



开放存取

编辑

达斯汀·斯利夫卡,
美国蒙大拿大学

审核人

亚伦·彼得森,
澳大利亚维多利亚大学
戴尔·威尔逊·查普曼,
澳大利亚科廷大学

*通信

潘英旭、
✉ panyingxu@cupes.edu.cn2024年11月10日收到
2025年2月7日接受
发表于2025年2月26日

引文

Wang H, Wang L和Pan Y (2025) 不同剂量的冷水浸泡（持续时间和温度变化）对急性运动性肌肉损伤恢复的影响：一项网络荟萃分析。

前面. 生理学. 16:1525726.
doi: 10.3389/fphys.2025.1525726

版权

©2025王、王和潘。这是一个根据知识共享署名许可（CC BY）条款分发的开放获取文章。允许在其他论坛上使用、分发或复制，前提是承认的学术惯例，注明作者和版权所有人，并引用本杂志上的原始出版物。不允许使用、分发或复制不符合这些条款。

不同剂量冷水浸泡（持续时间和温度变化）对急性期恢复的影响

运动诱导的肌肉损伤：一个网络元分析

海王、陆王和英旭潘*

首都体育大学，北京，中国

目的：本网络荟萃分析和系统综述评估了不同冷水浸泡（CWI）方案对急性运动性肌肉损伤的恢复影响。

方法：我们在2000年1月至2024年9月的CNKI、PubMed、Cochrane Library、Web of Science和Embase中搜索了检查CWI对急性肌肉损伤恢复作用的随机对照试验。数据提取、研究筛选和偏倚风险评估由两名审查者独立进行。使用Stata 16.0进行分析。

结果：共纳入55项RCT，42项报告迟发性肌肉酸痛（DOMS），36项报告跳跃表现（JUMP），30项报告肌酸激酶（CK）水平。网络荟萃分析显示，与对照组相比，MD-MT-CWI：中持续时间中温冷水浸泡（10-15 min, 11°C-15°C）[SMD=-1.45, 95%CI (-2.13, -0.77), P<0.01]和MD-LT-CWI：中持续时间低温冷水浸泡（10-15 min, 5°C-10°C）[SMD=-1.12, 95%CI (-1.78, -0.47), P=0.01]显著降低DOMS；MD-LT-CWI（10-15分钟, 5°C-10°C）[SMD=0.48, 95%CI (0.20, 0.77), P=0.01]和MD-MT-CWI（10-15分钟, 11°C-15°C）[SMD=0.42, 95%CI (0.15, 0.70), P=0.02]显著改善跳跃；MD-MT-CWI（10-15分钟, 11°C-15°C）[SMD=-

-0.85, 95%CI(-1.36, -0.35), P=0.01]和MD-LT-CWI(10-15分钟, 5°C-10°C)[SMD=-0.90, 95%CI(-1.46, -0.34), P=0.02]显著降低了CK。累积概率排序显示，MD-LT-CWI（10-15分钟, 5°C-10°C）对改善跳跃和降低CK最有效，而MD-MT-CWI（10-15分钟, 11°C-15°C）对降低DOMS最有效。

结论：不同剂量冷水浸泡（持续时间和温度不同）对急性运动性肌肉损伤的恢复有不同的影响。我们发现MD-LT-CWI（10-15分钟, 5°C-10°C）对改善生化标志物(CK)和神经肌肉最有效

恢复，而MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）对减轻肌肉酸痛最有效。在实践中，我们建议使用MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）和MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）来减少运动诱导的肌肉损伤（EIMD）。然而，由于纳入研究的局限性，需要进一步的高质量研究来验证这些结论。

系统评价 注册：<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>，
标识符CRD42024602359。

