são as mais comuns e apresentam uma incidência geral de 10% a 55% de todas as lesões desportivas, sendo responsáveis pela perda de dias de treino e de competição (Hotfiel et al., 2018).

Segundo Wohlfahrt et al. (2013), na Declaração de Consenso de Munique, para classificar as lesões musculares, a DOMS é considerada um distúrbio muscular indireto, funcional relacionado com esforço excessivo, ou seja, tipo 1B.

A DOMS pode ser causada por contrações excêntricas ou formas de exercício desconhecidos (Stauber, 1989). Embora seja considerada uma lesão muscular leve, é responsável pelo comprometimento do desempenho desportivo (Wohlfahrt et al., 2013).

A DOMS está associada à diminuição de força muscular, aumento de dor, rigidez e edema, assim como alteração na biomecânica das articulações adjacentes (Hotfiel et al., 2018). Também se verifica sensibilidade ou rigidez à palpação e/ou movimento. Os sinais clínicos desta condição são altamente variáveis. Podem variar desde uma leve rigidez

muscular, que pode desaparecer durante as atividades de vida diária, até uma dor intensa que restringe o movimento (Cheung, Hume e Maxwell, 2003; Pearcey et al., 2015).

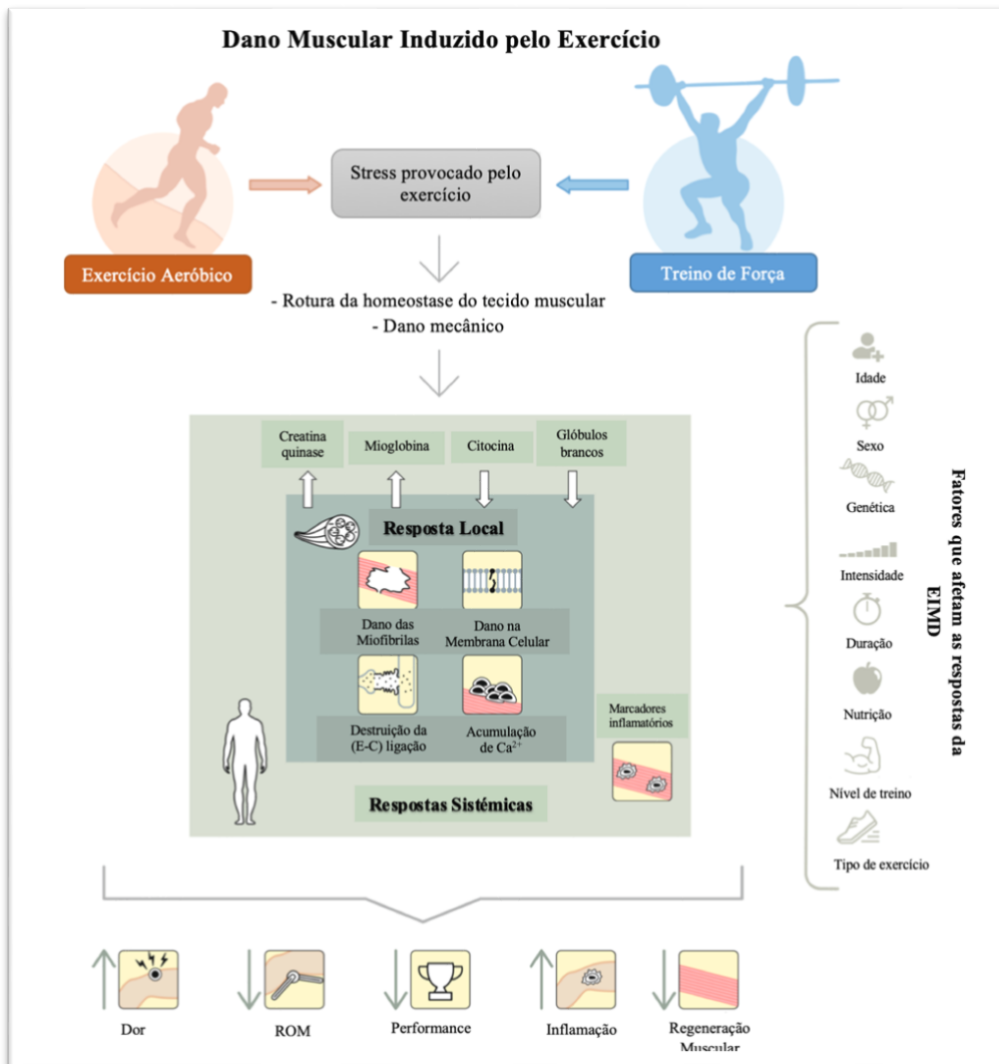


Figura 1. Representação esquemática das causas, processos fisiológicos e consequências da EIMD. **EIMD:** Dano Muscular Induzido pelo Exercício. **E-C:** Acoplamento Excitação-Contração. **ROM:** Amplitude de Movimento (Markus et al., 2021).

A sensibilidade está concentrada na porção distal do músculo, tornando-se progressivamente difusa entre as 24 horas e as 48 horas após atividade física (MacIntyre, Reid e McKenzie 1995). A localização da dor, pode ser atribuída a uma grande concentração de recetores de dor muscular no tecido conjuntivo da região miotendinosa. A junção miotendinosa é caracterizada por ser uma membrana contínua, extensamente dobrada e com interdigitações de células musculares. O facto de as fibras musculares serem oblíquas, reduz a sua capacidade de suportar altas forças de tração. Verificou-se então que a fração contrátil das fibras musculares na junção miotendinosa é vulnerável a danos microscópicos (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

No desporto de elite, as intervenções de reabilitação são um papel essencial. A prevenção e o tratamento da DOMS, que envolve a restauração do EIMD, é parte integrante da recuperação das capacidades de força muscular e níveis de desempenho (Hotfiel et al., 2018).

3.1. Sinais e Sintomas clínicos da DOMS

A DOMS é caracterizada por apresentar dor generalizada após movimentos de desaceleração excêntricos e movimentos não habituais. As primeiras manifestações clínicas começam entre as 6 horas e as 12 horas, causadas pelo dano ultraestrutural. A força muscular geralmente diminui antes do início da dor, que pode persistir por 1 semana a 2 semanas, mesmo depois de a dor desvanecer. Há uma diminuição da amplitude de movimento das articulações adjacentes e a rigidez muscular pode acontecer pelo encurtamento do músculo, antes do início da dor. Pode ser visível um edema local e calor. Existe ainda a sensibilidade à palpação no ventre muscular e/ ou junção miotendinosa. Há aumento da dor na contração isométrica, que pode ser definida como uma “dor inflamatória aguda”, dor em repouso, sendo que a dor muscular pode atingir os picos de dor entre as 24 horas e as 48 horas após o exercício e, como referido anteriormente, desaparecem espontaneamente de 5 dias a 7 dias (Sethi, 2012; Wohlfahrt et al., 2013; Lewis, Ruby e Joseph, 2012 e Hotfiel et al., 2018).

3.2. Mecanismos e Fisiopatologia da DOMS

São várias as teorias que tentam explicar o estímulo da dor e a origem da lesão muscular associados à DOMS. Segundo Clarkson e Sayers (1999), o dano muscular acontece inicialmente por alterações metabólicas, seguidas por alterações mecânicas que vão levar a uma posterior resposta inflamatória e stress oxidativo.

Relativamente às **Alterações Metabólicas**, temos duas explicações:

3.2.1. Ácido Láctico

No exercício físico intenso e rápido, há um recrutamento das fibras do tipo II que promove a ligação do lactato desidrogenase ao ácido pirúvico, aumentando a formação de ácido láctico. Após o exercício, a capacidade de um músculo gerar energia pode ser comprometida e isto poderá levar a um esforço metabólico para recrutar fibras que, em número reduzido, não serão danificadas (Gleeson et al., 1998). No entanto, os níveis de

ácido láctico retornam aos níveis pré-exercício dentro de cerca de 1 hora após o exercício (Cheung, Hume e Maxwell, 2003). Por esse motivo, o ácido láctico pode contribuir para a dor aguda associada à fadiga após o treino intenso, porém, não pode ser atribuído à DOMS que ocorre 24 horas a 48 horas após exercício (Cazorla et al., 2001).

3.2.2. Fluxo Enzimático

O cálcio, que normalmente é armazenado no retículo sarcoplasmático, acumula-se no músculo lesionado após a lesão provocada no sarcolema, induzida pelo exercício. Isto leva a uma diminuição da respiração celular ao nível das mitocôndrias, causando a desaceleração da regeneração do trifosfato de adenosina, que é necessário para o transporte de cálcio de volta ao retículo sarcoplasmático (Gulick e Kimura, 1996). Assim, a degeneração das proteínas musculares nas linhas Z (zona em que o sarcômero se liga ao sarcômero seguinte) enfraquecidas vai aumentar, e ocorre a estimulação química nas terminações nervosas da dor (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

A DOMS está intimamente relacionada com o aumento dos níveis de creatina quinase, que é visto como um marcador indireto de dano muscular, isto porque a creatina quinase encontra-se nos tecidos musculares e é libertada na circulação sanguínea de acordo com a perda da integridade do sarcolema (Hotfiel et al., 2018). Segundo Cheung, Hume e Maxwell (2003) é um indicador confiável da permeabilidade da membrana muscular e retículo sarcoplasmático. Estes processos acontecem devido ao stress mecânico do exercício excêntrico e a causas metabólicas como a depleção de glicogénio (Hotfiel et al., 2018). No estudo de Cheung, Hume e Maxwell (2003), os autores referem que em condições de repouso, a creatina quinase plasmática é de aproximadamente 100 UI/L, no entanto, apenas 12 horas após o exercício excêntrico, com a rotura das linhas Z e danos no sarcolema, observa-se um aumento da permeabilidade da membrana celular. Isto, permite uma difusão de enzimas musculares como a creatina quinase, elevando os seus valores para 40 000 UI/L.

Relativamente às **Alterações Mecânicas**, existem três teorias:

3.2.3. Espasmo Muscular

Segundo Cleak e Eston (1992), após o exercício excêntrico, foram verificados níveis aumentados de atividade muscular em repouso. Essa ativação muscular em repouso, indica a existência de um espasmo tónico nas unidades motoras. Isto pode levar a uma

compressão dos vasos sanguíneos locais, acumulação de substâncias dolorosas e isquemia.

Assim, é iniciado um ciclo vicioso, uma vez que a estimulação adicional das terminações nervosas da dor causa mais espasmos musculares reflexos e condições isquêmicas prolongadas (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

3.2.4. Tecido Conjuntivo

As bainhas que revestem as fibras musculares são formadas por tecido conjuntivo que difere entre os tipos de fibras musculares. As fibras do tipo I apresentam uma estrutura mais robusta do que as fibras do tipo II. Como consequência, as fibras do tipo II são mais suscetíveis a lesões induzidas pelo estiramento e a tensão excessiva do tecido conjuntivo pode levar à dor muscular (Proske e Morgan, 2001; Cheung, Hume e Maxwell, 2003). O mecanismo de lesão que leva à DOMS acontece uma vez que, durante o exercício excêntrico são recrutadas predominantemente fibras musculares do tipo II, que como referido anteriormente são mais danificáveis (Hedayatpour e Falla, 2015).

3.2.5. Sarcómero

A DOMS está relacionada com o trabalho muscular intenso, o trabalho muscular não familiar e com atividade muscular excêntrica (Proska e Morgan 2001). A atividade excêntrica é caracterizada por um alongamento muscular durante a contração do músculo. Por esse motivo, caso a carga externa exceda a capacidade do músculo resistir (a essa carga), este é forçado a alongar e é gerada uma tensão ativa (Stauber, 1989).

A lesão microscópica do dano muscular é o alargamento ou mesmo rotura da linha Z e ainda uma rotura da arquitetura do sarcómero. Este dano é o resultado do aumento da tensão causada por uma redução nas unidades motoras ativas durante as contrações excêntricas (Cheung, Hume e Maxwell, 2003). Se os sarcómeros forem alongados excessivamente, estes tornar-se-ão mais fracos diminuindo assim a sua capacidade de produção de força (Proska e Morgan 2001).

Inflamação

A DOMS está associada a desequilíbrios eletrolíticos, acumulação e infiltração de leucócitos no músculo que foi exercitado (Hotfiel et al., 2018). As células musculares contêm enzimas proteolíticas que são responsáveis pela degradação das estruturas lipídicas e proteicas das células lesionadas (Hasson et al., 1993). Essa rápida quebra de fibras musculares danificadas e tecido conjuntivo, leva à acumulação de líquidos intersticial associado ao edema intramuscular, assim como à presença de várias substâncias como histamina, bradicinina e prostaglandina, que são responsáveis pela sensibilização das terminações nervosas (Hotfiel et al., 2018). Estes eventos podem resultar num aumento da dor relacionada com o movimento devido ao respetivo aumento da pressão intramuscular, que vai criar um estímulo mecânico nos recetores sensíveis à dor, tipo IV (Malm et al., 2000).

Também Smith (1991) refere que os monócitos, que se convertem em macrófagos, acumulam-se no local da lesão e produzem substâncias que sensibilizam as terminações nervosas do tipo III e IV dentro de 24 a 48 horas. Da mesma forma, Clarkson e Sayers (1999) afirmam que tanto os neutrófilos como os macrófagos contribuem para a lesão tecidular através da produção de radicais livres e enzimas citotóxicas.

Stress Oxidativo

Ahmadi et al. (2008) verificaram que as fibras do tipo I têm uma grande capacidade oxidativa e que o seu recrutamento para uma atividade pode resultar num maior consumo de oxigénio em relação às fibras tipo II. Os mesmos autores constataram que, após o treino excêntrico, ocorre a vasodilatação, o aumento da pressão intramuscular e do teor de água e que o fluxo sanguíneo e a oxigenação muscular podem sofrer alterações (a nível muscular). Após a indução de lesão muscular através o exercício excêntrico, as alterações no recrutamento das fibras musculares também podem influenciar a oxigenação tecidular.

O stress oxidativo também pode aumentar devido à hipoxia e reoxigenação temporárias, que ocorrem no músculo exercitado de acordo com os ciclos de contração/relaxamento muscular, após períodos de exercício intenso. Isto é, na contração, a compressão vascular cria isquemia (hipoxia) e no relaxamento, há a reperusão (e consequentemente reoxigenação), normalmente associada ao stress oxidativo (Schneider e Oliveira, 2004).

Outros autores, referem que o dano no músculo está relacionado à produção de espécies reativas de oxigénio (Cheung, Hume e Maxwell, 2003). Esta produção pode ser o resultado de um segundo processo inflamatório, com a entrada de leucócitos com a enzima xantina oxidase, que utiliza o oxigénio para gerar radicais livres que podem contribuir para o agravamento da lesão muscular (Powers et al., 2009).

3.3. Impacto e Consequências da DOMS

A manifestação da DOMS é maioritariamente causada por formas de exercício não habituais e por contrações musculares excêntricas (Heiss et al., 2019). O exercício excêntrico, afeta também os atletas de elite, sobretudo fora da época de treino, em que há uma diminuição da amplitude de movimento, aumento da sensibilidade, fadiga muscular, edema, redução da potência e da força máxima do músculo, rigidez muscular e ainda, como verificado anteriormente, um aumento de proteínas musculares no sangue (Sayers e Dannecker, 2004).

3.3.1. Potência e Força do Músculo

Existem vários estudos que referem que a força e a potência são parâmetros em que se verifica uma redução significativa dos mesmos (Jones e Quigley, 1997; Cheung, Hume e Maxwell, 2003; Bailey et al., 2007 e Korff et al., 2009). Grande parte da diminuição da força muscular é mais visível em exercícios excêntricos, no entanto, também se verificaram perdas de força concêntrica e isométrica (Jones e Quigley, 1997 e Brown et al., 1997).

O período de tempo em que se verifica a redução da força, é maior após a atividade excêntrica e pode levar 8 dias a 10 dias a retornar aos níveis basais normais, enquanto que a força concêntrica e isométrica pode recuperar em 4 dias (Ebbeling e Clarkson, 1989). Segundo Clarkson e Hubal (2002), o declínio no torque na contração voluntária máxima, pode ser causado pelo elevado stress mecânico que afeta as estruturas envolvidas no ciclo de contração-excitação. Além disso, a perda da força também pode acontecer devido a danos ao nível das inserções dos tendões ou dentro dos elementos elásticos do músculo.

3.3.2. Amplitude de Movimento

As reduções da amplitude de movimento articular, foram verificadas após os exercícios de resistência e exercícios excêntricos (Cheung, Hume e Maxwell, 2003). Segundo Clarkson, Newham e Jones (1987) essa limitação de amplitude pode estar relacionada com o encurtamento dos elementos não contráteis.

Por outro lado, Howell et al. (1985) associam a redução da amplitude de movimento ao edema nos tecidos afetados, sobretudo no tecido conjuntivo das fibras musculares e na região da junção miotendinosa.

3.3.3. Rigidez Muscular

A rigidez muscular aumenta imediatamente após o exercício excêntrico e mantém níveis bastante elevados até 4 dias após o exercício (Clarkson e Hubal, 2002). Isto pode ser explicado pelos danos no tecido conjuntivo, incluindo o edema tecidular, que vai causar aumento da sensibilidade mecânica dos recetores musculares, causando desconforto quando estes são ativados por pressão ou alongamento (MacIntyre, Reid e McKenzie 1995).

3.3.4. Sensibilidade

O aumento da sensibilidade é focado essencialmente na parte distal do músculo, ou seja, na região miotendinosa. Este facto, pode ser explicado pela alta concentração de recetores de dor muscular nesta área (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

3.3.5. Edema

O nível de pico do edema parece coincidir com o pico de dor muscular (Gulick e Kimura, 1996). Como já foi referido anteriormente, o edema pode ser consequência da inflamação causada pelo exercício, em que os produtos que resultam da lesão muscular são removidos da matriz extracelular através do sistema linfático, podendo atrair água, provocando um edema localizado (Clarkson e Sayers, 1999).

3.3.6. Fadiga Muscular

A fadiga muscular pode estar associada ao declínio da potência muscular gerada durante e após os exercícios máximos e submáximos, com a diminuição na taxa de contração e com o aumento do tempo de relaxamento muscular (Green, 1997). A fadiga pode ser considerada como um mecanismo de proteção contra efeitos prejudiciais da integridade da fibra muscular (Williams e Klug, 1995). Isto pode estar relacionado com o dano mecânico das células musculares causados pelas altas forças de atividade excêntrica (MacIntyre, Reid e McKenzie 1995).

Efetivamente, a fadiga muscular pode resultar de alterações na homeostase do próprio músculo, que pode ser denominada fadiga de origem periférica. Pode, também, ser o resultado de alterações de entrada neural que atingem o músculo, em que há uma redução progressiva da velocidade e frequência da condução do impulso para os motoneurónios, que pode ser denominada fadiga de origem central (Davis e Bailey, 1997).