关键词
冷水浸泡，CWI，肌肉损伤，急性运动，荟萃分析

1引言

EIMD通常发生在高强度或不熟悉的运动后，尤其是在离心性肌肉收缩期间（Proske和Morgan，2001）。这种情况表现为DOMS、CK水平升高、局部炎症以及肌肉力量和功能下降，所有这些都可能显著阻碍运动表现和恢复（Peake等人，2017；Hyldahl和Hubal，2014年）。因此，寻求有效的恢复干预措施已成为体育科学研究的中心主题（Owens等人，2019）。

CWI是一种普遍的运动后恢复方式（Leeder等人，2012年）。将身体浸入冷水中，CWI有助于缓解肌肉酸痛，减少炎症，加速肌肉功能的恢复。CWI的有益作用可能是由于血管收缩、组织温度降低、炎性介质释放减少和神经传导速度降低。（马查多等人，2016）。

尽管其优点得到认可，但理想的CWI协议，特别是关于水温和浸泡时间的协议，仍在争论中。这种模糊性阻碍了标准化的、基于证据的指南的建立。因此，有必要对各种CWI方案进行彻底评估，以确定促进恢复的最有效组合。

现有的研究主要集中在冷水浸泡（CWI）的两个孤立因素：水温和浸泡持续时间。关于水温，低温CWI（5°C-10°C）被广泛认为在缓解肌肉酸痛和降低血液肌酸激酶（CK）水平方面最有效（Hohenauer等人，2015）。低温加速局部血管收缩，减少炎症，缓解运动诱导的肌肉损伤（EIMD）（Eimonte等人，2021a；Pawwowska等人，2022；Takagi等人，2011；Herrera等人，2010；Eimonte等人，2021b）。然而，与较低温度相关的不适可能会阻碍长期依从性（斯利维卡等人，2020）。相比之下，中温CWI（11°C-15°C）由于其更高的舒适度，通常更容易忍受，尽管其恢复效果仍不太清楚。此外，高温CWI（16°C-20°C）虽然更舒适，但在减少炎症和促进肌肉功能恢复方面表现出相对较弱的效果（Sellwood等人，2007）。

关于浸泡持续时间，研究报告了不同的持续时间，通常分为短（<10分钟）、中（10-15分钟）和长（>15分钟）。不同的持续时间会对恢复产生不同的影响。短时间浸泡（通常<10分钟）被认为提供了立即的恢复益处，例如在运动后的几个小时内减少肌肉酸痛、炎症和感知疲劳。这些好处通常在浸泡后更加明显（Machado等人，2016；Machado等人，2017）。相比之下，更长时间的浸泡（通常>15分钟）被认为对整体恢复更有益，这是指肌肉功能、力量和耐力的长期恢复，特别是在高强度运动引起的肌肉损伤后。在长时间浸泡中长时间暴露于冷水可能有助于减少延迟性肌肉酸痛（DOMS），并在更长的时间内加速肌肉组织的修复，有助于更全面的恢复过程（Machado等人，2016；马查多等人，2017）。

该网络荟萃分析通过比较水温和持续时间的各种组合，系统地评估了不同CWI方案对EIMD恢复的影响。本研究根据以下参数将CWI方案分为六组：

- SD-LT-CWI：短时间低温冷水浸泡（<10分钟，5°C-10°C）。
- MD-LT-CWI：中等持续时间的低温冷水浸泡（10-15分钟，5°C-10°C）。
- LD-LT-CWI：长时间低温冷水浸泡（>15分钟，5°C-10°C）。
- MD-MT-CWI：中等持续时间的中温冷水浸泡（10-15分钟，11°C-15°C）。
- MD-HT-CWI：中等持续时间的高温冷水浸泡（10-15分钟，16°C-20°C）。
- LD-HT-CWI：长时间高温冷水浸泡（>15分钟，16°C-20°C）。

这项研究中测量的主要结果包括作为肌肉损伤生物标志物的CK水平、作为主观评估的DOMS和作为神经肌肉功能和力量指标的跳跃高度（JUMP）。通过整合来自多个来源的数据，该分析试图阐明哪些CWI参数组合——特别是温度和持续时间——优化了EIMD后的恢复。获得的见解旨在帮助运动员、教练和运动科学家制定循证恢复策略。