Além do mais, verificou-se que a fadiga muscular depende também do tipo, duração, e intensidade do exercício, do nível de treino do indivíduo, do tipo das fibras recrutadas e ainda das condições ambientais em que se realizam os exercícios (Fitts, 1994).

3.4. Estratégias de Prevenção e Tratamento da DOMS

Os mecanismos responsáveis pela DOMS, permitiram o desenvolvimento de estratégias de tratamento destinadas a aliviar os sintomas da DOMS, restaurar a função máxima dos músculos e reduzir a magnitude da lesão inicial (Gulick e Kimura, 1996). Por outro lado, Barnett (2006) refere que o facto de os mecanismos que envolvem a DOMS não estarem completamente esclarecidos, leva à falta de medidas de prevenção.

As considerações de tratamento devem-se concentrar em diferentes aspetos, incluindo a prevenção primária de lesões, o tratamento das respostas inflamatórias que levam à DOMS e, estratégias de tratamento e recuperação dos sinais da DOMS (Heiss et al., 2019). Estas estratégias incluem:

Alongamento: O alongamento estático pré-exercício é recomendado como medida preventiva da DOMS, uma vez que pode aliviar o espasmo muscular. Já o pós-exercício pode ajudar na dispersão do edema que se acumula após o dano tecidual (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

Anti-Inflamatórios Não Esteroides (AINES): Os AINES impedem a produção das prostaglandinas, diminuindo a resposta inflamatória. Reduz também o edema e a pressão intramuscular que são fatores que contribuem para a dor muscular (Lanier, 2004). A ingestão de AINES na DOMS tem sido considerada com o objetivo de aliviar a dor e limitar as respostas inflamatórias (Heiss et al., 2019).

Eletroterapia: A electroestimulação facilita a recuperação através do aumento da remoção de metabólitos musculares (Heiss et al., 2019), diminuindo a dor muscular e a inflamação e acelerando o processo de recuperação (O'Connor e Hurley, 2003).

Ultrassom: O ultrassom promove uma resposta inflamatória por meio do aumento do aquecimento dos tecidos e do fluxo sanguíneo, atuando muitas vezes como medida preventiva (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

Massagem: A massagem terapêutica, ajuda na modulação da atividade do sistema parassimpático, aumenta o fluxo sanguíneo e linfático uma vez que permite a eliminação dos marcadores bioquímicos de dano muscular e apresenta uma resposta psicofisiológica na redução da dor (Heiss et al., 2019).

Homeopatia: O medicamento homeopático mais utilizado é a arnica devido às suas propriedades analgésicas, antibióticas e anti-inflamatórias (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

Oxigenoterapia Hiperbárica: A oxigenoterapia hiperbárica, provoca o aumento de oxigênio no sangue, ajudando assim a restaurar a rotura da homeostase do cálcio, ativando o transporte de cálcio de volta ao retículo sarcoplasmático e na regeneração mitocondrial de adenosina trifosfato (Bennett et al., 2005).

Crioterapia: a diminuição da temperatura do tecido estimula os recetores cutâneos, causando a constrição dos vasos sanguíneos. Isto leva à redução do edema, diminuição da taxa de metabolismo que, por sua vez reduz a resposta inflamatória, a permeabilidade vascular e a formação de edema (Cheung, Hume e Maxwell, 2003).

Compressão: A aplicação da compressão gera um gradiente de pressão externa que vai atenuar as mudanças na pressão osmótica e reduz o espaço disponível para o edema. A redução da pressão osmótica, pode diminuir o grau de quimiotaxia, atenuando a resposta inflamatória e a sensação de dor (Heiss et al., 2019).

Exercício: O exercício de baixa intensidade é responsável pelo alívio temporário da dor, devido à quebra de aderências nos músculos exercitados. Há um aumento na remoção de resíduos nocivos através de um aumento do fluxo sanguíneo ou da libertação de endorfinas durante atividade física (Heiss et al., 2019).

Vibração: a terapia de vibração é considerada como potencializadora do desempenho neuromuscular em atletas e apresenta efeitos benéficos no alívio dos sintomas da DOMS (Heiss et al., 2019).

Método *Flossing*: através das faixas elásticas para envolver as articulações ou tecidos, melhorando a regeneração e agilidade, alívio da dor, libertação miofascial, redução do edema e redução do risco de lesão (Heiss et al., 2019).

Calor: o uso do calor pode ser considerado na fase de recuperação após o pico clínico da DOMS, uma vez que a estimulação da circulação e a perfusão dos tecidos têm um papel essencial na cicatrização tecidular (Heiss et al., 2019).

4. Crioterapia

A crioterapia é a aplicação de qualquer substância ou meio físico no corpo que remova o calor, diminuindo a temperatura da área de contacto e tecidos adjacentes (Nadler, Weingand e Kruse, 2004). A crioterapia é muito utilizada no tratamento de lesões agudas, dor crónica, espasmo muscular, DOMS, inflamação e edema (Malanga, Yan e Stark, 2015).

A crioterapia apresenta vários efeitos fisiológicos no tecido com lesão. A diminuição da temperatura da pele e do músculo reduz o fluxo sanguíneo para os tecidos arrefecidos, pela ativação de um reflexo de vasoconstrição (Gregson et al., 2011). A diminuição do fluxo sanguíneo, induzida pelo frio, reduz o edema e retarda a libertação dos mediadores inflamatórios, reduzindo a inflamação da região afetada. O arrefecimento dos tecidos reduz também a taxa metabólica, prevenindo danos secundários (Malanga, Yan e Stark, 2015). A crioterapia induz também um efeito analgésico local, diminuindo o limiar de ativação dos nociceptores tecidulares e a velocidade de condução dos sinais nervosos que transmitem a dor (Algafly e George, 2007).

Existem vários modos de aplicação de crioterapia, mais tradicionalmente existe a Crioterapia de Corpo Inteiro que consiste na exposição do corpo a ar extremamente frio e a CWI, que consiste na imersão em água fria (Kwiecien e McHugh, 2021).

5. Cold Water Immersion

As intervenções de recuperação tornaram-se numa parte integrante dos programas de treino na maioria dos atletas. Uma recuperação adequada permite que o funcionamento fisiológico e psicológico seja restaurado, acabando por minimizar os efeitos de fadiga e permitir que os atletas realizem os treinos e as competições de forma otimizada (Stephens et al., 2016).

A CWI surgiu como uma ferramenta de crioterapia destinada a melhorar a recuperação após o treino e competição e envolve a imersão de todo ou parte do corpo em água fria (Broatch, Petersen e Bishop, 2018). Trata-se de uma técnica de baixo custo e que pode ser facilmente realizada em diferentes situações sendo responsável por aliviar os défices fisiológicos e funcionais associados ao EIMD (Machado et al., 2015).

A utilização da CWI no pós-exercício, sobretudo após o EIMD, baseia-se no facto de a recuperação ser aprimorada pela diminuição do fluxo sanguíneo (Heiss et al., 2019), mas também pelas alterações fisiológicas da pressão hidrostática (Stephens et al., 2016).

5.1. Protocolos de Utilização da CWI

Apesar da prescrição ideal de tratamento utilizando a CWI ainda não ser esclarecedora, Broatch, Petersen e Bishop (2018) concluíram que a temperatura da água deve estar a menos de 15°C e as imersões devem ser de pelo menos 10 minutos. Com valores semelhantes, Stephens et al. (2016) referem que os estudos com resultados mais favoráveis são realizados com a temperatura da água entre os 10°C e os 20°C e que as imersões devem ser por 5 minutos a 15 minutos em protocolos de imersão única e 1 minuto a 5 minutos em protocolos de imersões múltiplas. O mesmo se verifica na revisão sistemática de Machado et al. (2015), em que os autores constataram que a imersão em água a temperaturas entre os 11°C e os 15°C e que a imersão por 11 minutos a 15 minutos parece gerar uma maior redução da dor muscular após o exercício.

A profundidade da imersão afeta quer as respostas térmicas quer as respostas fisiológicas. Em primeiro lugar, quanto mais secções do corpo estiverem expostas, maior será a área de superfície em que ocorrerá as trocas térmicas e, em segundo lugar, quanto mais profunda for a imersão, maior será o impacto da pressão hidrostática. Por esse motivo, verificam-se melhores resultados na imersão até ao nível da anca e ombros do que a imersão de apenas um membro (Stephens et al., 2016). Além disso, os participantes são geralmente passivos durante a imersão, sendo que a imersão é feita em piscinas construídas propositadamente em instalações de recuperação, mas também banheiras e piscinas portáteis. Estes equipamentos devem ser conectados a unidades de arrefecimento, que permitem a regulação da temperatura (Versey, Halson e Dawson, 2013).

Como referido anteriormente, as manifestações clínicas mais precoces da DOMS, sobretudo a dor muscular, começam entre as 24 horas e as 48 horas após o exercício e, por esse motivo, a CWI deve ser aplicada antes de ocorrerem os sintomas clínicos (Hotfiel et al., 2018).

5.2. Efeitos e Mecanismos Fisiológicos da CWI

Existem várias pesquisas que mostram que a CWI é útil para manter o desempenho desportivo repetido, reduzindo a tensão térmica, reduzindo a dor muscular e auxiliando na recuperação de danos musculares secundários, que podem ocorrer após exercícios repetitivos de alta intensidade e desportos coletivos (Vaile et al., 2011 e Vaile et al., 2008). Em comparação com outras técnicas de intervenção, o CWI apresenta resultados positivos na redução de dor muscular após o exercício (Leeder et al., 2012).

Existem vários estudos que demonstraram que a CWI quando implementada como uma técnica de recuperação, é benéfica na melhoria da força muscular (Vaile et al., 2008; Ascensão et al., 2011; Pointon e Duffield, 2012; Garcia, Mota e Marocolo, 2016 e Nunes et al., 2019), da inflamação (Bailey et al., 2007 e Montgomery et al., 2008), da dor muscular (Bailey et al., 2007, Vaile et al., 2008; Garcia, Mota e Marocolo, 2016 e Nunes et al., 2019), do desempenho no exercício aeróbico (Yeargin et al., 2006), dos marcadores de dano muscular (Leeder et al., 2012) e na perceção de fadiga (Stanley, Buchheit e Peake, 2012).

A pressão hidrostática causa um deslocamento para cima e para dentro dos fluídos corporais, auxiliando o retorno dos fluídos dos músculos para o sangue. A redução do

5.2.1. Mecanismos de Recuperação a Curto Prazo

Sistema Nervoso Central (SNC)

A fadiga do SNC está relacionada com o decréscimo da produção de força, devido à redução da ativação voluntária e do impulso neural para o músculo. Além disso, o aumento da temperatura central e a hipertermia, estão envolvidos no desenvolvimento da fadiga do SNC (Taylor, Todd e Gandevia, 2006). A diminuição da temperatura corporal central após a CWI, vai resultar numa redução da relação serotonina-dopamina e do índice $\alpha:\beta$. Este índice trata-se de um parâmetro encefalográfico que aumenta progressivamente durante a hipertermia induzida pelo exercício e reflete uma diminuição do estado excitação/alerta (Nybo, 2012). A redução destes dois fatores, reflete uma sensação reduzida da percepção de esforço, que se traduz na fadiga central durante o exercício (Pauw et al., 2013). Para além disso, a diminuição da temperatura central também aumenta a capacidade de armazenar calor, permitindo assim um aumento do gasto energético, antes que a temperatura central fisiológica associada à fadiga seja atingida (Ihsan, Abbis e Allan, 2021).

Tensão Cardiovascular

A tensão cardiovascular é elevada durante a prática de exercício físico, uma vez que o fluxo sanguíneo é redirecionado para a musculatura ativa para a pele, para que assim seja dissipado o calor, e seja feita a regulação da temperatura (Rowell, 1974). Através da vasoconstrição e da redução da demanda térmica, a CWI reduz o fluxo sanguíneo para a pele, para dissipar o calor. Esta redução do fluxo sanguíneo cutâneo, leva a um aumento do volume sanguíneo central, aumentando a disponibilidade de oxigénio e de substratos para o músculo (Ihsan, Abbis e Allan, 2021).

Metabolitos Musculares

O exercício de alta intensidade, provoca a formação e acumulação de metabolitos que estão envolvidos no desenvolvimento de fadiga muscular (Allen, Lamb e Westerblad, 2008). A hemodiluição, mudança de fluídos do espaço intersticial para o espaço intravascular, leva ao aumento do gradiente osmótico, que é mais acentuado pela exposição ao frio (Stocks et al., 2004), e conduz os fluídos intracelulares e subprodutos metabólicos do espaço extravascular, para a circulação periférica e, posteriormente para

a circulação central através dos efeitos de vasoconstrição e da pressão hidrostática (Johansen et al., 1997 e Stocks et al., 2004).

Sistema Nervoso Autônomo

A atividade parassimpática está intimamente relacionada com as perturbações fisiológicas induzidas pelo exercício durante o período de recuperação (Buchheit et al., 2011). Como referido anteriormente, após a CWI há um aumento da pressão hidrostática e da vasoconstrição, o que aumenta o volume sanguíneo central, tendo como consequência o aumento do volume sistólico e o débito cardíaco (Mourot et al., 2008). O aumento destes dois elementos, leva a ativação dos barorreceptores cardiopulmonares e arteriais, inibindo assim a atividade simpática e aumentando a atividade parassimpática (Pump et al., 2001).

5.2.2 Mecanismos de Recuperação a Longo Prazo

A CWI é utilizada para melhorar o EIMD através de vários mecanismos associados ao arrefecimento local, pressão hidrostática e redistribuição do fluxo sanguíneo (Leeder et al., 2012). A CWI promove a recuperação através da redução do edema, sendo que a presença de edema impede a entrega de oxigénio ao músculo devido à compressão mecânica dos capilares, resultando num aumento da distância de entre os capilares e as fibras musculares para as trocas de oxigénio (Yanagisawa et al., 2004).

A vasoconstrição e os efeitos hidrostáticos aumentam o volume sanguíneo central, aumentando a pressão venosa central, acabando por facilitar o movimento dos fluídos do espaço intracelular e intersticial (extravascular) para os compartimentos intravasculares. Este movimento também promove a recuperação do EIMD, facilitando a eliminação de detritos (Wilcock, Cronin e Hing, 2006).

O decréscimo de temperatura muscular induzido pelo frio, reduz o metabolismo intramuscular, minimizando os danos externos devido à morte celular e inflamação (Carvalho et al., 2010). A CWI pode modular diretamente a sensação de DOMS, melhorando consequentemente a perceção de recuperação (Ihsan, Abbis e Allan, 2021). A exposição ao frio, ativa a *Transient Receptor Potential Channel M8* (TRPM8), que medeia a analgesia através de entradas inibitórias por meio dos interneurónios inibitórios espinhais ou dos nociceptores (Knowlton et al., 2013).

A percepção melhorada de DOMS é importante para a recuperação do desempenho do exercício, uma vez que a contração máxima voluntária é prejudicada pela presença de dor. Assim, a recuperação atlética a longo prazo, é facilitada pelos mecanismos mediados pelo SNC (Minett e Duffield, 2014).

5.3. CWI e a performance atlética após EIMD

O arrefecimento causado pela CWI demonstrou reduzir significativamente os sintomas da DOMS até 96 horas após o exercício em comparação com outras intervenções de controlo passivas. Além disso, quando comparada com outras formas de crioterapia, a CWI obteve melhores resultados (Hohenauer et al., 2015). A CWI parece ser mais eficaz na atenuação dos efeitos do EIMD como consequência de exercício físico prolongado de resistência, que afete o corpo inteiro, do que em casos cujo dano muscular seja causado por contrações uniarticulares (Peake et al., 2017). De acordo com Leeder et al. (2012), os efeitos da CWI na recuperação da função muscular são menos elucidativos, no entanto, os efeitos positivos no alívio da dor muscular, asseguram a sua utilização. O seu objetivo primário, deve ser manter a redução da temperatura intramuscular pelo maior tempo possível nos instantes imediatos após o exercício para impedir a proliferação de danos secundários (Kwiecien e McHugh, 2021).

Por outro lado, Ihsan, Watson e Abbiss (2016), verificaram que a CWI além da vasoconstrição, reduz a perfusão muscular, prejudicando a entrega de oxigénio e nutrientes e o metabolismo anaeróbico pode ser ativado. Isto pode ser prejudicial ao processo de recuperação. Além disso Peake et al. (2017) afirma que a CWI não é mais eficaz do que a recuperação ativa para minimizar as respostas inflamatórias e de stress no músculo após o exercício.

A ambiguidade de resultados pode certamente estar relacionado com os diferentes desenhos de estudo, incluindo diferenças na temperatura da água, cargas de exercícios anteriores, profundidade de imersão, tempo de intervenção clínica e, evidentemente, as diferenças intra indivíduos (Heiss et al., 2019). Adicionalmente, os marcadores comumente avaliados, como a força e a resistência, fornecem uma visão pouco elucidativa sobre a visão mecânica dos efeitos da CWI nas respostas adaptativas do músculo (Broatch, Petersen e Bishop, 2018).

CAPÍTULO II
METODOLOGIA

Metodologia

Uma revisão sistemática é uma revisão da literatura, de uma questão formulada, em que “são utilizados métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, recolher e analisar dados dos estudos incluídos na revisão”. As revisões sistemáticas envolvem um processo sistemático de procura, com o objetivo de localizar todos os trabalhos relevantes publicados que abordem uma ou mais questões de pesquisa, assim como apresentação sistemática e síntese das características e achados dos resultados dessa pesquisa (Siddaway, Wood e Hedges, 2018).

1. Estratégias de Pesquisa

O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática em que foi realizada uma pesquisa computadorizada em bases de dados: *Pubmed/Medline*, *PEDro*, *Lilacs*, *Scielo*, *Web of Science*, *Cochrane CENTRAL*, *Academic Search Complete* e *SPORTDiscus* para determinar os estudos randomizados controlados publicados até março 2022 para assim avaliar a efetividade da *Cold Water Immersion* na dor e força muscular dos membros inferiores.

Para formular a questão clínica, foi utilizado o método PICO que permite identificar a **População** alvo em estudo, a **Intervenção** que será analisada, a **Comparação** das técnicas utilizadas (que pode não estar presente na questão clínica) e, o(s) **Outcome(s)**, isto é, o desfecho/resultado. Neste estudo, temos então: P: jogadores de rugby; I: *Cold Water Immersion*; C: comparação da intervenção com grupo de controlo ou placebo; O: dor muscular e força dos membros inferiores.

Foi utilizada a seguinte expressão de pesquisa, nas bases de dados *Pubmed/Medline*, *Lilacs*, *Scielo*, *Web of Science*, *Cochrane CENTRAL*, *Academic Search Complete* e *SPORTDiscus*: (“*whole body cryotherapy*” OR “*cold water immersion*”) AND (“*delayed onset muscle soreness*” OR “*DOMS*” OR “*muscle damage*”) AND (“*rugby*” OR “*rugby football*” OR “*rugby league*” OR “*rugby union*”). Já na base de dados *PEDro* foi realizada uma pesquisa com as seguintes palavras chave, utilizando o operador booleano AND: “*whole body cryotherapy*” / “*cold water immersion*”; “*delayed onset muscle soreness*”/ “*DOMS*”/ “*muscle damage*”; “*rugby*”/ “*rugby football*”/ “*rugby league*”/ “*rugby union*”.

2. Critérios de Elegibilidade

2.1. Critérios de Inclusão:

1) estudos randomizados controlados; 2) estudos efetuados em humanos; 3) estudos publicados até março de 2022; 4) Estudos escritos em língua portuguesa, espanhola e inglesa; 5) estudos cuja população são jogadores de rugby; 6) estudos que possuam protocolos de exercício que induzam dano muscular; 7) utilização de *Cold Water Immersion*; 8) avaliação de força muscular e/ou dor.

2.2. Critérios de Exclusão:

1) estudos que adicionem alguma terapia farmacológica ao tratamento de *Cold Water Immersion*; 2) pontuação na escala de PEDro inferior a 5 pontos.

3. Análise da qualidade metodológica dos estudos

Após a remoção dos estudos duplicados, os títulos e os resumos dos estudos incluídos foram analisados e os artigos que não estavam relacionados com a questão de investigação foram excluídos. Posteriormente foi avaliada a qualidade metodológica dos artigos, por um investigador independente, selecionados para análise com recurso à Escala de PEDro – Português (Portugal). O resumo da análise da qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão e a respetiva pontuação encontra-se na Tabela 1.

No que concerne à classificação da Escala de PEDro, esta apresenta um conjunto de 11 critérios, sendo que o critério 1 diz respeito à validade externa e não é utilizado para calcular a pontuação PEDro. Os critérios 2-9 referem-se à validade interna, sendo o critério 2 referente à distribuição aleatória dos grupos, o critério 3 à distribuição cega dos sujeitos, o critério 4 à semelhança dos indicadores de prognóstico dos grupos, o critério 5 é referente ao facto dos sujeitos que participaram no estudo o fizeram de forma cega, o critério 6 é referente ao facto dos fisioterapeutas que administraram a terapia o fizeram de forma cega, o critério 7 é referente ao facto dos avaliadores dos resultados chave o fizeram de forma cega, o critério 8 é sobre as medições dos resultados-chave e se estes foram obtidos em mais de 85% dos sujeitos distribuídos pelos grupos e o critério 9 é referente à “intenção de tratamento”, se todos os sujeitos receberam o tratamento ou a condição de controlo e se a análise foi feita para pelo menos um resultado-chave. Os critérios 10-11 referem-se à suficiente informação estatística para que os resultados

possam ser interpretados, sendo o critério 10 referente às comparações estatísticas inter-grupos e se estas foram descritas em pelo menos um resultado-chave e o critério 11 é referente à apresentação de medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave (Maher et al., 2003). A Escala de PEDro utilizada para avaliar a qualidade metodológica dos artigos selecionados encontra-se representada na Figura 3.

Os dados relativos à citação, características da amostra, desenho do estudo, protocolo de indução de dano, intervenção realizada, parâmetros de avaliação, instrumentos de avaliação e os resultados do estudo foram recolhidos para posterior análise qualitativa.

1. Os critérios de elegibilidade foram especificados	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
2. Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos (num estudo crossover, os sujeitos foram colocados em grupos de forma aleatória de acordo com o tratamento recebido)	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
3. A distribuição dos sujeitos foi cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
4. Inicialmente, os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
5. Todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
6. Todos os fisioterapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
7. Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, fizeram-no de forma cega	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
8. Medições de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelos grupos	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
9. Todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram medições de resultados receberam o tratamento ou a condição de controlo conforme a distribuição ou, quando não foi esse o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultados-chave por “intenção de tratamento”	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
10. Os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:
11. O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> onde:

Figura 3. Escala de PEDro – Português (Portugal)

4. Objetivo do estudo

Objetivo do estudo: Verificar o efeito da *Cold Water Immersion* na dor e na força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com sensação retardada de desconforto muscular.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Resultados

Na sequência da pesquisa realizada com as palavras-chave, obteve-se um total de 142 artigos, foram removidos 69 duplicados, sendo identificados 73 artigos para avaliar através da leitura do título e abstract. Após este procedimento foram analisados através da leitura do texto completo 25 artigos, sendo que destes foram removidos 18 estudos por não cumprirem com os critérios de inclusão previamente definidos. Após o procedimento de seleção ilustrado na fluxograma da Figura 3, foram selecionados 7 artigos para inclusão na síntese qualitativa.

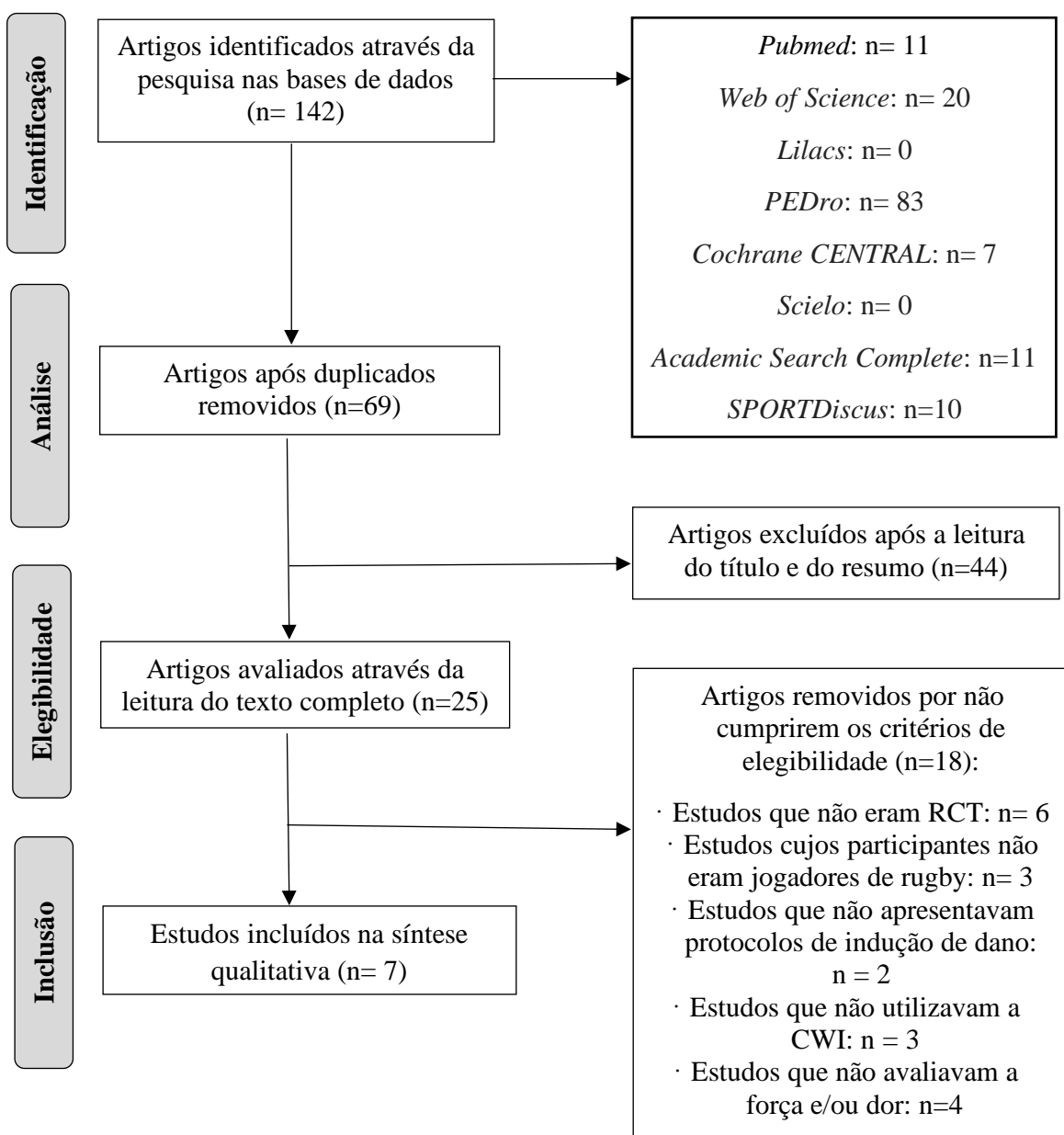


Figura 4. Fluxograma da pesquisa bibliográfica. **RCT:** *Randomized Controlled Trial*. **CWI:** *Cold Water Immersion*.

No total, 157 indivíduos foram sujeitos a um protocolo de indução de dano muscular, incluindo 24 atletas do sexo feminino e 133 atleta do sexo masculino, com idade que varia entre os 19 e os 29 anos de idade. Os dados relativos ao ano e nome do autor, características da amostra, desenho do estudo, protocolo de indução de dano muscular, a intervenção realizada no estudo, os parâmetros e instrumentos de avaliação e os resultados sobre a *Cold Water Immersion* dos 7 estudos incluídos na revisão encontram-se descritos na tabela resumo (Tabela 2).

Os estudos apresentam uma qualidade metodológica, segundo a classificação através da Escala de PEDro, de 6/10 (Tabela 1), sendo que todos os estudos têm uma classificação superior ou igual a 5/10. Todos os estudos cumprem o critério 2 (distribuição aleatória), o critério 4 (medida de gravidade a ser tratada e medida de resultado-chave que caracteriza o ponto de partida) e o critério 9 (análise de intenção de tratamento). Nenhum dos estudos foi capaz de satisfazer os critérios 5 e 6 (sujeitos e terapeutas cegos para o estudo). Apenas 1 estudo cumpre o critério 7 (avaliadores cegos para o estudo) e apenas 1 estudo não cumpre o critério 8 (medições dos resultados chave).

Tabela 1. Classificação da qualidade metodológica dos artigos de acordo com a Escala de PEDro

Autor (ano)	Critérios											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Pointon e Duffield (2012)	NA	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	5/10
Higgins, Cameron e Climstein (2013)	NA	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10
Higgins, Climstein e Cameron (2013)	NA	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	5/10
Garcia, Mota e Marocolo (2016)	NA	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	7/10
Barber et al. (2017)	NA	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Chow, Chung e Fong (2018)	NA	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	5/10
Nunes et al. (2019)	NA	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10

Legenda: **NA:** não aplicável; **1:** critério válido; **0:** critério não válido

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa

Estudo	Desenho do estudo/ Características da amostra	Protocolo de Indução de Dano Muscular	Intervenção	Parâmetros de avaliação/ Instrumento de avaliação	Resultados
Pointon e Duffield (2012)	RCT n= 10 participantes: M: n= 10; F: n= 0; $\bar{x} \pm SD$ de idades= 21.0 \pm 1.7 anos P= 87.2 \pm 7.7kg; A= 182.9 \pm 6.1cm Desporto: <i>Rugby union</i> e <i>Rugby league</i>	Aquecimento de 15 minutos + 3 sessões do Protocolo <i>Intermittent Sprint Exercise</i> (2x30 minutos e recuperação passiva de 10 minutos: sprint de 15m a cada minuto, separados por séries de corrida intensa, trote e caminhada. A cada 6° rotação, realizavam corridas de 5x10m, recebendo um <i>tackle</i> (colisão direta na parte inferior do corpo) de ombro.	Intervenção realizada 10 minutos após o exercício. 3 grupos de participantes: GCWI: imersão em água, até à crista ilíaca durante 9 minutos, a 9.2°C \pm 0.2°C, com 1 minuto sentado à temperatura ambiente (20.3°C \pm 1.1°C), por um total de 20 minutos. GC: sentados a 20.3°C \pm 1.1°C, por 20 minutos. GCt: sentados a 20.3°C \pm 1.1°C, por 20 minutos, em que os participantes receberam 40 <i>tackles</i> .	DM: determinada usando uma <i>Escala de Likert</i> , numerada de 0 a 10, sendo 0 “sem dor” e 10 “muita dor”. FM: através de um dinamómetro isocinéti co (<i>Humac Norm isokinetic dynamometer; Ausmedic, CSMi Medical Solutions, Stoughton, MA</i>): cada participante foi posicionado com a anca a 90°; o eixo da articulação do joelho (epicôndilo lateral do fémur) estava alinhado com o eixo de rotação do dinamómetro, para os testes subsequentes. · Ativação muscular: estimulação do nervo femoral com um eléctrodo cátodo com espaçamento de 30mm (<i>Nicolet Biomedical, Madison, WI</i>); · Torque voluntário: 5x 5 segundos de contração máxima voluntária, com uma contração eléctrica sobreposta através do <i>software LabView</i> , separadas por 5 segundos de descanso com 65° de flexão do joelho; <u>Avaliação realizada:</u> baseline e após o exercício; imediatamente, 2h e 24h após intervenção.	FM \uparrow imediatamente após intervenção, no GCWI em comparação com GCt (p=0.03 e p=0.05, respetivamente). DM \uparrow em todas as condições e grupos em comparação com os valores da baseline (p=0.01). No GCWI, a DM \downarrow 2h após intervenção em comparação com o GC e GCt (p=0.05 e p=0.04).

Legenda: **RCT:** *Randomized Controlled Trial*. **n:** Tamanho da Amostra. **M:** Masculino. **F:** Feminino. **P:** Peso. **A:** Altura. **GCWI:** Grupo *Cold Water Immersion*. **GC:** Grupo de Controlo. **SCM:** Salto Contramovimento. **\bar{x} :** Média. **SD:** Desvio Padrão. **DM:** Dor Muscular. **FM:** Força Muscular **EVA:** Escala Visual Analógica. \uparrow : Aumentou; \downarrow : Diminuiu.

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa

Estudo	Desenho do estudo/ Características da amostra	Protocolo de Indução de Dano Muscular	Intervenção	Parâmetros de avaliação/ Instrumento de avaliação	Resultados
Higgins, Cameron e Climstein (2013)	RCT n= 24 participantes: M: n= 24; F: n= 0; $\bar{x} \pm SD$ de idades= 19.5±0.8 anos. P= 82.38±11.12kg; A= 179±6cm Desporto: <i>Rugby union</i>	Aquecimento (<i>lunges</i> dinâmicos e <i>sumo squats</i> por 25m + exercícios dinâmicos de flexibilidade) + Simulação de um jogo de rugby: 11 estações de jogo em intervalos de 30 segundos (4x cada sequência com 10 minutos de descanso entre cada uma).	Intervenção realizada após a simulação de jogo. 3 grupos de participantes: GCWI: n= 8: imersão em água, até à espinha ilíaca superior, 2x durante 5 minutos, a 10-12°C, com intervalos de 2.5 minutos entre as imersões, à temperatura ambiente. Grupo de Banhos de Contraste (GBC): n=8: imersão alternada entre água fria (10-12°C) e água quente (38-40°C) por 60 segundos em cada um. Realizaram 5 ciclos em cada banho. GC: n=8: recuperação passiva: sentados por 10 minutos a temperatura ambiente.	FM: SCM: tapete de salto portátil (<i>Quattro Jump, Kistler, Switzerland</i>). Foram realizados 3 saltos verticais, sendo que foi selecionado para análise o melhor salto. DM: EVA (numerada de 1-10, sendo 1 “sem dor”, 5 “um pouco doloroso” e 10 “pior dor de sempre”) + Algómetro de pressão (<i>Chatillon DFX series, FL, USA</i>): a pressão foi aplicada no ponto médio entre a rótula e crista ilíaca superior, no reto femoral e bíceps femoral. Os participantes indicaram quando a dor chegou a nível 5, e foi registado o valor indicado no algómetro. <u>Avaliação realizada:</u> baseline, 1h, 24h e 48h após intervenção.	DM ↑ em todos os pontos e condições (p<0.000). SCM ↑ 1 hora após intervenção (p=0.008) no GCWI. 1 hora após intervenção, no GBC a DM ↑ em comparação com o GC (p=0.05). 48 horas após intervenção, no GBC a DM ↑ em comparação com o GCWI (p=0.02).

Legenda: **RCT:** *Randomized Controlled Trial*. **n:** Tamanho da Amostra. **M:** Masculino. **F:** Feminino. **P:** Peso. **A:** Altura. **GCWI:** Grupo *Cold Water Immersion*. **GC:** Grupo de Controlo. **SCM:** Salto Contramovimento. \bar{x} : Média. **SD:** Desvio Padrão. **DM:** Dor Muscular. **FM:** Força Muscular **EVA:** Escala Visual Analógica. ↑: Aumentou; ↓: Diminuiu.

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa

Estudo	Desenho do estudo/ Características da amostra	Protocolo de Indução de Dano Muscular	Intervenção	Parâmetros de avaliação/ Instrumento de avaliação	Resultados
Higgins, Climstein e Cameron (2013)	RCT n= 24 participantes: M: n= 24; F: n= 0; $\bar{x} \pm SD$ de idades= 19.5±0.8 anos. P= 82.38±11.12kg; A= 179±6cm Desporto: <i>Rugby union</i>	Aquecimento de 25 minutos (caminhada, agachamento, <i>swing</i> , <i>lunges</i> , exercícios de flexibilidade dinâmica) + Simulação de um jogo de rugby	Intervenção realizada após a simulação de jogo. 3 grupos de participantes: GCWI: n= 8: imersão em água, até à espinha ilíaca superior, 2x durante 5 minutos, a 10-12°C, com intervalos de 2.5 minutos entre as imersões, à temperatura ambiente. Grupo de Banhos de Contraste (GBC): n=8: imersão alternada entre água fria (10-12°C) e água quente (38-40°C) por 60 segundos em cada um. Realizaram 5 ciclos em cada banho. GC: n=8: recuperação passiva: sentados por 10 minutos a temperatura ambiente.	FM: SCM: tapete de salto portátil (<i>Quattro Jump, Kistler, Switzerland</i>). Foram realizados 3 saltos verticais, sendo que foi selecionado para análise o melhor salto. DM: EVA (numerada de 1-10, sendo 1 “sem dor”, 5 “um pouco doloroso” e 10 “pior dor de sempre”) + Algómetro de pressão (<i>Chatillon DFX series, FL, USA</i>): a pressão foi aplicada no ponto médio entre a rótula e crista ilíaca superior, no reto femoral e bíceps femoral. Os participantes indicaram quando a dor chegou a nível 5, e foi registado o valor indicado no algómetro. <u>Avaliação realizada:</u> baseline, 1h, 24h, 48h, 72h, 96h e 144h após intervenção.	DM ↓ em todos os grupos, 1 hora (p=0.05) e 48 horas (p=0.002) após intervenção. SCM ↑ em todos os grupos, 1 hora e 48 horas (p<0.000), 72 horas (p=0.007), 96 horas (p=0.005) e 144 horas (p=0.007) após intervenção. 72 horas e 96 horas após intervenção, a DM ↓ no GC em comparação com o GBC, (p=0.03) e (p=0.04), respetivamente. 48 horas após intervenção a DM ↓ no GCWI em comparação com o GC (p=0.02).