2方法

2.1注册

本系统综述和网络荟萃分析符合系统综述和荟萃分析首选报告项目(PRISMA)指南。方案在国际前瞻性系统评价注册中心 (PROSPERO) 正式注册, 注册ID: CRD42024602359。

2.2文献检索策略

在多个数据库中进行了全面的计算机化搜索, 如CNKI、PubMed、Cochrane Library、Web of Science和Embase。目的是整理随机对照试验 (RCT), 检查CWI对急性EIMD后恢复的影响。搜索时间为2000年1月至2024年9月。该战略基于PICOS框架制定, 包括: (P) 人口——健康个体; (I) 干预-CWI; (C) 无干预的比较对照组和被动恢复组; (O) 结果-CK、DOMS和跳跃表现 (包括反向运动跳跃或深蹲跳跃); (S) 研究设计-RCT。搜索混合使用了主题词和自由文本术语。此外, 对所有纳入研究的参考文献进行了仔细审查, 以挖掘进一步的相关文献。部署的搜索词包括CWI、肌肉疲劳、EIMD和研究设计描述符的各种组合和同义词。

2.3入选标准

- (1) 仅选择采用RCT设计的研究。
- (2) 参与者必须是健康的男性或女性, 没有近期疾病或慢性病史。
- (3) 调查需要集中在一个单独的锻炼会议上。
- (4) CWI方案必须在运动后1小时内给药。
- (5) 研究必须报告以下至少一种结果: DOMS、CK或JUMP。
- (6) 要求在干预后48小时内进行结果评估。

2.4排除标准

- (1) 不限于单一CWI干预的研究 (例如, 将CWI与加压衣、积极恢复或营养补充剂相结合的研究)。
- (2) 长期CWI方案。
- (3) 缺乏全文的论文、会议记录或摘要。
- (4) 无法提取有效结局数据且无法获得作者澄清的研究。
- (五) 重复出版物。生理

2.5文献筛选和数据提取

两名研究人员独立筛选了文献, 提取了数据, 并交叉验证了他们的发现。在出现分歧的情况下, 会咨询第三方以寻求帮助。尽可能通过联系作者来补充缺失的数据。文献筛选从阅读标题和摘要开始; 在排除明显不相关的研究后, 审查全文以确定最终纳入。数据提取主要包括: 第一作者、国家、发表年份、干预受试者 (每组样本量、性别、年龄、职业)、干预措施 (CWI方案、干预后测试时间) 和结果指标。

2.6纳入研究的偏倚风险评估

两名研究人员使用Cochrane手册的随机对照试验工具评估了偏倚风险。评估标准包括: 分配序列生成、分配隐藏、参与者和人员设盲、结局评估设盲、结局数据完整性、无报告偏倚和其他潜在偏倚。

2.7数据综合

基于纳入文献中CWI干预方案中的温度和持续时间差异, 本研究确定了以下六个分组标准:

- SD-LT-CWI: 短时间低温冷水浸泡 (<10分钟, 5°C-10°C)。
- MD-LT-CWI: 中等持续时间的低温冷水浸泡 (10-15分钟, 5°C-10°C)。
- LD-LT-CWI: 长时间低温冷水浸泡 (>15分钟, 5°C-10°C)。
- MD-MT-CWI: 中等持续时间的中温冷水浸泡 (10-15分钟, 11°C-15°C)。
- MD-HT-CWI: 中等持续时间的高温冷水浸泡 (10-15分钟, 16°C-20°C)。
- LD-HT-CWI: 长时间高温冷水浸泡 (>15分钟, 16°C-20°C)。

2.8统计分析

为了最大限度地减少基线差异的影响, 本研究利用干预前后均值和标准差的变化值进行效应大小合成。标准差变化的计算方法基于Cochrane手册 (第6版) (Higgins and Collaboration, 2019) 中提供的公式。根据PRISMA网络荟萃分析指南 (Hutton等人, 2015), 采用随机效应模型和频率框架来组合效应大小, 并使用Stata16.0软件计算95%置信区间 (CIs) (Salanti, 2012)。这种方法被用来评估

CK、DOMS和JUMP上的各种CWI干预协议。由于结果指标的测量单位不一致，标准化平均差异（SMD）被用作合成的效应大小。生成网络证据图来描述不同运动干预之间的关系，其中连接节点的线代表干预之间的直接比较，线粗细与研究数量成比例，节点大小与样本量成比例。计算不一致因子及其95%CI以评估每个闭环的一致性（Chaimani 等人，2013年）。采用不一致性模型来测试不一致性；当 $P>0.05$ 时，采用一致性模型进行分析。累积排序曲线下面积（SUCRA）用于排序和比较不同类型干预措施的效果。SUCRA 值范围为0%至100%，其中100%表示最佳干预效果，0表示最差。创建漏斗图以评估发表偏倚或小样本效应的存在。

3 结果

3.1 研究识别和选择

该搜索策略在几个数据库中产生了1,299篇潜在相关文章：CNKI（5）、PubMed（170）、Embase（142）、Cochrane Library（631）和Web of Science（351）。在筛选标题和摘要后，消除了540篇重复文章，随后排除了431篇文章。随后的全文综述导致另外260篇文章被排除，其中13篇文章的数据提取不可行。最终，55项随机对照试验被选入本分析（图1）。

3.2 纳入研究的特点

共纳入55项随机对照试验，包括1,139名参与者。实验组的干预方案包括MD-LT-CWI、MD-MT-CWI、LD-LT-CWI、SD-LT-CWI、MD-HT-CWI和LD-HT-CWI。纳入的研究主要发表在过去10年中，42项研究报告DOMS作为结果指标，36项研究报告跳跃，30项研究报告CK。详细信息见（表1）。

3.3 偏倚风险评估

图2A概述了纳入研究的偏倚风险。所有纳入的研究均采用随机分配方法；47项研究提供了分配隐藏方法的细节，如使用密封容器或计算机生成的随机序列。然而，许多研究对实施者和参与者的盲法缺乏明确性，因此增加了偏倚的可能性，因为干预期间的盲法证明了挑战。在45项研究中证实了盲法，减轻了检测偏倚。关于数据完整性，48项研究显示偏倚风险较低，35项研究报告了完整数据。其他研究充分证明了生理学中任何参与者的前沿

提款或后续损失，利用稳健的方法处理不完整的数据。观察到报告偏倚的可能性较低，49项研究按照其方案中的预先规定分析和呈现结果。尽管如此，16项研究面临与运动干预细节不足或样本量小相关的额外偏倚风险（补充图S2B）。

3.4 网络荟萃分析结果

3.4.1 网络证据图

图3显示了网络证据图，通过检查不同的温度和持续时间，阐明了不同的CWI方案对急性EIMD恢复的影响。最常研究的干预措施是MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C），最不常见的是SD-LT-CWI（<10分钟，5°C-10°C）。以下比较提供了间接证据：对于DOMS：MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）与LD-LT-CWI（>15分钟，5°C-10°C）；对于跳跃：MD-LT-CWI、MD-MT-CWI和LD-LT-CWI之间的比较；对于CK：涉及MD-LT-CWI、MD-MT-CWI、LD-LT-CWI和SD-LT-CWI的比较。在其他比较方案中报告了混合证据。