Legenda: **RCT:** *Randomized Controlled Trial*. **n:** Tamanho da Amostra. **M:** Masculino. **F:** Feminino. **P:** Peso. **A:** Altura. **GCWI:** Grupo *Cold Water Immersion*. **GC:** Grupo de Controlo. **SCM:** Salto Contramovimento. \bar{x} : Média. **SD:** Desvio Padrão. **DM:** Dor Muscular. **FM:** Força Muscular **EVA:** Escala Visual Analógica. ↑: Aumentou; ↓: Diminuiu.

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa

Estudo	Desenho do estudo/ Características da amostra	Protocolo de Indução de Dano Muscular	Intervenção	Parâmetros de avaliação/ Instrumento de avaliação	Resultados
Garcia, Mota e Marocolo (2016)	RCT <i>crossover</i> * n= 8 participantes: M: n= 8; F: n= 0; $\bar{x} \pm SD$ de idades= 23±4.7 anos. P= 87.5±8.6kg; A=176.9±4.5cm Desporto: <i>Rugby union</i> *2 ensaios com 1 semana de intervalo	Aquecimento de 7 minutos + <i>Rugby-specific exercise protocol</i> : simulação de 40 minutos de jogo, 8 estações de 5 minutos, com 30 segundos de descanso: saltos, passes, posição de <i>scrum</i> com alternância de membros, sprints em ziguezague, repouso e hidratação, <i>dragon walks</i> e sprint de 20m)	Intervenção realizada 1 minuto após os testes de performance. 2 grupos de participantes: GCWI : imersão em água, num tanque, até à crista ilíaca durante 9 minutos a 8.9±0.6°C, com intervalo de 1 minuto à temperatura ambiente (2x, fazendo um total de 20 minutos de intervenção). GC : sentados durante 20 minutos à temperatura ambiente.	FM : SCM : tapete de contacto <i>Jump System (Just Jump, Probotics, Inc., Huntsville, USA)</i> . Os dois pés apoiados no tapete e mãos na anca durante todo o salto. Foram realizadas 3 tentativas, com 30 segundos de descanso. Foi escolhido para análise o melhor salto. 30-s continuous jump teste (CJ30) : 30 segundos de salto vertical contínuo, através do mesmo sistema do SCM <u>Avaliação realizada</u> : baseline e imediatamente após o exercício; 1 minuto e 12h após intervenção.	SCM ↓ imediatamente após intervenção (p=0.0063) no GCWI. CJ30 ↑ 12 horas após intervenção no GCWI em comparação com o GC (p=0.0259).

Legenda: **RCT**: *Randomized Controlled Trial*. **n**: Tamanho da Amostra. **M**: Masculino. **F**: Feminino. **P**: Peso. **A**: Altura. **GCWI**: Grupo *Cold Water Immersion*. **GC**: Grupo de Controlo. **SCM**: Salto Contramovimento. \bar{x} : Média. **SD**: Desvio Padrão. **DM**: Dor Muscular. **FM**: Força Muscular **EVA**: Escala Visual Analógica. ↑: Aumentou; ↓: Diminuiu.

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa

Estudo	Desenho do estudo/ Características da amostra	Protocolo de Indução de Dano Muscular	Intervenção	Parâmetros de avaliação/ Instrumento de avaliação	Resultados
Barber et al. (2017)	RCT n= 16 participantes: M: n= 16; F: n= 0; $\bar{x} \pm SD$ de idades= 20±1.2 anos; P= 86.2±6.9kg; A=180±5.5cm Desporto: <i>Rugby union</i>	Protocolo específico de rugby <i>Bath University Shuttle Test</i> (BURST): 10 minutos aquecimento, 5 minutos de jogging e alongamento + 3 blocos de exercício (caminhada, jogging, contactos físicos através de <i>scrum, ruck, maul</i>). 4x19 minutos, com períodos de exercício de 16x278 segundos.	Intervenção realizada 1 minuto após o exercício. 2 grupos de participantes: GCWI: n= 8: imersão em água, até à crista ilíaca durante 2x5 minutos, a 10°C, separados por 2.5 minutos sentados à temperatura ambiente. GC: n=8: sentados à temperatura ambiente, receberam um sumo de frutas, e foram instruídos a beber um terço a cada 5 minutos, fazendo um total de 15 minutos (foram informados que esta bebida ajudaria na recuperação desportiva)	DM: EVA (numerada de 0 a 200mm, sendo 0 “sem dor” e 200 “dor insuportável”): Os participantes realizaram um agachamento até 90° de flexão do joelho e voltaram à posição inicial (posição ortostática), e selecionaram na escala o nível de dor muscular. FM: SCM: tapete de contacto/pressão (<i>Vertical Jump Mat, Probotics Inc., Huntsville, AL, USA</i>). Foram realizados 3 saltos verticais com as mãos na anca, sendo que o melhor salto foi selecionado para análise. Contração Isométrica Máxima Voluntária (CIMV): medidor de tensão (<i>MIE Medical Research Ltd., Leeds, UK</i>). Sentados com joelho e anca a 90° de flexão e realizaram 3 contrações máximas do quadríceps de 3 segundos, separadas por 1 minuto. A melhor contração foi selecionada para análise. <u>Avaliação realizada:</u> baseline e imediatamente após o exercício; 24h e 48h após intervenção.	No GCWI, houve diferenças estatisticamente significativas no SCM, imediatamente após o exercício e nas 24h e 48h após a intervenção, com p<0.05 em comparação com o GC. No GCWI, houve diferenças estatisticamente significativas, na dor muscular e na CIMV nas 24h e 48h após a intervenção, com p<0.05, em comparação com o GC.

Legenda: **RCT:** *Randomized Controlled Trial*. **n:** Tamanho da Amostra. **M:** Masculino. **F:** Feminino. **P:** Peso. **A:** Altura. **GCWI:** Grupo *Cold Water Immersion*. **GC:** Grupo de Controlo. **SCM:** Salto Contramovimento. \bar{x} : Média. **SD:** Desvio Padrão. **DM:** Dor Muscular. **FM:** Força Muscular **EVA:** Escala Visual Analógica. ↑: Aumentou; ↓: Diminuiu.

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa

Estudo	Desenho do estudo/ Características da amostra	Protocolo de Indução de Dano Muscular	Intervenção	Parâmetros de avaliação/ Instrumento de avaliação	Resultados
Chow, Chung e Fong (2018)	RCT n= 53 participantes: M: n= 29; F: n= 24; $\bar{x} \pm SD$ de idades= 21.6±2.9 anos. CWI: P= 64.1±10.2kg; A= 1.685±0.104m. ITA: P= 64.6±12.3 kg; A= 1.682±0.097m; GC P= 62.4±13.7kg; A= 1.685±0.089m Desporto: atletas de rugby (equipas locais)	Aquecimento na passadeira + 5 <i>sprints</i> submáximos de 5 segundos, com 1 minuto de pausa. De seguida 14 <i>sprints</i> de 15 segundos, com intervalos de descanso de 45 segundos.	Intervenção realizada 1 minuto após o exercício. 3 grupos de participantes: GCWI: n= 13: imersão em água, num tanque, até à crista ilíaca durante 1 minuto a 5°C. Grupo Imersão em água a temperatura ambiente (GITA): n= 18: imersão em água, num tanque, até á crista ilíaca durante 1 min a 25°C. GC: n= 22: sentados durante 1 minuto com temperatura ambiente de 25°C (sem imersão)	FM; SCM: tapete de contacto/pressão (<i>Fitness Technology, Kinematic Measurement System, Australia</i>). Os dois pés apoiados no tapete e mãos na anca. Foram realizados 2 saltos submáximos para familiarização. De seguida 3 saltos máximos com possibilidade de intervalo de 5 segundos. Foi escolhido para análise o melhor salto. Dinamómetro isocinético (Cybex NORM, Humac, CA): cada participante foi posicionado com a anca a 85°; o eixo da articulação do joelho (epicôndilo lateral do fémur) estava alinhado com o eixo de rotação do dinamómetro. Foram realizados 3 movimentos submáximos de extensão/flexão do joelho. <u>Avaliação realizada:</u> baseline, imediatamente após o exercício e imediatamente após intervenção.	↓ do tempo para atingir o peak torque dos flexores do joelho (p<0.001) e dos extensores do joelho (p=0.012) no GITA após intervenção. ↓ do peak torque dos extensores do joelho no GCWI (p=0.018) após intervenção. ↓ do SCM após intervenção (p=0,030) no GCWI.

Legenda: **RCT:** *Randomized Controlled Trial*. **n:** Tamanho da Amostra. **M:** Masculino. **F:** Feminino. **P:** Peso. **A:** Altura. **GCWI:** Grupo *Cold Water Immersion*. **GC:** Grupo de Controlo. **SCM:** Salto Contramovimento. \bar{x} : Média. **SD:** Desvio Padrão. **DM:** Dor Muscular. **FM:** Força Muscular **EVA:** Escala Visual Analógica. ↑: Aumentou; ↓: Diminuiu.

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos na síntese qualitativa

Estudo	Desenho do estudo/ Características da amostra	Protocolo de Indução de Dano Muscular	Intervenção	Parâmetros de avaliação/ Instrumento de avaliação	Resultados
Nunes et al. (2019)	RCT <i>crossover</i> n= 22 participantes: M: n= 22; F: n= 0; $\bar{x} \pm SD$ de idades= 25.2±3.6 anos P= 96.8±16.8kg; A= 182.2±6.3cm Desporto: <i>Rugby union</i>	Jogo de rugby amigável da equipa profissional de rugby do Brasil	Intervenção realizada após os testes de performance (pós-jogo), 2 grupos de participantes: GCWI: n=11: imersão em água, até à crista ilíaca durante 10 minutos a ~ 10°C. GC: n=8*: sentados por 30 minutos num ambiente controlado de 22°-23°C, 50%-60% de humidade. *3 atletas excluídos, por lesão durante o jogo	DM: Questionário de dor muscular: (numerada de 1-10, sendo 1 “sem dor” e 10 “dor muito intensa”). Os participantes realizaram meio agachamento (avaliar gastrocnémios e quadríceps) e rotação do tronco para ambos os lados para avaliar a intensidade da dor geral. FM: SCM + Squat Jump (SJ): plataforma de força piezoelétrica (<i>Kistler Quattro Jump 9290AD, Winterthur, Switzerland</i>). No SCM, os participantes foram instruídos a saltar o mais alto possível com as mãos na anca, realizando flexão livre dos joelhos, seguida de extensão rápida dos membros inferiores. No SJ , os participantes iniciaram o salto com 90° de flexão do joelho. Cada participante realizou 3 saltos de SCM e SJ, com ordem aleatória e 30 segundos de descanso entre eles. Avaliação realizada: 1 semana antes, pré-jogo, imediatamente após o jogo, 30 min, 24h, 48h e 72h após intervenção.	No GCWI, houve diferenças estatisticamente significativas, no SJ nas 24h, 48h e 72h após intervenção, com p<0.05 em comparação com o GC. No GCWI, houve diferenças estatisticamente significativas, no SCM nas 48h e 72h após intervenção, com p<0.05 em comparação com o GC. No GCWI, houve diferenças estatisticamente significativas, na dor muscular nos gastrocnémios (imediatamente após o exercício e nas 24h após intervenção) com p<0.05, em comparação com o GC.

Legenda: **RCT:** *Randomized Controlled Trial*. **n:** Tamanho da Amostra. **M:** Masculino. **F:** Feminino. **P:** Peso. **A:** Altura. **GCWI:** Grupo *Cold Water Immersion*. **GC:** Grupo de Controlo. **SCM:** Salto Contramovimento. \bar{x} : Média. **SD:** Desvio Padrão. **DM:** Dor Muscular. **FM:** Força Muscular **EVA:** Escala Visual Analógica. \uparrow : Aumentou; \downarrow : Diminuiu.

CAPÍTULO IV

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Discussão

O objetivo desta revisão foi verificar o efeito da *Cold Water Immersion* (CWI) na dor e na força muscular dos membros inferiores em atletas de rugby com sensação retardada de desconforto muscular (DOMS). De uma forma geral, nos estudos analisados de forma qualitativa, verifica-se que o uso da CWI parece melhorar a recuperação dos atletas após um protocolo de indução de dano muscular, diminuindo a sensação de dor muscular e diminuindo a perda de força muscular dos membros inferiores.

A sobrecarga muscular no desporto é responsável pela perda de dias de treino e de competição e, apesar da DOMS ser considerada um tipo leve de lesão muscular, é uma das causas mais comuns de comprometimento do desempenho desportivo (Hotfiel et al., 2018). Na verdade, as paragens no desporto apresentam um grande impacto negativo quer para o atleta quer para o clube e, por esse motivo é importante do ponto de vista do fisioterapeuta, estar interessado numa técnica que, sendo simples de executar e de implementar, de acordo com a investigação realizada neste estudo, parece acelerar a recuperação do atleta, diminuindo a dor muscular e restabelecendo a força do atleta mais rapidamente.

1. Amostra

1.1. Tipo de estudo

Todos os estudos incluídos são estudos randomizados controlados (RCT) isto é, “são estudos realizados sob condições controladas com alocação aleatória de intervenção, para comparar grupos” (Bhide, Shah e Acharya, 2018). Nesta revisão, existem dois *RCT crossover*, Garcia, Mota e Marocolo (2016) e Nunes et al. (2019), em que “todos os participantes receberam ambas as intervenções de forma sequencial e apenas a ordem de intervenção foi atribuída aleatoriamente” (Bhide, Shah e Acharya, 2018). Garcia, Mota e Marocolo (2016) apresentam um desenho de estudo, em que foram realizados 2 ensaios experimentais, com 1 semana de intervalo, ou seja, todos os participantes foram grupo de controlo e grupo experimental trocando de grupo ao fim de 1 semana. Já Nunes et al. (2019) não refere no seu estudo, qual o intervalo realizado entre os 2 ensaios.

1.2. Participantes

Todos os indivíduos selecionados para os estudos incluídos na revisão são praticantes de rugby.

Existem duas grandes variantes de rugby, o *rugby union* (RU) e o *rugby league* (RL), sendo que no primeiro existem 15 atletas em campo e no segundo as equipas são compostas por 13 atletas. Um jogo de rugby consiste na competição de duas equipas, com o objetivo de colocar a bola na linha de golo (Yeomans et al., 2018). Todos os estudos incluídos apresentam mais de 15 participantes, à exceção de Pointon e Duffield (2012) e de Garcia, Mota e Marocolo (2016) que apenas têm 10 e 8 atletas, respetivamente. No estudo de Chow, Chung e Fong (2018) os participantes são atletas de rugby amadores de equipas locais e de colégios. Apesar de, Chow, Chung e Fong (2018), serem os únicos que não apresentam diferenças significativas do efeito da CWI na dor e/ou força, não foram encontradas diferenças na literatura que relacionem o facto de serem atletas amadores ou atletas de elite com a eficácia da CWI. Na investigação de Pointon e Duffield (2012) este utiliza atletas de RU e de RL. Nos restantes 5 artigos, os atletas são praticantes de RU.

1.3. Sexo

Historicamente, as atletas do sexo feminino foram excluídas da maioria dos desportos, sendo que apenas do início do ano 1900 é que estas foram autorizadas a participar nos Jogos Olímpicos, mas de forma condicionada. Apesar da participação de mulheres no desporto ter aumentado, estas permanecem sub-representadas em comparação com atletas do sexo masculino (Bassett et al., 2020). Isto verifica-se nesta revisão, sendo que apenas Chow, Chung e Fong (2018) apresentam mulheres no seu estudo, o que significa que apenas 15% dos indivíduos analisados são do sexo feminino. Isto é também verificado no estudo de Glasgow, Ferris e Bleakley (2014), onde pretendem avaliar o efeito da crioterapia na DOMS em pessoas fisicamente ativas e apenas 36% dos participantes são mulheres e também por Gill, Beaven e Cook (2006) que utilizam especificamente atletas de rugby para analisar as diferentes estratégias de recuperação após jogo e são selecionados apenas atletas masculinos. Tal como é referido no estudo de Woodhouse et al. (2021), as características físicas dos jogadores de rugby masculinos estão amplamente descritas e incorporadas na prática, do treino e jogo, no entanto, relativamente às características que se referem a atletas femininas, as informações são escassas. Os

mesmos autores verificaram ainda que, os únicos estudos publicados sobre o perfil feminino de uma jogadora de rugby relatam equipas de baixos escalões e com amostras pequenas.

Apesar da amostra de população feminina neste estudo ser escassa e não permitir a capacidade de analisar o efeito da CWI nos diferentes géneros, no estudo de Hohenauer et al. (2019), em que foi examinada os efeitos da CWI em variáveis fisiológicas e de recuperação após dano muscular em mulheres, os autores verificaram que a crioterapia é mais eficaz do que a recuperação passiva na redução da DOMS, no sexo feminino. No estudo de Baláš et al. (2020), estes foram estudar o efeito da CWI no desempenho da preensão manual em alpinistas e verificaram que este método de recuperação é mais benéfico para indivíduos do sexo masculino do que para indivíduos do sexo feminino. As mulheres, fisiologicamente, apresentam uma maior tendência para ter níveis de gordura corporal mais elevados. Por esse motivo, estas são capazes de manter a temperatura corporal mais tempo, em comparação com os homens, com o mesmo tempo de exposição à CWI e, por essa razão, apresentam resultados piores (McArdle et al., 1984). Também Stephens et al. (2016) afirma que as diferenças de resultados entre homens e mulheres podem estar relacionadas com a respostas termorreguladoras e de termossensibilidade, que são afetadas pelo ciclo menstrual.

2. Características Antropométricas (idade, peso e altura)

Os estudos incluídos na análise qualitativa, apresentam atletas com idades compreendidas entre os 19 e os 29 anos de idade, sendo que Higgins, Cameron e Climstein (2013) e Higgins, Climstein e Cameron (2013) têm os atletas mais novos e Nunes et al. (2019) os atletas mais velhos. Segundo Castellani e Young (2016) a idade afeta a termorregulação, uma vez que indivíduos mais velhos apresentam uma redução na vasoconstrição e na conservação do calor corporal, em comparação com indivíduos mais novos. Dado o impacto desta característica nas respostas do corpo à CWI, recomenda-se que os profissionais tenham em consideração a idade, o género e o peso corporal no protocolo de recuperação que englobe a crioterapia (Stephens et al., 2016).