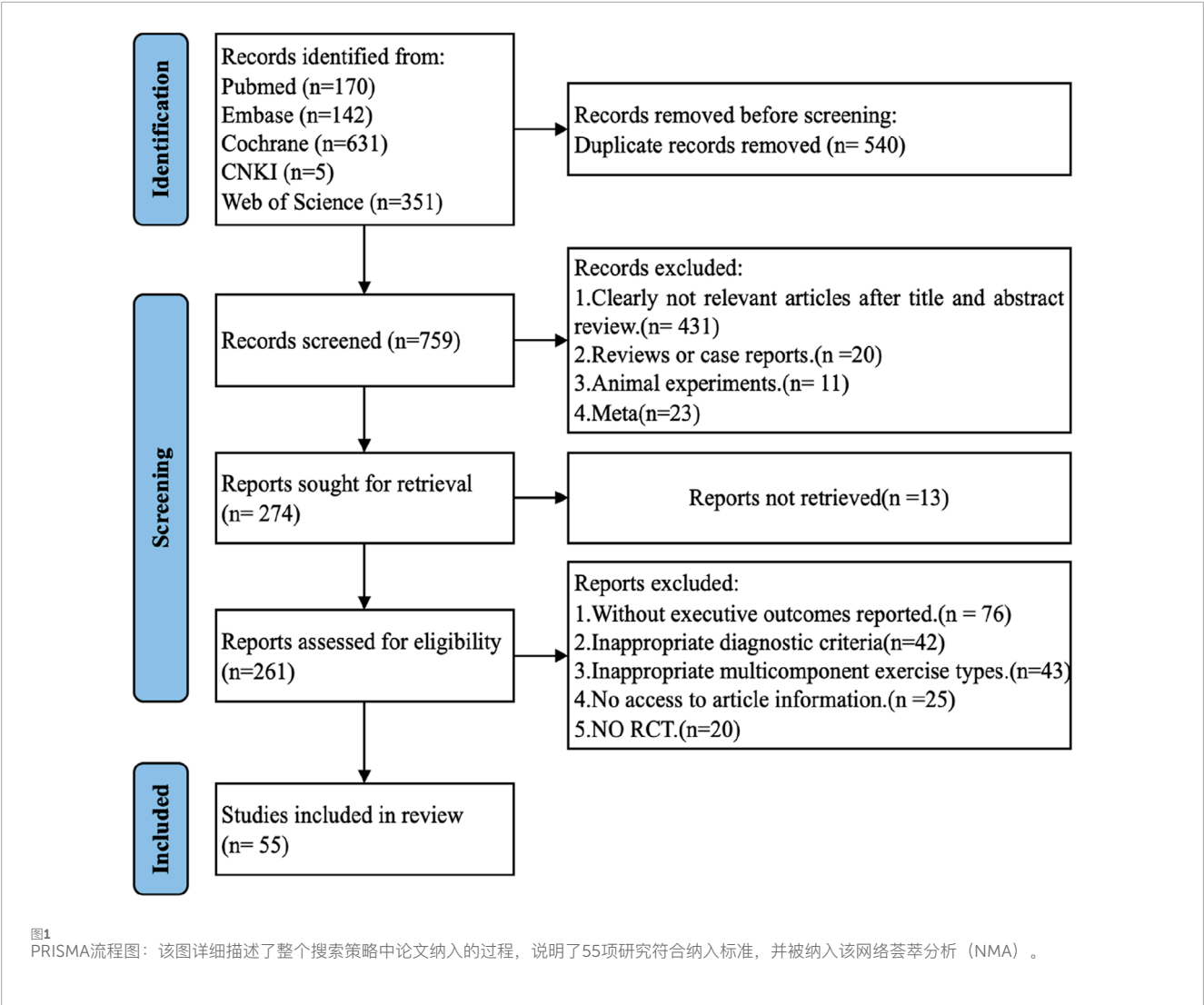
3.4.2 不一致性测试

循环不一致性测试、不一致性模型和节点分裂方法被用于所有结果测量。测试显示，在所有三角形环中，跳跃和CK结果没有显著的不一致（ $P>0.05$ ）。对于DOMS，循环“CON-MD-LT（10-15分钟，5°C-10°C）-MD-MT（10-15分钟，11°C-15°C）”显示不一致，而其他循环是一致的。不一致性模型测试证实了所有结果的非显著P值，支持一致性模型的使用。节点分裂表明DOMS和CK的可靠性高，直接证据和间接证据之间没有显著差异（ $P>0.05$ ）。对于跳跃，4个实例显示不一致（ $P<0.05$ ），5个实例显示一致（ $P>0.05$ ），表明中等可靠性（补充图S1）。

3.5 组合效应大小分析及排序结果

3.5.1 DOMS

对于DOMS指标，与对照组相比，MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）[SMD=-1.12, 95%CI（-1.78, -0.47）， $P=0.01$]和MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）[SMD=-1.45, 95%CI（-2.13, -0.77）， $P<0.01$]显著降低了与急性运动诱导的肌肉损伤恢复相关的DOMS值。值得注意的是，MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）[SMD=-2.63, 95%CI（-4.52, -0.74）， $P<0.05$]，MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）[SMD=-2.96, 95%CI（-4.94, -0.98）， $P<0.05$]，LD-LT-CWI（>15分钟，5°C-10°C）[SMD=-2.47, 95%CI（-4.41, -0.53）， $P<0.05$]显著优于SD-LT-CWI（<10分钟，5°C-10°C）[SMD=-0.51, 95%CI（-1.42, 0.40）， $P=0.12$]。累积排序结果表明，MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）成为最佳干预的概率最高（SUCRA



=84.3%)，其次是MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）（SUCRA=68%）和MD-HT-CWI（10-15分钟，16°C-20°C）（SUCRA=62.3%），而LD-HT-CWI（>15分钟，16°C-20°C）的概率最低（SUCRA=1.6%）（图4A）。

3.5.2 跳转

对于跳跃指标，与对照组相比，MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）【SMD=0.48，95%CI（0.20，0.77），P=0.01】和MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）【SMD=0.42，95%CI（0.15，0.70），P=0.02】显著改善了跳跃高度，这是从急性运动诱导的肌肉损伤中恢复性能的一种量度（图5B）。SUCRA概率排名结果表明，MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）成为最佳干预的概率最高（SUCRA=70.4%），其次是LD-LT-CWI（>15分钟，5°C-10°C）（SUCRA=67.8%）和MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）（SUCRA=62.6%），而MD-HT-CWI（10-15分钟，16°C-20°C）的概率最低（SUCRA=29.8%）（图4B）。

3.5.3 CK

对于CK指标，与对照组相比，MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）[SMD=-0.90，95%CI（-1.46，-0.34），P=0.02]和MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）[SMD=0.85，95%CI（-1.36，-0.35），P=0.01]显著降低了CK水平，CK水平是从急性运动诱导的肌肉损伤中恢复的生理标志（图5C）。SUCRA概率排名结果显示，MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）成为最佳干预的概率最高（SUCRA=75.7%），其次是MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C）（SUCRA=72.5%）和SD-LT-CWI（<10分钟，5°C-10°C）（SUCRA=55.6%），而LD-LT-CWI（>15分钟，5°C-10°C）的概率最低（SUCRA=34.1%）（图4C）。