Os participantes apresentam uma altura entre os 168cm e os 188cm, sendo que Chow, Chung e Fong (2018) têm atletas mais baixos e Nunes et al. (2019) os atletas mais altos. De acordo com Gabbett, King e Jenkins (2008) existem diferentes médias de altura de

acordo com a variante de rugby praticada e segundo a posição em que o atleta joga. Ou seja, no caso de RU, a média (\pm desvio padrão) de alturas para defesas é 182 (6) cm e para avançados é 189 (7) cm e no caso de RL, a média (\pm desvio padrão) de alturas para defesas é 180 (4) cm e para avançados é 186 (5) cm (Brazier et al., 2018). Verificamos então os participantes do estudo de Chow, Chung e Fong (2018) não se encontram entre as médias de altura de atletas de rugby.

No que concerne ao peso dos elementos deste estudo, este varia entre os 62kg e os 113kg, sendo que, tal como no caso da altura, Chow, Chung e Fong (2018) têm atletas com peso mais elevado e Nunes et al. (2019) os atletas com peso inferior. Tal como referido anteriormente, tanto a posição em campo como a modalidade de rugby praticado têm influência na média do peso dos atletas. Nos atletas de elite, os avançados são significativamente mais pesados que os defesas (Lundy et al., 2006). No caso de RU, a média (\pm desvio padrão) do peso corporal para defesas é 94 (8.2) kg e para avançados é 108.3 (8.2) kg e no caso de RL, a média (\pm desvio padrão) do peso para defesas é 95 (9.3) kg e para avançados é 104 (10.1) (Brazier et al., 2018). É então possível comprovar que os participantes do estudo de Chow, Chung e Fong (2018) não se encontram entre as médias do peso corporal dos atletas de rugby. Um aumento de massa corporal, é considerada fundamental para gerar mais impulso em *tackles* e colisões físicas. O sucesso deste desporto também tem sido associado ao peso corporal, uma vez que há evidência que mostra que as equipas com melhor desempenho na *Rugby World Cup* apresentam atletas mais pesado (Sedeaud et al., 2011). A gordura corporal é um dos fatores importantes que têm impacto na eficácia da CWI, uma vez que tem influência na condutividade do calor e no fluxo sanguíneo, diminuindo ambos (Stephens et al., 2016). A gordura corporal proporciona maior isolamento e resistência térmica e por isso, acredita-se que tanto a taxa de mudança da temperatura muscular como a taxa de reaquecimento após exposição ao frio, são afetados por ela (Myrer et al., 2001). Do mesmo modo, o tecido muscular tem um impacto significativo nas respostas termorreguladoras individuais. Acredita-se que atletas com mais massa muscular apresentam maior temperatura corporal após exercício e por esse motivo, seria necessária uma dose maior de CWI para se verificar os efeitos da técnica. No entanto, também se pode concluir que, uma temperatura corporal maior cria uma maior variação de temperatura entre o corpo e a água, aumentando a taxa de arrefecimento, que está de acordo com a Lei do Arrefecimento de Newton (Stephens et al., 2016).

Ao analisar os artigos incluídos, verifica-se que, no caso de Chow, Chung e Fong (2018), este apresenta os atletas com menos peso corporal e é o estudo que apresenta a imersão em água fria a menor temperatura e durante menos tempo, concluindo que a CWI não é recomendável para a recuperação pós-exercício, podendo esta característica estar a influenciar a efeito da CWI. Segundo Rech, Bressel e Louder (2021), tanto a composição corporal como os valores antropométricos afetam a variabilidade individual na resposta ao arrefecimento intramuscular na CWI.

3. Protocolo de Indução de Dano Muscular

No que concerne às diferentes formas de indução de dano muscular dos diferentes estudos incluídos na revisão, podemos observar que existem quatro formas distintas de o realizar. Há três artigos que utilizam protocolos específicos para induzir lesão muscular. Pointon e Duffield (2012) utilizaram o *Intermittent Sprint Exercise*, que consiste na realização de exercícios de corrida, *sprints*, trote e caminhada, sendo que durante a corrida de 10m recebiam um *tackle* de ombro. Garcia, Mota e Marocolo (2016) aplicaram o *Rugby-specific exercise protocol* (RESEP) que é um protocolo específico de rugby que consiste em numa simulação de jogo de 40 minutos em que são utilizadas técnicas próprias deste desporto. Barber et al. (2017) utilizaram o *Bath University Shuttle Test* (BURST) que consiste num protocolo de jogo específico de rugby com base nas características físicas para atletas de elite. Este compreende exercícios com técnicas específicas de rugby, tal como no estudo anterior, e ainda jogging e alongamentos. Existem também dois artigos em que a indução de dano muscular é realizada através de uma simulação de um jogo de rugby, que é o caso de Higgins, Cameron e Climstein (2013), Higgins, Climstein e Cameron (2013). Já no caso de Nunes et al. (2019) o protocolo de indução de dano foi um jogo de rugby amigável.

Chow, Chung e Fong (2018) escolheram o exercício intermitente, com *sprints* e momentos de descanso, para provocar dano muscular nos atletas participantes. Pournot et al. (2011), que tinham como objetivo perceber os efeitos da imersão em água na recuperação muscular, utilizaram também um protocolo de treino intermitente com o objetivo de provocar fadiga suficiente e dano muscular, tal como Chow, Chung e Fong (2018). A ação de aceleração e desaceleração que surgem durante os exercícios intermitentes leva a uma redução no desempenho, uma vez que, no caso do *sprint*, as

acelerações, com períodos mais longos na fase de apoio, dão mais tempo para aplicar força, levando a uma perda reduzida de desempenho em comparação com exercícios explosivos repetidos (Rodríguez e Soto, 2017). Para além disso, este treino induz adaptações cardiorrespiratórias e musculares, como a redução da velocidade máxima de encurtamento das fibras de contração rápida e a limitação da rápida ativação neural. Este exercício pode levar a uma elevada fadiga muscular aumentando a possibilidade de dor muscular (Robineau et al., 2016).

Por outro lado, Machado et al. (2017) e Vaile et al. (2008) avaliaram o efeito e a dose ideal de CWI em participantes com DOMS. Estes autores utilizam o exercício excêntrico para induzir dano muscular, referindo que a força excêntrica é aproximadamente 20% a 60% maior que a força concêntrica. Se o exercício excêntrico não for de acordo com o exercício realizado habitualmente pelo atleta, muitos indivíduos experimentam danos musculares induzidos pelo exercício que possivelmente resultarão em dor muscular, que pode permanecer vários dias após o exercício (Howatson, Goodall e Someren, 2009). Por tanto, protocolos que utilizem treino excêntrico para induzir dano muscular apresentam sucesso para levar ao aparecimento de DOMS (Vaile et al., 2008; Hortobágyi e Katch, 1990 e Howatson, Goodall e Someren, 2009).

Existem artigos na literatura como Webb et al. (2013) e Aloulou et al. (2020) que, para verificar as várias estratégias de recuperação em jogadores de rugby, fazem a avaliação após cada competição, tendo assim cada jogo como fator de indução de dano muscular. Isto verifica-se nesta revisão sistemática que, como referido anteriormente, existem atletas que realizam uma simulação de jogo de rugby, nos estudos de Higgins, Cameron e Climstein (2013) e de Higgins, Climstein e Cameron (2013) ou até um jogo amigável de rugby como no estudo de Nunes et al. (2019). Apesar de metade dos artigos incluídos apresentar esta forma de indução de dano muscular, a dor muscular tardia, ocorre como resultado de traumas do musculoesquelético e, estes traumas ocorrem quando o atleta não está familiarizado com o treino (Demirhan et al. 2017) Assim, podemos verificar que, ao se tratar apenas de atletas de rugby, o facto de se utilizar o jogo ou uma simulação do mesmo como protocolo de indução de dano, as características da DOMS podem não estar totalmente presentes nesses estudos. Também Cheung, Hume e Maxwell (2003) corroboram esta informação, afirmando que a DOMS está, geralmente, associada a trabalho muscular não familiar e de alta potência como consequência de exercício excêntrico. Os mesmos autores referem que grande parte dos investigadores do

mecanismo da DOMS induzem-na através de protocolos que utilizam predominantemente treino excêntrico, como por exemplo “*downhill running, cycling* com resistência, alongamento balístico, dinamómetro isocinético, *stepping* e exercício excêntrico resistido”.

4. Intervenção clínica

4.1. Tempo até aplicação da intervenção clínica

A intervenção clínica é semelhante nos artigos incluídos. Existem três artigos em que foi realizado o tratamento logo após o exercício: Higgins, Cameron e Climstein (2013), Higgins, Climstein e Cameron (2013) e Nunes et al. (2019), do mesmo modo, existem três artigos cujo protocolo de intervenção clínica foi aplicado 1 minuto após a indução de dano muscular: Chow, Chung e Fong (2018), Garcia, Mota e Marocolo (2016) e Barber et al. (2017). Já no caso de Pointon e Duffield (2012) esperam 10 minutos até aplicarem a intervenção clínica.

A DOMS é definida como uma lesão por tensão muscular do tipo I e a sua apresentação clínica traduz-se por rigidez e sensibilidade á palpação e/ou movimento. A sensibilidade encontra-se geralmente na porção distal do músculo e torna-se progressivamente difusa em 24h a 48h após o exercício (Cheung, Hume e Maxwell, 2003). As manifestações clínicas mais precoces começam 6h a 12h após o exercício e aumentam progressivamente podendo atingir o pico de dor em 24h a 48h após o dano muscular induzido pelo exercício (Hotfiel et al., 2018 e Cheung, Hume e Maxwell, 2003). Por esse motivo, a CWI deve ser aplicada antes de ocorrerem os sintomas clínicos, e isto verifica-se na literatura, sendo que, tal como nos estudos incluídos, a CWI é aplicada num curto período de tempo após a indução de dano muscular. Bailey et al. (2007), no seu estudo que tem como objetivo verificar os efeitos da CWI nos índices de dano muscular após o exercício intermitente, refere que os seus participantes realizaram a imersão imediatamente após o exercício. O mesmo se verifica no caso de Machado et al. (2017) e Hohenauer et al. (2019), que têm como objetivo comparar os efeitos de duas estratégias de CWI a diferentes temperaturas nos marcadores de dano muscular e examinar os efeitos da CWI em variáveis fisiológicas e de recuperação após dano muscular induzido por exercício, respetivamente. Isto é corroborado pela revisão de Wang et al. (2021) que pretendem avaliar o efeito da CWI e

imersão em água quente e água fria no tratamento da DOMS, e nos 32 artigos incluídos, em todos a imersão é realizada até 1h após o exercício.

4.2. Grupos de estudo

Existem três artigos cujos participantes são divididos em 2 grupos: Garcia, Mota e Marocolo (2016), Barber et al. (2017) e Nunes et al. (2019). Em todos os estudos, existem o grupo de CWI e o grupo de controlo, em que neste último os participantes permanecem sentados à temperatura ambiente. Nos restantes três artigos, os participantes são divididos em 3 grupos: Pointon e Duffield (2012), Higgins, Cameron e Climstein (2013), Higgins, Climstein e Cameron (2013) e Chow, Chung e Fong (2018). Nestes, para além do grupo de controlo e do CWI, existem ainda os banhos de contraste, a imersão em água à temperatura ambiente e um grupo cujos participantes recebem colisões na parte inferior do corpo (*tackle*).

4.2.1. Grupo de controlo

No que concerne ao grupo de controlo, e tal como referido anteriormente, em todos os estudos incluídos nesta revisão, os participantes deste grupo permanecem sentado à temperatura ambiente, que varia entre os 20°C e os 25°C. Porém, apenas Pointon e Duffield (2012), Chow, Chung e Fong (2018) e Nunes et al. (2019) referem a temperatura exata da sala/local onde os atletas permanecem sentados. Seria então importante que os outros estudos referissem a temperatura da sala em que o grupo de controlo fica a aguardar, uma vez que a temperatura do ambiente pode influenciar a recuperação muscular.

4.2.2. Grupo Banhos de Contraste

Higgins, Cameron e Climstein (2013) e Higgins, Climstein e Cameron (2013), nos seus estudos incluem um terceiro grupo cujos atletas realizam banhos de contraste, isto é, realizam imersão alternada entre água fria (10-12°C) e água quente (38-40°C) por 60 segundos em cada um. Segundo Cochrane (2004), trata-se de uma técnica antiga e que é pensada para “acelerar a recuperação, aumentando a circulação periférica, removendo resíduos metabólicos, estimulando o sistema nervoso central, aumentando a depuração de

lactato, aumentando o fluxo sanguíneo e revitalizando o estado psicológico”. Também Glasgow, Ferris e Bleakley (2014) e French et al. (2008) utilizam esta técnica para verificar os efeitos da mesma na DOMS, uma vez que, tal como nos dois estudos incluídos nesta revisão, referem que as evidências fisiológicas que apoiem esta prática ainda não estão totalmente elucidadas. Gill, Beaven e Cook (2006) foram avaliar a eficácia de diferentes intervenções na recuperação do dano muscular em atletas de rugby, e concluíram que os banhos de contraste apresentam uma taxa de recuperação superior, quando comparados com a recuperação passiva. Considera-se que esta técnica reduz o edema, sendo que isto acontece por meio de uma “ação de bombeamento” criada por uma resposta alternada de vasoconstrição e vasodilatação dos vasos sanguíneos às mudanças de temperatura (Myrer, Draper e Durrant, 1994). Por outro lado, Higgins, Cameron e Climstein (2013) e Higgins, Climstein e Cameron (2013), nas suas pesquisas, verificam que os banhos de contraste são menos eficazes na recuperação muscular do que a CWI e até que a recuperação passiva. A imersão em água quente e fria, em curtos períodos de tempo, leva à produção de radicais livres e aumento subsequente do stress oxidativo, que tem como consequência o aumento do stress muscular. Este aumento do stress no músculo terá um aumento correspondente da resposta inflamatória e do tempo geral de recuperação. Isto poderá explicar o facto de os banhos de contraste serem menos eficazes na recuperação muscular em comparação com a CWI (Bleakley e Davison, 2010). Pointon e Duffield (2012), decidiram quantificar o efeito de colisões diretas na parte inferior do corpo (*tackle*) enquanto os participantes realizavam exercícios de sprint intermitente, isto porque estas colisões poderiam resultar num decréscimo significativo no desempenho do exercício. O *tackle* é o episódio de contacto físico que apresenta maior incidência de lesões, sendo que tanto o jogador em posse de bola como o jogador que disputa a bola correm o risco de lesão (Burger, Lambert e Hendricks, 2020). Devido ao elevado risco de lesões e exigências de desempenho, o *tackle* tem sido um foco de investigação no rugby em comparação com outras situações de contacto (Hendricks et al., 2016). A crioterapia poderá fornecer benefícios no dano muscular induzido pelo impacto, isto porque há atenuação da resposta inflamatória (Naughton, Miller e Slater, 2017). Por esse motivo seria também interessante perceber a diferença de recuperação com a CWI no grupo que recebeu os *tackles* e quais seriam as diferenças de recuperação entre o grupo que realizou o protocolo *Intermittent Sprint Exercise* e o grupo que realizou o protocolo e posteriormente recebeu os *tackles*.

4.2.3. Grupo Imersão em Água a Temperatura Ambiente

Chow, Chung e Fong (2018) apresentam um grupo cujos participantes foram sujeitos a imersão em água a temperatura ambiente (25°C). Os autores referem que quando há imersão em água fria (água entre 5°C e os 10°C) os atletas, por além de sentirem frio, podem sentir dor e que, por esse motivo se sentem mais confortáveis em imersão à temperatura ambiente. O arrefecimento é o principal efeito da imersão em água a baixas temperaturas, e os atletas tendem a utilizar a água fria para compensar o tempo de recuperação limitado que têm (Peake et al., 2017). O principal efeito da imersão em água a temperatura ambiente vem através do efeito da pressão hidrostática e da flutuabilidade. A pressão hidrostática pode causar o deslocamento de fluidos das extremidades em direção à cavidade central, que poderá aumentar a “deslocação de substratos musculares, aumento do débito cardíaco, redução da resistência periférica e aumentar a capacidade de o corpo transportar substratos”. No que diz respeito à flutuabilidade, esta pode reduzir a percepção de fadiga e auxiliar na conservação de energia (Wilcock, Cronin e Hing, 2006). No estudo de Mooventhan e Nivethitha (2014), estes referem que a imersão em água a 20°C leva a uma diminuição da frequência cardíaca, da pressão sistólica e diastólica e aumento da taxa metabólica, no entanto numa imersão a 14°C há um aumento da frequência cardíaca, da pressão sistólica e diastólica e da taxa metabólica. Apesar das diferenças referidas anteriormente, Nardi et al. (2011) não identificaram diferenças nos marcadores inflamatórios e hematológicos tanto na imersão em água fria como em água termoneutra. Chow, Chung e Fong (2018) referem que a imersão em água a temperatura ambiente é o método ideal para jogadores de rugby, porque melhora a agilidade e diminui o tempo necessário para atingir o pico de força nos membros inferiores, ao contrário da imersão em água fria. Por outro lado, Shevchuk (2007) no seu estudo refere que a CWI reduz a fadiga após o treino, uma vez que a exposição ao frio aumenta a frequência cardíaca, que pode diminuir a fadiga, reduzir a dor e acelerar a recuperação de um músculo em fadiga.

4.2.4. Grupo *Cold Water Immersion*

Sendo parte dos critérios de inclusão, todos os artigos incluídos nesta revisão apresentam um grupo cuja a intervenção é a CWI, no entanto, esta difere na profundidade, na temperatura e no tempo que os participantes ficam imersos na água. No estudo de Pointon e Duffield (2012), de Garcia, Mota e Marocolo (2016), de Barber et al. (2017), de Chow,

Chung e Fong (2018) e de Nunes et al. (2019) os seus participantes são imersos em água até à crista ilíaca. Por outro lado, Higgins, Cameron e Climstein (2013) e Higgins, Climstein e Cameron (2013) não referem a profundidade da imersão a que os seus atletas foram sujeitos. A imersão em água é uma técnica de recuperação amplamente utilizada pelos atletas, em que após o exercício, os participantes mergulham todo ou parte do seu corpo em água fria (Versey, Halson e Dawson, 2013). Na literatura existem uma variedade de protocolos de CWI em que a profundidade de imersão difere de estudos para estudos. Por exemplo, no estudo de Vaile et al. (2008), os participantes mergulham o corpo todo na água, exceto o pescoço e a cabeça, por outro lado no caso de Hohenauer et al. (2019) os sujeitos são submersos até ao nível do esterno. Machado et al. (2017) para avaliar o efeito de duas técnicas de CWI, os seus participantes são submersos até à crista ilíaca, enquanto no estudo de Didehdar e Sobhani (2018) os participantes apenas mergulham as pernas, especificamente até à tuberosidade anterior da tíbia, com o objetivo de apenas arrefecer a articulação do tornozelo e gastrocnémios. Noutro estudo, os autores queriam avaliar os efeitos da imersão no desempenho da preensão manual dos flexores do antebraço, e no seu protocolo de CWI, os participantes apenas colocam o antebraço (desde o cotovelo até meio da palma da mão) em água (Baláš et al., 2020). O nível de imersão afeta quer as respostas térmicas quer as respostas fisiológicas. Primeiramente, quanto mais secções do corpo estiverem expostas, maior será a área de superfície em que ocorrerá as trocas térmicas, posteriormente, quanto mais profunda for a imersão, maior será o impacto da pressão hidrostática (Stephens et al., 2016). Os mesmos autores citados anteriormente, fazem a comparação de dois estudos com o mesmo procedimento de CWI (15°C durante 15 minutos) em que apenas difere a profundidade de imersão, verificando que logo após o protocolo, no caso de Vaile et al. (2008) em que foi feita uma imersão de corpo inteiro, foi observada uma diminuição da temperatura corporal de 1.3°C enquanto que Crampton et al. (2014), cujos participantes apenas mergulharam os membros inferiores foi verificada uma diminuição da temperatura corporal apenas de 0.4°C. De acordo com Heyman et al. (2008), a CWI realizada até ao nível superior dos pélvis ou ombros apresenta resultados mais benéficos do que a imersão apenas do membro. Apesar disso, os protocolos ideias para auxiliar na recuperação muscular permanecem inespecíficos (Versey, Halson e Dawson, 2013).