3.5.4 发表偏倚评估

我们为所有结果构建了单独的漏斗图，以评估潜在的发表偏倚。对漏斗图的目视检查显示没有显著的发表偏倚。具体细节如（图6）所示。

表1纳入研究的特征。

学习	N、性别	平均年龄 (SD/范围)	职业	干 方 预 案	类型	时 间 措 施	结 果 测 量 的
安德森等人。 (2018)	27米	24±2年	非运动员	CWI1: 5℃ [*] 12分钟 CWI2: 14℃ [*] 12分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C) MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24/小 时	DOMS↔CK↓ DOMS↓CK↓
安杰洛普洛斯塔尔。 (2022)	15米	21.1年	非运动员	CWI: 10℃ [*] 10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24/小 时	DOMS↓CK↓
阿森松等人。 (2011)	20米	18.3±0.8年	足球运动员	CWI: 10℃ [*] 10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	48/小 时	跳跃↑
贝利等人。(2007)	20米	21.7±2.0年	非运动员	CWI: 10℃ [*] 10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24/小 时	DOMS↓CK↑
希 尔 和 巴 伯 (2016)	8米	20±1.2年	橄榄球运动员	CWI: 10℃ [*] 10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24/小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑
巴特利等人。 (2021)	29米	46.00±3.15岁	Kona Ironman	CWI: 10℃ [*] 12分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24/小 时	DOMS↓
巴蒂斯塔等人。 。(2024)	20米	14.05±1.79岁	青春期的 游泳运动员	CWI: 14℃ [*] 12分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24/小 时	跳跃↑
布齐德等人。 (2018)	8米	19.63±0.74岁	足球运动员	CWI: 10℃ [*] 10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24/小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑
克罗泽等人。 (2019)	14米	26±6岁	非运动员	CWI: 15℃ [*] 14分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24/小 时	DOMS↓跳↓
克罗泽等人。 (2019)	34米	27±6岁	非运动员	CWI: 15℃ [*] 14分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	48/小 时	DOMS ↓跳转 ↔
克罗泽等人。 (2017)	9米	27±6岁	非运动员	CWI: 15℃ [*] 14分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	48/小 时	DOMS↓跳↑
德勒斯特拉特等人。 。(2013)	8米	23±3岁	运动员	CWI: 14℃ [*] 14分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24/小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑
德勒斯特拉特等人。 。(2013)	8米	23±3岁	运动员	CWI: 14℃ [*] 14分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24/小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑
迪弗兰科等人。 (2022)	21米	40.6±7.2岁	马拉松	CWI: 8℃ [*] 10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	48/小 时	CK↓
埃利亚斯等人。(2012)	14米	20.9±3.3岁	足球运动员	CWI: 12℃ [*] 14分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	48/小 时	DOMS↓跳↑

(续下一页)

表1（续）纳入研究的特征。

学习	N、性别	平均年龄 (SD/范围)	职业	干 方 预 案	类型	时 间 措 施	结 果 测 量 的
埃利亚斯等人。(2013)	16米	21.8±2.9岁	足球运动员	CWI: 12℃14分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓跳↑
法赫罗等人。 (2022)	30 NA	19-44岁	非运动员	CWI: 12℃15分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	48小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑
丰塞卡等人。 (2016)	8米	24.0±3.6岁	柔术运动员	CWI: 6℃19分钟 与	LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑
犹太人区和黄金 (2013)	15 NA	18-24岁	NCA A	CWI: 10℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↑跳↓
格拉斯哥等人。 (2014)	10 NA	18-35岁	非运动员	CWI: 6℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓CK↓
古道尔和 霍华森 (2020)	18米	24±5岁	非运动员	CWI: 15℃*12分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓
哈克等人。(2022)	16米	47.2±12.0岁	非运动员	CWI: 15℃10分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	CK↓
Hohenauer等人。 (2020)	18米	22.5±2.7岁	非运动员	CWI: 10℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	跳转↑DOMS↓
豪沃森等人。 (2009)	8米	23±3岁	非运动员	CWI: 15℃12分钟 与	MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓CK↑
英格拉姆等人。 (2009)	11米	27.5±6.0年	非运动员	CWI: 10℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓CK↓
杰克曼等人。 (2009)	18楼	19.9+0.97年	运动员	CWI: 10℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	48小 时	DOMS↓CK↓
科西茨基和阿维拉 (2020)	10米	18.4±0.5年	足球运动员	CWI: 10℃20分钟 与	LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↑CK↓ 跳跃↑
里尔·朱尼尔等人, (2011)	6米	17-25岁	足球运动员	CWI: 5℃5分钟 与	SD-LT-CWI (<10分钟, 5°C- 10°C)	24小 时	CK↓
林赛等人。 (2017)	15米	28.3±5.7岁	MMA运动员	CWI: 10℃15分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓跳↑
马查多等人。 (2017)	60米	20.4±1.8年	非运动员	CWI1: 9℃15分钟 CWI2: 14℃15分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C) MD-MT-CWI (10–15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓CK↓ DOMS↑CK↓
马耳他等人。(2019)	36米	24.2±5.5岁	非运动员	CWI: 10℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10–15分钟, 5°C-10°C)	48小 时	DOMS↓跳↓