Hipoteticamente, os parâmetros ideias de protocolo diferem do resultado de interesse, das necessidades específicas de recuperação e do período de tempo disponível antes que seja

necessário um novo desempenho físico (Stephens et al., 2016). Neste caso existem cinco artigos cuja imersão é realizada duas vezes, como é o caso de Pointon e Duffield (2012), Garcia, Mota e Marocolo (2016), Higgins, Cameron e Climstein (2013), Higgins, Climstein e Cameron (2013) e Barber et al. (2017) e, em dois artigos é feita apenas uma imersão como Chow, Chung e Fong (2018) e Nunes et al. (2019). O tempo de imersão varia de estudo para estudo, sendo que o tempo mínimo é 1 minuto (Chow, Chung e Fong (2018) e o tempo máximo são 20 minutos (Pointon e Duffield, 2012 e Garcia, Mota e Marocolo, 2016), os restantes artigos apresentam um total de 10 minutos de CWI (Higgins, Cameron e Climstein, 2013; Higgins, Climstein e Cameron, 2013; Barber et al., 2017 e Nunes et al. 2019). O tempo ideal de exposição à CWI não está explícito, além disso, ao analisar a literatura não se verifica um consenso sobre o tempo exato de imersão. Versey, Halson e Dawson (2013) referem que este deve estar entre os 3 minutos e os 20 minutos quando se trata de uma única imersão, ou 1 minuto a 5 minutos em múltiplas imersões que poderão ser separadas por 1 minuto a 2.5 minutos. O mesmo é referido por Stephens et al., (2016) no que concerne às múltiplas imersões, no entanto estes autores referem que numa única imersão, o tempo deve variar de 5 minutos a 15 minutos. Na revisão da literatura realizada por Broatch, Petersen e Bishop (2018) para verificar a influência da CWI no pós-exercício, estes verificaram que são normalmente utilizadas imersões de pelo menos 10 minutos. Machado et al. (2015) concluíram que imersões médias entre 11 minutos a 15 minutos apresentam melhores resultados do que imersões curtas (≤ 10 minutos). De acordo com Versey, Halson e Dawson (2013), a CWI pode levar a uma estimulação prejudicial e até dor, sendo que estes efeitos podem ainda ser exacerbados durante imersões prolongadas, causando uma maior depressão da velocidade de condução nervosa sensitiva e motora, produzindo danos superficiais nos nervos. Verificamos então que nesta revisão os tempos de imersão estão de acordo com a literatura disponível, exceto Chow, Chung e Fong (2018) que realiza apenas 1 imersão de 1 minuto (concluindo que a CWI não é uma boa solução para a DOMS) podendo o tempo e a temperatura de imersão estar também a influenciar a efeito da CWI.

A CWI é um método muito utilizado por atletas e não atletas na tentativa de auxiliar na recuperação muscular e no desempenho após o exercício. Este procedimento consiste na imersão total ou parcial do corpo em água (Malta et al., 2020). A água é um condutor eficaz, levando a que a troca de calor ocorra cerca de 25 vezes mais rápido do que o ar, colocando o corpo num stress térmico significativo (Mawhinney et al., 2013). A

temperatura da água apresenta um impacto quer na duração quer no nível de imersão utilizado, uma vez que temperaturas mais baixas induzem um maior choque térmico, podendo aumentar o desconforto e, eventualmente, limitando a exposição à CWI (Stephen et al., 2016). Ao analisar os artigos desta revisão, verificamos que a temperatura da água a que os atletas são sujeitos, varia entre os 5°C (Chow, Chung e Fong, 2018) e os 12°C (Higgins, Cameron e Climstein, 2013 e Higgins, Climstein e Cameron, 2013). Nos restantes artigos, a temperatura da água encontra-se sensivelmente entre os 9°C (Garcia, Mota e Marocolo, 2016 e Pointon e Duffield, 2012) e os 10°C (Barber et al., 2017 e Nunes et al., 2019). Relativamente aos estudos cujos atletas realizam duas imersões, os intervalos entre as mesmas são de 1 minuto (Garcia, Mota e Marocolo, 2016 e Pointon e Duffield, 2012) e 2.5 minutos (Higgins, Cameron e Climstein, 2013; Higgins, Climstein e Cameron, 2013 e Barber et al., 2017). Segundo Higgins, Greene e Baker (2017) o protocolo ideal de hidroterapia para atenuar os efeitos da atividade desportiva, deve incorporar 2 imersões de 5 minutos, com a temperatura da água a 10°C com 2 minutos de intervalo entre as imersões, sentados à temperatura ambiente. No caso de Bailey et al. (2007), cujos participantes estiveram 10 minutos imersos em água a 10°C, tiveram efeitos positivos na perceção de dor muscular e força isométrica dos flexores do joelho. Estes dados são corroborados por Hohenauer et al. (2015) que na sua revisão sistemática, referem que os estudos que apresentam um resultado significativo da CWI apresentam um protocolo cuja temperatura da água é de 10°C e a imersão realizada por um tempo de 13 minutos. Numa revisão realizada por Bleakley et al. (2012) para determinar os efeitos da CWI na dor muscular após o exercício físico, os autores verificaram que 75% dos estudos incluídos na revisão utilizavam uma temperatura de água que variava entre os 10°C e os 15°C. Por outro lado, Fonseca et al. (2016) estudaram o efeito da CWI na DOMS em atletas de jiu-jitsu e verificaram que a imersão a aproximadamente 6°C era benéfico uma vez que reduzia a perceção de dor muscular e auxiliava na recuperação da potência nos membros superiores e inferiores. Também de Glasgow, Ferris e Bleakley (2014), referem que imersões a temperaturas mais baixas (6°C) foram associadas a uma menor dor muscular, assim como Vaile et al. (2008) referem que as melhores respostas na recuperação resultam de um arrefecimento mais rápido. Apesar disso, neste estudo, Chow, Chung e Fong (2018) usando uma temperatura de água bastante baixa (5°C) não apresentam bons resultados no que concerne à utilização da CWI. Isto pode estar relacionado com o facto de temperaturas muito baixas serem interpretadas pelo organismo como estímulos nocivos, causarem danos no sistema nervoso e até acidose

sanguínea (Versey, Halson e Dawson, 2013). A CWI a 10°C por 10 minutos é suficiente para reduzir a temperatura muscular. Uma temperatura muscular mais baixa, diminui o fluxo sanguíneo nos músculos, mediado pela vasoconstrição. “Como a ativação metabólica está associada ao fluxo sanguíneo nos músculos, a CWI pode atenuar o início de processos que levam ao dano muscular secundário após exercício” (Maruyama, Mizuno e Goto, 2019). Apesar de Eston e Peters (1999) realizarem um protocolo de 15 minutos de imersão a 15°C e comprovarem que este protocolo de CWI reduziam a rigidez muscular, não verificaram diferenças na força muscular. Não obstante, as temperaturas da água entre os 10°C e os 15°C parecem ser ótimas para a recuperação do desempenho muscular (Stephens et al., 2016). Verifica-se então nesta revisão que os estudos que apresentam resultados positivos para a utilização da CWI na redução da DOMS, apresentam uma temperatura aproximadamente de 10°C.

O desempenho da CWI depende em grande parte do arrefecimento causado pela imersão. Atualmente não existe um “*gold standard*” para a CWI e os protocolos disponíveis tendem a ser baseados naqueles que apresentem forte eficácia ou forte evidência fisiológica (Stephens et al., 2016).

5. Parâmetros e Instrumentos de avaliação

Para avaliar os efeitos da CWI nos participantes dos estudos foram utilizados vários instrumentos de avaliação para a dor e para a força muscular. A dor muscular é frequentemente caracterizada pela rigidez, sensibilidade muscular e dor local. Considera-se que esta seja uma consequência do microtrauma no músculo causado pela tensão e ruptura do sarcômero (Markus et al., 2021). No que concerne à avaliação, Pointon e Duffield (2012) no seu estudo utilizam uma escala de *Likert* numerada de 0 a 10, sendo 0 “sem dor” e 10 “muita dor”, no entanto e, ao contrário dos estudos citados a seguir, estes autores não referem exatamente como é realizada a avaliação da dor. Isto é, apenas referem a utilização da escala, mas não em que situação específica é aplicada. Também no estudo de Nunes et al. (2019), os participantes realizaram meio agachamento padronizado para avaliar a intensidade de dor nos membros inferiores e utilizaram um questionário de dor muscular em que os indivíduos classificavam a sua percepção de dor numa escala numerada de 0 a 10, em que 0 é “ausência de dor” e o 10 é “dor muito intensa”. Barber et al. (2017), usaram uma escala visual analógica de 200mm, em que o

ponto mais à esquerda representava “sem dor” e o ponto mais à direita representava “dor insuportável”. Tal como o artigo citado anteriormente, os atletas realizaram um agachamento até 90° de flexão do joelho, retornando à posição inicial e posteriormente marcaram na escala a sua sensação de dor. Higgins, Cameron e Climstein (2013) e Higgins, Climstein e Cameron (2013) utilizaram também uma escala visual analógica, numerada de 1 a 10, sendo 1 “sem dor”, 5 “um pouco doloroso” e 10 “pior dor de sempre” e adicionaram um algómetro de pressão. Foi aplicada uma pressão no ponto médio entre a rótula e a crista ilíaca superior, no reto femoral e bíceps femoral. Os participantes foram instruídos a indicar quando a dor chegou ao ponto 5, e foi registado o valor do algómetro.

Relativamente à força muscular, esta foi avaliada de diferentes formas. Existem seis artigos (Higgins, Cameron e Climstein, 2013; Higgins, Climstein e Cameron, 2013; Garcia, Mota e Marocolo, 2016; Barber et al., 2017; Chow, Chung e Fong, 2018 e Nunes et al., 2019) que utilizam o Salto Contramovimento (SCM) para avaliação da força nos membros inferiores. Este método consiste num salto vertical em cima de um tapete de salto/ contacto. Em todos os estudos, os participantes realizaram 3 saltos e foi escolhido o melhor salto, isto é, o salto mais alto, para análise. Para além disso, Nunes et al. (2019) utilizam também o *Squat Jump* (SJ), que consiste num salto que é iniciado com os joelhos a 90° de flexão (em agachamento). Também Garcia, Mota e Marocolo (2016) aplicaram o *30-s continuous jump test* que se traduz por 30 segundos de saltos verticais contínuos, na mesma plataforma do SCM. O SCM e o SJ são uma ferramenta prática de monitorizar o estado neuromuscular de um atleta. São testes utilizados para avaliar a força explosiva do membro inferior e que consiste num salto que emprega o ciclo de alongamento-encurtamento (Gathercole et al., 2015). À exceção de Higgins, Cameron e Climstein (2013) e Higgins, Climstein e Cameron (2013) todos os autores referem que durante os saltos, os participantes tinham as mãos na anca, sendo isto um aspeto importante pois o movimento dos braços pode melhorar o desempenho do salto (Silva, Magalhães e Garcia, 2005). Lees, Vanrenterghem e Clercq (2004) verificaram que durante o salto vertical, o efeito da mobilização dos membros superiores, pode aumentar o mesmo em aproximadamente 28%, sendo que este aumento pode estar relacionado com o aumento da velocidade do centro de massa na fase de impulsão. Para além do SCM, Chow, Chung e Fong (2018) utilizaram um dinamómetro isocinético para avaliar a força dos movimentos submáximos de extensão/flexão do joelho e Barber et al. (2017) avaliaram a

contração isométrica máxima voluntária através de um medidor de tensão. Pointon e Duffield (2012) também utilizaram um dinamómetro isocinético para avaliar o torque voluntário realizado com o joelho fletido a 65°, com uma contração elétrica sobreposta, realizando 5 segundos de contração voluntária máxima, sendo este processo repetido por 5 vezes e a ativação muscular medida através da estimulação do nervo femoral com um eletrodo cátodo. A força muscular é importante quer para a prática de gestos desportivos específicos quer para a redução da taxa de lesão (Suchomel et al., 2018). A força apresenta uma elevada importância para o desempenho desportivo, uma vez que a fadiga muscular é um dos fatores responsáveis pelo baixo desempenho dos atletas em situação de jogo, sendo interpretada como uma diminuição da velocidade e potência (Korff et al., 2009). O dinamómetro isocinético é o equipamento considerado como “*gold standard*” para avaliação da força muscular, e é amplamente recomendado para a mensuração da força nos membros inferiores (Hirano, 2020).

A avaliação foi realizada em todos os artigos na baseline. De seguida, no caso de Pointon e Duffield (2012), Garcia, Mota e Marocolo (2016), Barber et al. (2017), Chow, Chung e Fong (2018) e Nunes et al. (2019) fizeram a avaliação dos parâmetros citados anteriormente logo após o exercício/jogo. Existem também três estudos, sendo os mesmo supracitados à exceção de Barber et al. (2017) e Nunes et al. (2019) que realizam a avaliação imediatamente após a intervenção clínica. Higgins, Cameron e Climstein (2013) e Higgins, Climstein e Cameron (2013) fazem a avaliação 1 hora após intervenção, de Pointon e Duffield (2012) 2 horas após intervenção e Garcia, Mota e Marocolo (2016) 12 horas após a CWI. Verifica-se ainda que Pointon e Duffield (2012), Higgins, Cameron e Climstein (2013), Higgins, Climstein e Cameron (2013), Barber et al. (2017) e Nunes et al. (2019) realizaram a avaliação 24 horas após a intervenção. Já Higgins, Cameron e Climstein (2013), Higgins, Climstein e Cameron (2013), Barber et al. (2017) e Nunes et al. (2019) avaliam os parâmetros 48 horas após intervenção. Por fim, constata-se que Nunes et al. (2019) e Higgins, Climstein e Cameron (2013) fazem a avaliação 72 horas após intervenção e este último ainda volta a analisar os parâmetros de avaliação 96 horas e 144 horas após a CWI.

6. Efeito da *Cold Water Immersion*

A CWI é uma estratégia amplamente utilizada para melhorar a recuperação de exercícios que causam elevada fadiga. Esta técnica é muito usada pelos atletas quer durante os treinos, quer durante as competições (Ihsan, Abbiss e Allan, 2021). No entanto, a evidência dos benefícios da CWI a curto prazo é ambígua, havendo estudos que não encontram influencia desta estratégia em vários aspetos da recuperação pós-exercício, incluindo a força muscular, dor muscular, marcadores de dano muscular e de inflamação (Petersen e Fyfe, 2021). Dos estudos incluídos nesta revisão bibliográfica, existe um artigo que refere que a CWI não apresenta efeitos significativos na força muscular pós-exercício (Chow, Chung e Fong, 2018).

No caso de Chow, Chung e Fong (2018), estes referem que a imersão em água fria não é recomendada para a recuperação pós-exercício, uma vez que dificulta a produção máxima de força nos músculos extensores do joelho e compromete o desempenho do salto. O desempenho físico pode ser prejudicado à medida que os nervos e músculos superficiais são arrefecidos, e o subsequente arrefecimento dos músculos mais profundos, poderá prejudicar a atividade física de todo o corpo e incapacitar o indivíduo (Castellani e Tipton, 2016). Existem várias teorias que explicam o facto da CWI não ser eficiente na recuperação da força muscular. Leeder et al. (2012) referem que o exercício que leva à DOMS, relaciona-se com a rutura dos sarcómeros nas miofibrilas e com os danos no sistema de excitação-contração muscular. Após a fase primária do dano muscular, há uma rutura na homeostase do cálcio que leva a uma cascata de eventos que danificará ainda mais a célula por meio de mecanismos oxidativos. Parece então que a CWI não é capaz de aliviar esse dano secundário nem auxiliar na recuperação da força muscular. Também Oksa, Ducharme e Rintamäki (2002) sugeriram que a temperatura muscular subnormal reduz a perfusão muscular para uma determinada carga de trabalho. Esta redução de perfusão muscular, tanto pelo arrefecimento severo como pelo arrefecimento prolongado, também pode reduzir as taxas de disparo no neurónio motor, limitando a velocidade de condução nervosa e prolongando a onda M. Consequentemente, eram esperadas alterações na capacidade de o músculo atingir o pico de força e de desenvolver rapidamente tensão muscular (Peiffer et al., 2009). Esta técnica também pode levar à redução da velocidade nervosa, como consequência da diminuição da taxa de transmissão dos neurónios devido à redução na produção de acetilcolina (Wilcock, Cronin e Hing, 2006). A CWI pode afetar a troca de cálcio e de sódio nas células neurais, o que pode

levar a um atraso na geração do potencial de ação, da velocidade de contração e da capacidade de gerar força, reduzindo a força contrátil dinâmica entre 4% e 6% para cada 1°C de redução na temperatura do músculo (Machado et al., 2015). Também Garcia, Mota e Marocolo (2016) concluíram que a CWI gera efeitos negativos no desempenho físico (força) imediatamente após intervenção. No caso de Vieira et al. (2016), os autores verificaram que a CWI promoveu a recuperação do desempenho do ciclo de encurtamento-alongamento numa fase de recuperação tardia (72h após o exercício), no entanto não teve efeito imediato. Isto não é possível analisar no artigo incluído nesta revisão e cuja CWI não é recomendada (Chow, Chung e Fong, 2018) porque a avaliação apenas foi realizada imediatamente após a intervenção terapêutica.

Por outro lado, nesta revisão sistemática, existem cinco artigos (Garcia, Mota e Marocolo, 2016; Barber et al., 2017; Higgins, Cameron e Climstein, 2013; Nunes et al., 2019 e Pointon e Duffield, 2012) que referem bons resultados na recuperação da força muscular após a CWI. No caso de Higgins, Cameron e Climstein (2013) estes obtiveram bons resultados na recuperação de força 1 hora após intervenção, já Pointon e Duffield (2012) referem que a CWI é importante para a recuperação 2 horas e 24 horas após a imersão. No que concerne aos autores Garcia, Mota e Marocolo (2016) estes referem bons resultados na recuperação da força muscular 12 horas após a intervenção. Já Barber et al., (2017) e Nunes et al. (2019) têm resultados significativos 24 horas, 48 horas e 72 horas (apenas o último artigo) após a CWI. Estes resultados também são observados na literatura, como é o caso de Webb et al. (2013) que verificaram efeitos positivos da CWI na diminuição da perda de força muscular dos membros inferiores, 1 hora, 18 horas e 24 horas após a intervenção clínica. Também Elias et al. (2012) que avaliaram a recuperação pós treino utilizando a CWI, obtiveram resultados positivos na recuperação do desempenho físico após 24 horas e 48 horas após a imersão. A CWI permite que os atletas sejam capazes de realizar mais esforço durante as sessões de treino subsequentes, o que pode melhorar as adaptações a longo prazo, melhorando a força muscular (Roberts et al., 2014). Da mesma forma, Vaile et al. (2008) demonstraram uma melhor recuperação de força muscular (no agachamento isométrico) 48 horas e 72 horas após a CWI. Equitativamente, Bailey et al. (2007) verificaram que em comparação com o grupo de controlo, o grupo que realiza a CWI apresenta um menor decréscimo na força muscular dos flexores do joelho 24 horas e 48 horas após a imersão. Um dos mecanismos que pode explicar a recuperação acelerada da força é a regeneração dos sintomas prejudiciais

associados ao dano muscular e à fadiga. Outro motivo poderá ser a possibilidade de mecanismos mediados centralmente, auxiliarem na recuperação da produção voluntária de força (Gandevia, 2001). Por esse motivo, a recuperação da força muscular após a CWI pode, possivelmente, ser explicado pelo papel do aumento do recrutamento do músculo esquelético mediado centralmente na melhora da força voluntária (Pointon e Duffield, 2012). A recuperação da força máxima voluntária após a CWI, pode ser atribuída ao facto de existir um retorno mais rápido da ativação central, obtido através da redução aguda da temperatura central, pela diminuição da dor muscular, pela diminuição dos marcadores sanguíneos gerados durante o exercício físico e pela manutenção da força contrátil (Minett et al., 2013). A CWI facilita a recuperação a curto prazo, ao reduzir a temperatura corporal, consequentemente “melhorando a fadiga mediada pelo Sistema Nervoso Central (SNC) e reduzindo o esforço cardiovascular”. Além do mais, existe uma reativação parassimpática após a CWI que pode ser prejudicial para a performance de alta intensidade realizadas logo após, porém parece benéfico em relação à recuperação fisiológica a longo prazo (Ihsan, Watson e Abbiss, 2016). A contração máxima voluntária de um músculo, é prejudicada pela presença de dor muscular. Isto vai de encontro às evidências que referem os mecanismos mediados pelo SNC facilitam a recuperação atlética a longo prazo (Minett e Duffield, 2014). Nesta revisão, os artigos que avaliaram a força muscular e a dor (Barber et al., 2017; Higgins, Cameron e Climstein, 2013; Nunes et al., 2019 e Pointon e Duffield, 2012) e que obtiveram resultados significativos para a dor também o tiveram para a recuperação de força.

No que concerne ao efeito da CWI na dor muscular, Pointon e Duffield (2012) obtiveram resultados estatisticamente positivos 2 horas após intervenção, Higgins, Cameron e Climstein (2013) em todos os pontos de avaliação (1 hora, 24 horas e 48 horas) após a imersão. Também Barber et al. (2017) concluíram que a dor diminuiu 24 horas e 48 horas após a CWI, Nunes et al. (2019) tiveram bons resultados no que concerne à dor 24 horas após intervenção e Higgins, Climstein e Cameron (2013) 48 horas após CWI. Na literatura existem vários estudos que confirmam o impacto positivo da CWI na dor muscular, como é o caso de Bailey et al. (2007), que verificaram que uma única sessão de imersão em água fria reduziu os índices de dano muscular incluindo a dor, em atletas de futebol masculino. Do mesmo modo, Vaile et al. (2008) no seu estudo verificaram que a dor melhorou significativamente após 24 horas, 48 horas e 72 horas após um protocolo de exercício excêntrico. Existem várias investigações que documentam a atenuação da

dor após a CWI, no entanto existem outros que sugerem que a redução da dor pode depender do tipo de exercício realizado previamente (Jajtner et al., 2015). No entanto, a eficácia da imersão em água como estratégia de recuperação, pode ser justificada uma vez que esta aumenta a eliminação de creatina quinase e acelera a remoção do lactato após exercícios intensos e um jogo de rugby (Banfi, Melegati e Valentini, 2007). A redução na permeabilidade celular, linfática e capilar induzida pela CWI devido à vasoconstrição, reduzem a resposta inflamatória do músculo, o edema e até a percepção de dor (Ascensão et al., 2011). A imersão em água fria, reduz a necrose celular, a migração dos neutrófilos, provoca uma lentificação do metabolismo celular e a diminuição da condução nervosa, que reduz os danos secundários (Wilcock, Cronin e Hing, 2006). Já há algumas décadas atrás, Meeusen e Lievens (1986) referiram que o mecanismo associado à redução da percepção da dor é o seu efeito analgésico, uma vez que a redução da temperatura do tecido muscular iria reduzir a velocidade da condução nervosa, a atividade dos mecanoreceptores e uma inibição do ciclo “dor-espasmo”. No entanto, Wilcock, Cronin e Hing (2006) relataram que esses mecanismos neurais são limitados a um intervalo de tempo de 1 hora até 3 horas, e isso pode explicar a atenuação da dor, apenas numa fase muito precoce. Neste estudo, apenas Pointon e Duffield (2012) e Higgins, Cameron e Climstein (2013) apresentam resultados que corroboram o referido anteriormente.

7. Limitações do estudo e Sugestões para futuros estudos

Os estudos analisados apresentam limitações como o tamanho da amostra, que é pequena, sendo um fator limitante para realizar a extrapolação dos resultados a toda a população de atletas de rugby. O facto de a amostra de atletas do sexo feminino representar apenas cerca de 15% dos indivíduos analisados que limita a análise do efeito da CWI nas jogadoras de rugby. Outra limitação é o facto de a dor e a força muscular não terem sido recolhidas recorrendo aos mesmos recursos de avaliação, sendo que os parâmetros avaliados podem diferir entre os instrumentos utilizados. A falta de abordagem cega dos terapeutas, avaliadores e dos atletas também é uma limitação. Como verificado anteriormente, não existe um consenso sobre a utilização da CWI relativamente à temperatura da água, tempo, número e nível de imersão, pelo que não é possível extrapolar um protocolo exato que defina o tratamento com CWI. Nenhum estudo tem um *follow-up* a curto ou a longo prazo.

Para futuros estudos, sugerem-se estudos randomizados controlados, com terapautas e atletas cegos, uma amostra maior e um *follow-up* a curto e a longo prazo. Sugere-se ainda estudos em diferentes ligas/escalões, incluindo equipas femininas, e protocolos de CWI bem definidos, para que seja possível a comparação destes fatores.

Conclusão

Após a análise qualitativa dos dados, verificou-se que a CWI parece diminuir a dor e a perda de força em atletas de rugby com DOMS, sobretudo numa fase aguda. No que diz respeito ao protocolo de CWI, verificou-se que a imersão deve ser realizada antes ocorrerem os sintomas clínicos, contudo não foi possível definir um tratamento ideal. Ainda assim, nos estudos em que se obtiveram resultados positivos, a temperatura da água varia entre os 10°C e os 12°C e o tempo de imersão entre os 10 minutos e os 20 minutos. Todavia, não é possível extrapolar um protocolo benéfico de CWI para atletas. Relativamente ao papel do género, idade, peso e altura no efeito da CWI, a literatura não permite tirar conclusões definitivas sobre estas características.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

Ahmadi, S., Sinclair, P., Foroughi, N. e Davis, G. (2008). Monitoring muscle oxygenation after eccentric exercise-induced muscle damage using near-infrared spectroscopy. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(4), 743-752.

Algafly, A., e George, K. (2007). The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *British journal of sports medicine*, 41(6), 365-369.

Allen, D., Lamb, G., e Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*, 88(1), 287-332.

Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A., Magalhães, S. e Magalhães, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 217-225.

Bailey, D., Erith, S., Griffin, P., Dowson, A., Brewer, D., Gant, N. e Williams, C. (2007). Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Sciences*, 25(11), 1163 – 1170.

Baláš, J., Kodejška, J., Krupková, D. e Giles, D. (2020). Males benefit more from cold water immersion during repeated handgrip contractions than females despite similar oxygen kinetics. *The Journal of Physiological Sciences*, 70(13), 23-34.

Banfi, G., Melegati, G. e Valentini, P. (2007). Effects of cold-water immersion of legs after training session on serum creatine kinase concentrations in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(5), 339-340.

Barber, S., John, P., Brown, F. e Hill, J. (2017). The Efficacy of Repeated Cold Water Immersion on Recovery Following a Simulated Rugby Union Protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(12), 3523-3529.

Barnett, A. (2006). Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes. *Sports Medicine*, 36(9), 781-796.

Bassett, A., Rosendorf, A., Romeo, J., Erickson, B. e Bishop, M. (2020). The Biology of Sex and Sport. *The Journal Of Bone And Joint Surgery*, 8(3), 140-148.

Bennett, M., Best, T., Wellar, S. e Taunton, J. (2005). Hyperbaric oxygen therapy for delayed onset muscle soreness and closed soft tissue injury (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4(1), 1-41.

Bhide, A., Shah, P. e Acharya, G. (2018). A simplified guide to randomized controlled trials. *Acta Obstetrics Gynecology Scandinavian*, 97(4), 380-387.

Bleakley, C. e Davison, G. (2010). What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 44(3), 179-187.

- Bleakley, C., McDonough, S., Gardner, E., Baxter, G., Hopkins, J. e Davison, G. (2012). Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise (Review). *Cochrane Library: Cochrane Reviews*, 34(2), 1-132.
- Brazier, J., Antrobus, M., Stebbings, G., Day, S., Callus, P., Erskine, R., Bennet, M., Kilduff, L. e Williams, A. (2018). Anthropometric and Physiological Characteristics of Elite Male Rugby Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(6), 1790-1801.
- Broatch, J., Petersen, A. e Bishop, D. (2018). The Influence of Post-Exercise Cold-Water Immersion on Adaptive Responses to Exercise: A Review of the Literature. *British Journal of Sports Medicine*, 48(6), 1369-1387.
- Brown, S., Child, R., Day, S., e Donnelly, A. (1997). Indices of skeletal muscle damage and connective tissue breakdown following eccentric muscle contractions. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(4), 369-374.
- Buchheit, M., Al Haddad, H., Villanueva, A., Quod, M., e Bourdon, P. (2011). Effect of maturation on hemodynamic and autonomic control recovery following maximal running exercise in highly trained young soccer players. *Frontiers in physiology*, (2)69, 1-13.
- Burger, N., Lambert, M. e Hendricks, S. (2020). Lay of the land: narrative synthesis of tackle research in rugby union and rugby sevens. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 6(1), 20-33.
- Carvalho, N., Puntel, G., Correa, P., Gubert, P., Amaral, G., Morais, J., Royes, L., Rocha, J e Soares, F. (2010). Protective effects of therapeutic cold and heat against the oxidative damage induced by a muscle strain injury in rats. *Journal of sports sciences*, 28(9), 923-935.
- Castellani, J. e Tipton, M. (2016). Cold Stress Effects on Exposure Tolerance and Exercise Performance. *Comprehensive Physiology*, 6(1), 443-469.
- Castellani, J. e Young, A. (2016). Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Autonomic Neuroscience*, 196(1), 63-74.
- Cazorla, G., Petibois, C., Bosquet, L., e Léger, L. (2001). Lactate et exercice: mythes et realites. *Rev Sci Tech Activ Phys Sport (Grenoble)*, 22(54), 63-76.
- Cheung, K., Hume, P. e Maxwell, L. (2003). Delayed Onset Muscle Soreness: Treatment Strategies and Performance Factors. *Sports Medicine*, 33(2), 145-164.
- Chow, G., Chung, J. e Fong, S. (2018). Differential effects of post-exercise ice water immersion and room temperature water immersion on muscular performance, vertical jump, and agility in amateur rugby players: A randomized controlled trial. *Science & Sports*, 33(6), 271-279.
- Clarkson, D., Newham, D. e Jones, P. (1987). Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. *Elsevier*, 30(2), 233-242.

- Clarkson, P., e Hubal, M. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(11), 52-69.
- Clarkson, S. e Sayers, P. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(3), 234-248.
- Cleak, M., e Eston, R. (1992). Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. *British journal of sports medicine*, 26(4), 267-272.
- Cochrane, D. (2004). Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. *Physical Therapy in Sport*, 5(1), 26-32.
- Crampton, D., Egaña, M., Donne, B. e Warmington, S. (2014). Including arm exercise during a cold water immersion recovery better assists restoration of sprint cycling performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(4), 290-298.
- Davis, J. e Bailey, S. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(1), 45-57.
- Demirhan, B., Yaman, M., Cengiz, A., Saritas, N. e Günay, M. (2017). Comparison of Ice Massage versus Cold-Water Immersion on Muscle Damage and DOMS Levels of Elite Wrestlers. *The Anthropologist*, 19(1), 123-129.
- Didehdar, D. e Sobhani, S. (2018). The effect of cold-water immersion on physical performance. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(2), 258-261.
- Ebbeling, C. e Clarkson, P. (1989). Exercise-Induced Muscle Damage and Adaptation. *British Journal of Sports Medicine*, 7(4), 207-234.
- Elias, G., Varley, M., Wyckelsma, V., McKenna, M., Minahan, C. e Aughey, R. (2012). Effects of Water Immersion on Posttraining Recovery in Australian Footballers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 357-366.
- Eston, N. e Peters, D. (1999). Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences*, 17(3), 231-238.
- Federação Portuguesa de Rugby (2014). Leis do Jogo. [Em linha]. Disponível em <http://institucional.fpr.pt/ficheiros_site_fpr/documentos/leis_jogo/LEIS_DO_JOGO-%202013-2014-corrigido_10_OUT_2015.pdf>. [Consultado em 13/08/2022].
- Federação Portuguesa de Rugby (2017). Regulamento Geral de Competições. [Em linha]. Disponível em <http://institucional.fpr.pt/ficheiros_site_fpr/documentos/regulamentos_2016-2017/RGC_2016-2017.pdf>. [Consultado em 20/08/2022].
- Fitts, R. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological reviews*, 74(1), 49-94.
- Fonseca, L., Brito, C., Silva, R., Grigoletto, M., Junior, W. e Franchini, E. (2016). Use of Cold-Water Immersion to Reduce Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness

and Preserve Muscle Power in Jiu-Jitsu Athletes. *Journal of Athletic Training*, 51(7), 540–549.

French, D., Thompson, K., Garland, S., Barnes, C., Portas, M., Hood, P. e Wilkes, G. (2008). The Effects of Contrast Bathing and Compression Therapy on Muscular Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7), 1297-1306.

Fuller, C., Taylor, A. e Raftery, M. (2016). Should player fatigue be the focus of injury prevention strategies for international rugby sevens tournaments?. *British Journal of Sports Medicine*, 50(11), 682-687.

Gabbett, T. (2005). Science of rugby league football: A review. *Journal of Sports Sciences*, 23(9), pp.961–976.

Gabbett, T., King, T. e Jenkins, D. (2008). Applied Physiology of Rugby League. *Sports Medicine*, 38(2), 119-138.

Gandevia, S. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), pp.1725-1789.

Garcia, C., Mota, G. e Marocolo, M. (2016). Cold Water Immersion is Acutely Detrimental but Increases Performance Post-12 h in Rugby Players. *International Journal of Sports Medicine*, 37(8), 619-624.

Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T. e Sleivert, G. (2015). Alternative Countermovement-Jump Analysis to Quantify Acute Neuromuscular Fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 84-92.

Gil, N., Beaven, C. e Cook, C. (2006). Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(3), 260-263.

Glasgow, P., Ferris, R. e Bleakley, C. (2014). Cold water immersion in the management of delayed-onset muscle soreness: Is dose important? A randomised controlled trial. *Physical Therapy in Sport*, 15(4), 228-233.

Gleeson, M., Walsh, N., Blannin, A., Robson, P., Cook, L., Donnelly, A., e Day, S. (1998). The effect of severe eccentric exercise-induced muscle damage on plasma elastase, glutamine and zinc concentrations. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77(6), 543-546.

Gonzalez, J., Ayuso, J., Ostojic, S., Jones, M., Caparros, T. e Terrados, N. (2018). Evidence-based post-exercise recovery strategies in rugby: a narrative review. *The Physician and Sportsmedicine*, 47(2), 137-147.

Green, H. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 247-256.

Gregson, W., Black, M. A., Jones, H., Milson, J., Morton, J., Dawson, B., Atkinson, G., e Green, D. (2011). Influence of cold water immersion on limb and cutaneous blood flow at rest. *The American journal of sports medicine*, 39(6), 1316-1323.

- Gulick, D. e Kimura, I. (1996). Delayed Onset Muscle Soreness: What Is It and How Do We Treat It?. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5(3), 234–243.
- Hedayatpour, N., e Falla, D. (2015). Physiological and neural adaptations to eccentric exercise: mechanisms and considerations for training. *BioMed research international*, 2(1), 2-7.
- Heiss, R., Lutter, C., Freiwald, J., Hoppe, M., Grim, C., Poettgen, K., Forst, R., Bloch, W., Hüttel, M. e Hotfiel, T. (2019). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) – Part II: Treatment and Prevention. *Sportverletzung Sportschaden*, 33(1), 21-29.
- Hendricks, S., Till, K., Brown, J. e Jones, B. (2016). Rugby union needs a contact skill-training programme. *British Journal of Sports Medicine*, 51(10), 829-830.
- Heyman, E., Geus, B., Mertens, I. e Meeusen, R. (2008). Effects of Four Recovery Methods on Repeated Maximal Rock Climbing Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(6), 1303-1310.
- Higgings, T., Cameron, M. e Climstein, M. (2013). Acute Response To Hydrotherapy After A Simulated Game Of Rugby. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2851–2860.
- Higgins, T., Climstein, M. e Cameron, M. (2013). Evaluation Of Hydrotherapy, Using Passive Tests And Power Tests, For Recovery Across A Cyclic Week Of Competitive Rugby Union. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 954–965.
- Higgins, T., Greene, D. e Baker, M. (2017). Effects Of Cold Water Immersion And Contrast Water Therapy For Recovery From Team Sport: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1443-1460.
- Hirano, M., Katoh, M., Gomi, M. e Arai, S. (2020). Validity and reliability of isometric knee extension muscle strength measurements using a belt-stabilized hand-held dynamometer: a comparison with the measurement using an isokinetic dynamometer in a sitting posture. *The Journal of Physical Therapy Science*, 32(2), 120-124.
- Hody, S., Croisier, J., Bury, T., Rogister, B. e Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: risks and benefits. *Frontiers in Physiology*, 3(10), 10-47.
- Hohenauer, E., Costello, J., Deliëns, T., Clarys, P., Stoop, R. e Clijsen, R. (2019). Partial-body cryotherapy (–135°C) and cold-water immersion (10°C) after muscle damage in females. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(3), 485-495.
- Hohenauer, E., Taeymans, J., Baeyens, J., Clarys, P. e Clijsen, R. (2015). The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Plos One*, 10(9), 10-32.
- Hortobágyi, T. e Katch, F. (1990). Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. *European Journal of Applied Physiology*, 60(5), 395-401.

Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., Bloch, W., Hüttel, M. e Heiss, R. (2018). Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletzung Sportschaden*, 32(4), 243-250.

Hough, T. (1900). Ergographic Studies In Muscular Fatigue And Soreness. *Journal of the Boston Society of Medical Sciences*, 20(5), 81-92.

Howatson, G., e Someren, K. (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports medicine*, 38(6), 483-503.

Howatson, G., Goodall, S. e Someren, K. (2009). The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 105(4), 615-621.

Howell, J., Chila, A., Ford, G., David, D, e Gates, T. (1985). An electromyographic study of elbow motion during postexercise muscle soreness. *Journal of Applied Physiology*, 58(5), 1713-1718.

Ihsan, M., Abbiss, C. e Allan, R. (2021). Adaptations to Post-exercise Cold Water Immersion: Friend, Foe, or Futile?. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3(2), 2-9.

Ihsan, M., Watson, G., e Abbiss, C. R. (2016). What are the physiological mechanisms for post-exercise cold water immersion in the recovery from prolonged endurance and intermittent exercise?. *Sports Medicine*, 46(8), 1095-1109.

Jajtner, A., Hoffman, J., Gonzalez, A., Worts, P., Fragala, M. e Stout, J. (2015). Comparison of the Effects of Electrical Stimulation and Cold-Water Immersion on Muscle Soreness After Resistance Exercise. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(2), 99-108.

Johansen, L., Jensen, T., Pump, B., e Norsk, P. (1997). Contribution of abdomen and legs to central blood volume expansion in humans during immersion. *Journal of Applied Physiology*, 83(3), 695-699.

Johnston, R., Gibson, N., Twist, C., Gabbett, T., MacNay, S. e MacFarlane, N. (2013). Physiological responses to an intensified period of rugby league competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 643-654.

Jones, D., e Quigley, B. (1997). Effect of cryotherapy on muscle soreness and strength following eccentric exercise. *International journal of sports medicine*, 18(08), 588-590.

Jones, M., West, D., Crewther, B., Cook, C. e Kilduff, L. (2015). Quantifying positional and temporal movement patterns in professional rugby union using global positioning system. *European Journal of Sport Science*, 15(6), 488-496.

Knowlton, W., Palkar, R., Lippoldt, E., McCoy, D., Baluch, F., Chen, J., e McKemy, D. D. (2013). A sensory-labeled line for cold: TRPM8-expressing sensory neurons define the cellular basis for cold, cold pain, and cooling-mediated analgesia. *Journal of Neuroscience*, 33(7), 2837-2848.

- Korff, T., Horne, S., Cullen, S. e Blazevich, A. (2009). Development of lower limb stiffness and its contribution to maximum vertical jumping power during adolescence. *The Journal of Experimental Biology*, 212(22), 3737-3742.
- Kwiecien, S., e McHugh, M. (2021). The cold truth: the role of cryotherapy in the treatment of injury and recovery from exercise. *European journal of applied physiology*, 121(8), 2125-2142.
- Lanier, A. (2004). Treating DOMS in Sport with NSAIDs. *International SportMed Journal*, 5(2), 129-140.
- Leeder, J., Gissane, C., Someren, K., Gregson, W. e Howatson, G. (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 233-240.
- Lees, A., Vanrenterghem, J. e Clercq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *Journal of Biomechanics*, 37(12), 1929-1940.
- Lewis, P., Ruby, D., e Joseph, C. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in sports medicine*, 31(2), 255-262.
- Lundy, B., O'Connor, H., Pelly, F. e Caterson, I. (2006). Anthropometric Characteristics and Competition Dietary Intakes of Professional Rugby League Players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(2), 199-213.
- Machado, A., Almeida, A., Micheletti, J., Vanderlei, F., Tribst, M., Junior, J. e Pastre, C. (2017). Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(11), 1356-1363.
- Machado, A., Ferreira, P., Michelett, J., Almeida, A., Lemes, Í., Vanderlei, F., Junior, J. e Pastre, C. (2015). Can Water Temperature and Immersion Time Influence the Effect of Cold Water Immersion on Muscle Soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine - Springer Journal*, 46(4), 503-514.
- MacIntyre, D., Reid, D. e McKenzie, D. (1995). Delayed muscle soreness. The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Medicine*, 20(1), 24-40.
- Maher, C., Sherrington, C., Herbert, R., Moseley, A. e Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *The Journal of Physical Therapy Science*, 83(8), 713-721.
- Malanga, G., Yan, N., e Stark, J. (2015). Mechanisms and efficacy of heat and cold therapies for musculoskeletal injury. *Postgraduate medicine*, 127(1), 57-65.
- Malm, C., Nyberg, P., Engström, M., Sjödin, B., Lenkei, R., Ekblom, B., e Lundberg, I. (2000). Immunological changes in human skeletal muscle and blood after eccentric exercise and multiple biopsies. *The Journal of physiology*, 529(1), 243-262.

- Malta, E., Dutra, Y., Broatch, J., Bishop, D. e Zagatto, A. (2020). The Effects of Regular Cold-Water Immersion Use on Training-Induced Changes in Strength and Endurance Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine - Springer Journal*, 51(1), 161-174.
- Markus, I., Constantini, K., Hoffman, J., Bartolomei, S. e Gepner, Y. (2021). Exercise-induced muscle damage: mechanism, assessment and nutritional factors to accelerate recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 121(4), 969-992.
- Maruyama, T., Mizuno, S. e Goto, K. (2019). Effects of cold water immersion and compression garment use after eccentric exercise on recovery. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 23(1), 48-54.
- Mawhinney, C., Jones, H., Joo, C., Low, D., Green, D. e Gregson, W. (2013). Influence of Cold-Water Immersion on Limb and Cutaneous Blood Flow after Exercise. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 45(12), 2277-2285.
- Meeusen, R. e Lievens, P. (1986). The Use of Cryotherapy in Sports Injuries. *Sports Medicine*, 3(6), 398-414.
- Minett, G. e Duffield, R. (2014). Is recovery driven by central or peripheral factors? A role for the brain in recovery following intermittent-sprint exercise. *Frontiers in Physiology*, 5(24), 1-9.
- Minett, G., Duffield, R., Billaut, F., Cannon, J., Portus, M. e Marino, F. (2013). Cold-water immersion decreases cerebral oxygenation but improves recovery after intermittent-sprint exercise in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(4), 656-666.
- Montgomery, P., Pyne, D., Cox, A., Hopkins, W., Minahan, C., e Hunt, P. (2008). Muscle damage, inflammation, and recovery interventions during a 3-day basketball tournament. *European Journal of Sport Science*, 8(5), 241-250.
- Mooventhan, A. e Nivethitha, L. (2014). Scientific Evidence-Based Effects of Hydrotherapy on Various Systems of the Body. *North American Journal of Medicine and Science*, 6(5), 199-209.
- Mourot, L., Bouhaddi, M., Gandelin, E., Cappelle, S., Dumoulin, G., Wolf, J., Rouillon, J., e Regnard, J. (2008). Cardiovascular autonomic control during short-term thermoneutral and cool head-out immersion. *Aviation, space, and environmental medicine*, 79(1), 14-20.
- Myrer, J., Draper, D. e Durrant, E. (1994). Contrast Therapy and Intramuscular Temperature in the Human Leg. *Journal of Athletic Training*, 29(4), 318-322.
- Myrer, J., Myrer, K., Measom, G., Fellingham, G. e Evers, S. (2001). Muscle Temperature Is Affected by Overlying Adipose When Cryotherapy Is Administered. *Journal of Athletic Training*, 36(1), 32-36.

Nadler, S., Weingand, K., e Kruse, R. J. (2004). The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *Pain physician*, 7(3), 395-400.

Nardi, M., Torre, A., Barassi, A., Ricci, C. e Banfi, G. (2011). Effects of cold-water immersion and contrast-water therapy after training in young soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(4), 609-615.

Naughton, M., Miller, J. e Slater, G. (2017). Impact-induced muscle damage and contact-sport: Aetiology, effects on neuromuscular function and recovery, and the modulating effects of adaptation and recovery strategies. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(8), 962-969.

Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S. e Dupont, G. (2012). Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Medicine*, 42(12), 997-1015.

Nunes, R., Duffield, R., Nakamura, F., Bezerra, E., Sakugawa, R., Loturco, I., Bobinski, F., Martins, D. e Guglielmo, L. (2019). Recovery following Rugby Union matches: effects of cold water immersion on markers of fatigue and damage. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(5), 546–556.

Nybo, L. (2012). Brain temperature and exercise performance. *Experimental physiology*, 97(3), 333-339.

O'Connor, R. e Hurley, D. (2003). The Effectiveness of Physiotherapeutic Interventions in the Management of Delayed Onset Muscle Soreness: a Systematic Review. *Physical Therapy Reviews*, 8(4), 177-195.

Oksa, J., Ducharme, M. e Rintamäki, H. (2002). Combined effect of repetitive work and cold on muscle function and fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 92(1), 354-361.

Pauw, K., Roelands, B., Marušič, U., Tellez, H. F., Knaepen, K., e Meeusen, R. (2013). Brain mapping after prolonged cycling and during recovery in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 115(9), 1324-1331.

Peake, J., Roberts, L., Figueiredo, V., Egnér, I., Krog, S., Aas, S., Suzuki, K., Markworth, J., Coombes, J., Smith, D. e Raastad, T. (2017). The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *The Journal of Physiology*, 595(3), 695-711.

Peiffer, J., Abbiss, C., Nosaka, K., Peake, J. e Laursen, P. (2009). Effect of cold water immersion after exercise in the heat on muscle function, body temperatures, and vessel diameter. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 91-96.

Petersen, A. e Fyfe, J. (2021). Post-exercise Cold Water Immersion Effects on Physiological Adaptations to Resistance Training and the Underlying Mechanisms in Skeletal Muscle: A Narrative Review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3(8), 4-30.

- Pointon, M. e Duffield, R. (2012). Cold Water Immersion Recovery after Simulated Collision Sport Exercise. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 44(2), 206-216.
- Pournot, H., Bieuzen, F., Duffield, R., Lepretre, P., Cozzolino, C. e Hausswirth, C. (2011). Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 111(7), 1287-1295.
- Powers, S., Duarte, J., Kavazis, A. e Talbert, E. (2009). Reactive oxygen species are signalling molecules for skeletal muscle adaptation. *Experimental Physiology*, 95(1), 1-9.
- Proske, P. e Morgan, M. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology*, 1(2), 333-345.
- Pump, B., Shiraishi, M., Gabrielsen, A., Bie, P., Christensen, N. J., e Norsk, P. (2001). Cardiovascular effects of static carotid baroreceptor stimulation during water immersion in humans. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 280(6), 2607-2615.
- Quarrie, K., Raftery, M., Blackie, J., Cook, C., Fuller, C., Gabbett, T., Gray, A., Gill, N., Hennessy, L., Kemp, S., Lambert, M., Nichol, R., Mellalieu, S., Piscione, J., Stadelmann, J. e Tucker, R. (2016). Managing player load in professional rugby union: a review of current knowledge and practices. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 421-427.
- Rech, N., Bressel, E. e Louder, T. (2021). Predictive Ability of Body Fat Percentage and Thigh Anthropometrics on Tissue Cooling During Cold-Water Immersion. *Journal of Athletic Training*, 56(6), 548-554.
- Roberts, L., Nosaka, K., Coombes, J. e Peake, J. (2014). Cold water immersion enhances recovery of submaximal muscle function after resistance exercise. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 307(8), 998-1008.
- Robineau, J., Lacombe, M., Piscione, J., Bigard, X. e Babault, N. (2016). Concurrent Training in Rugby Sevens: Effects of High-Intensity Interval Exercises. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(3), 336-344.
- Rodríguez, D. e Soto, M. (2017). A study of intensity, fatigue and precision in two specific interval trainings in young tennis players: high- intensity interval training versus intermittent interval training. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3(1), 24-31.
- Rowell, L. B. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiological reviews*, 54(1), 75-159.
- Sayers, S. e Dannecker, E. (2004). How to prevent delayed onset muscle soreness (DOMS) after eccentric exercise : review article. *International Sportmed Journal*, 5(1), 84-97.

- Schneider, C., e Oliveira, A. (2004). Oxygen free radicals and exercise: mechanisms of synthesis and adaptation to the physical training. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(4), 308-313.
- Sedeaud, A., Marc, A., Schipman, J., Tafflet, M., Hager, J. e Toussaint, J. (2011). How they won Rugby World Cup through height, mass and collective experience. *British Journal of Sports Medicine*, 46(8), 580–584.
- Sethi, V. (2012). Literature review of Management of Delayed onset muscle soreness (DOMS). *International Journal of Biological & Medical Research*, 3(1), 1469-1475.
- Shevchuk, N. (2007). Possible use of repeated cold stress for reducing fatigue in Chronic Fatigue Syndrome: a hypothesis. *Behavioral and Brain Functions*, 3(55), 10-16.
- Silva, K., Magalhães, J. e Garcia, M. (2005). Desempenho do salto vertical sob diferentes condições de execução. *Arquivos em Movimento*, 1(1), 17-24.
- Smith, L. (1991). Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(5), 542-551.
- Stanley, J., Buchheit, M., e Peake, J. (2012). The effect of post-exercise hydrotherapy on subsequent exercise performance and heart rate variability. *European journal of applied physiology*, 112(3), 951-961.
- Stauber, W. (1989). Eccentric action of muscles: physiology, injury, and adaptation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 17(4), 157-185.
- Stephens, J., Halson, S., Slater, G. e Askew, C. (2016). Cold water immersion for athletic recovery: one size does not fit all. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 2-9.
- Stocks, J., Patterson, M., Hyde, D., Jenkins, A., Mittleman, K., e Taylor, N. (2004). Effects of immersion water temperature on whole-body fluid distribution in humans. *Acta physiologica scandinavica*, 182(1), 3-10.
- Suchomel, T., Nimphius, S., Bellon, C. e Stone, M. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765-785.
- Suzuki, K., Tominaga, T., Ruhee, R. e Ma, S. (2020). Characterization and Modulation of Systemic Inflammatory Response to Exhaustive Exercise in Relation to Oxidative Stress. *Antioxidants*, 9(5), 2-23.
- Tavares, F., Smith, T. e Driller, M. (2017). Fatigue and Recovery in Rugby: A Review. *Sports Medicine*, 47(8), 1515-1530.
- Taylor, J. L., Todd, G., e Gandevia, S. C. (2006). Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. *Clinical and experimental pharmacology and physiology*, 33(4), 400-405.

- Tee, J., Bosch, A. and Lambert, M. (2007). Metabolic Consequences of Exercise-Induced Muscle Damage. *Sports Medicine*, 37(10), 827-836.
- Twist, C. and Highton, J., 2013. Monitoring Fatigue and Recovery in Rugby League Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(5), pp.467-474.
- Twist, C., Waldron, M., Highton, J., Burt, D. e Daniels, M. (2012). Neuromuscular, biochemical and perceptual post- match fatigue in professional rugby league forwards and backs. *Journal of Sports Sciences*, 30(4), 359-367.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N. e Dawson, B. (2008). Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 447-455.
- Vaile, J., Halson, S., Gill, N. e Dawson, B. (2008). Effect of Hydrotherapy on Recovery from Fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 29(7), 539-544.
- Vaile, J., O'Hagan, C., Stefanovic, B., Walker, M., Gill, N., e Askew, C. D. (2011). Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. *British journal of sports medicine*, 45(10), 825-829.
- Venter, R. (2012). Perceptions of team athletes on the importance of recovery modalities. *European Journal of Sport Science*, 14(4), 1-8.
- Versey, N., Halson, S. e Dawson, B. (2013). Water Immersion Recovery for Athletes: Effect on Exercise Performance and Practical Recommendations. *British Journal of Sports Medicine*, 23(11), 1101-1130.
- Vieira, A., Siqueira, A., Ferreira-Junior, J., Carmo, J., Durigan, J., Blazeovich, A. e Bottaro, M. (2016). The Effect of Water Temperature during Cold-Water Immersion on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage. *International Journal of Sports Medicine*, 37(12), 937-943.
- Viviers, P., Viljoen, J. e Derman, W. (2018). A Review of a Decade of Rugby Union Injury Epidemiology: 2007-2017. *Sports Health*, 10(3), 223-227.
- Wang, Y., Li, S., Zhang, Y., Chen, Y., Yan, F., Han, L. e Ma, Y. (2021). Heat and cold therapy reduce pain in patients with delayed onset muscle soreness: A systematic review and meta-analysis of 32 randomized controlled trials. *Physical Therapy in Sport*, 48(2), 177-187.
- Webb, N., Harris, N., Cronin, J. e Walker, C. (2013). The relative efficacy of three recovery modalities after professional rugby league matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(9), 2449-2455.
- Wilcock, I., Cronin, J. e Hing, W. (2006). Physiological Response to Water Immersion. *Sports Medicine*, 36(9), 747-765.

Williams, J., e Klug, G. (1995). Calcium exchange hypothesis of skeletal muscle fatigue: a brief review. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 18(4), 421-434.

Wohlfahrt, H., Haensel, L., Mithoefer, K., Ekstrand, J., English, B., McNally, S., Orchard, J., Dijk, C., Kerkhoffs, G., Schamasch, P., Blottner, D., Swaerd, L., Goedhard, E., e Ueblacker, P. (2013). Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *British journal of sports medicine*, 47(6), 342-350.

Woodhouse, L., Tallent, J., Patterson, S. e Waldron, M. (2021). Elite international female rugby union physical match demands: A five-year longitudinal analysis by position and opposition quality. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(11), 1173-1179.

Yanagisawa, O., Kudo, H., Takahashi, N., e Yoshioka, H. (2004). Magnetic resonance imaging evaluation of cooling on blood flow and oedema in skeletal muscles after exercise. *European journal of applied physiology*, 91(5), 737-740.

Yeargin, S., Casa, D., McClung, J., e Knight, J. (2006). Body cooling between two bouts of exercise in the heat enhances subsequent performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 383.

Yeomans, C., Kenny, I., Cahalan, R., Warrington, G., Harrison, A., Hayes, K., Lyons, M., Campbell, M. e Comyns, T. (2018). The Incidence of Injury in Amateur Male Rugby Union: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(4), 837-848.