(续下一页)

表1（续）纳入研究的特征。

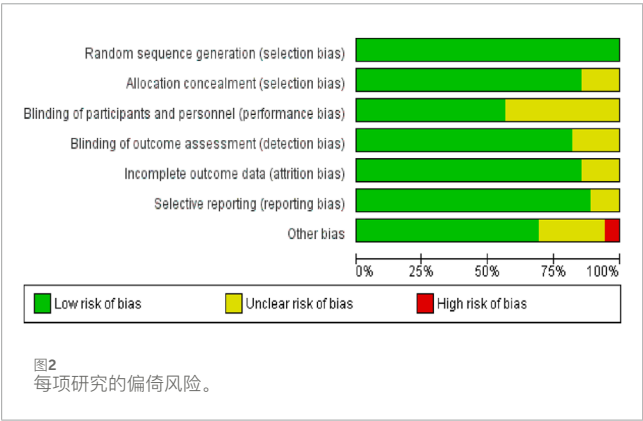
学习	N、性别	平均年龄 (SD/范围)	职业	干预 方案	类型	时 间 措 施	结 果 测 量 的
米内特塔尔。(2014)	9米	21±2年	团队运动 运动员	CWI: 10°C*20分钟 与	LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓CK↓
米绍等人。 (2018)	13 NA	26±5岁	非运动员	CWI: 15°C*10分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓
纳赛尔等人。(2023)	12米	21.1±2.2年	足球运动员	CWI: 11°C*15分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓跳↑
佩森蒂等人。 (2020)	14米	16.2±0.4年	足球运动员	CWI: 10°C*10分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	48小 时	DOMS↓
皮涅罗等人。 (2024)	20米	18±0.8岁	足球运动员	CWI: 10°C*10分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	CK↓跳↓
Poignard等人。 (2023)	13米	28±6岁	网球运动员	CWI: 11°C*11分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	CK↑
点和 达菲尔德 (2012)	10米	21.0±1.7年	橄榄球运动员	CWI: 9°C*20分钟 与	LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓CK↑
波因顿等人。 (2012)	10米	19.9±1.1年	橄榄球运动员	CWI: 8.9°C*20分钟 与	LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	CK↑
普利等人。(2020)	15米	16±1年	足球运动员	CWI: 14°C*10分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	48小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑
普尔诺特等人。 (2011)	22米	21.5±4.6岁	运动员	CWI: 10°C*15分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↑CK↓ 跳跃↑
罗伯茨等人。 (2014)	10米	21.3±1.6岁	非运动员	CWI: 10°C*10分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	跳跃↑
鲁普等人。(2012)	22 NA	19.8±1.1年	足球运动员	CWI: 12°C*15分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	48小 时	DOMS↓跳↑
桑切斯- 乌雷尼亚等人。(2017)	10米	14±0.4岁	篮球运动员	CWI: 12°C*12分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	48小 时	DOMS↓跳↑
桑切斯- 乌雷尼亚等人。(2018)	13米	19.9±2.8岁	非运动员	CWI: 12°C*12分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	48小 时	跳跃↑
辛普钦等人。 (2017)	7米	25±4年	举重运动员	CWI: 12°C-15°C*10 与	最小MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	CK↓
西凯拉等人。 (2018)	29米	19.9±1.4年	非运动员	CWI: 10°C*20分钟 与	LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)	48小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↑

(续下一页)

表1（续）纳入研究的特征。

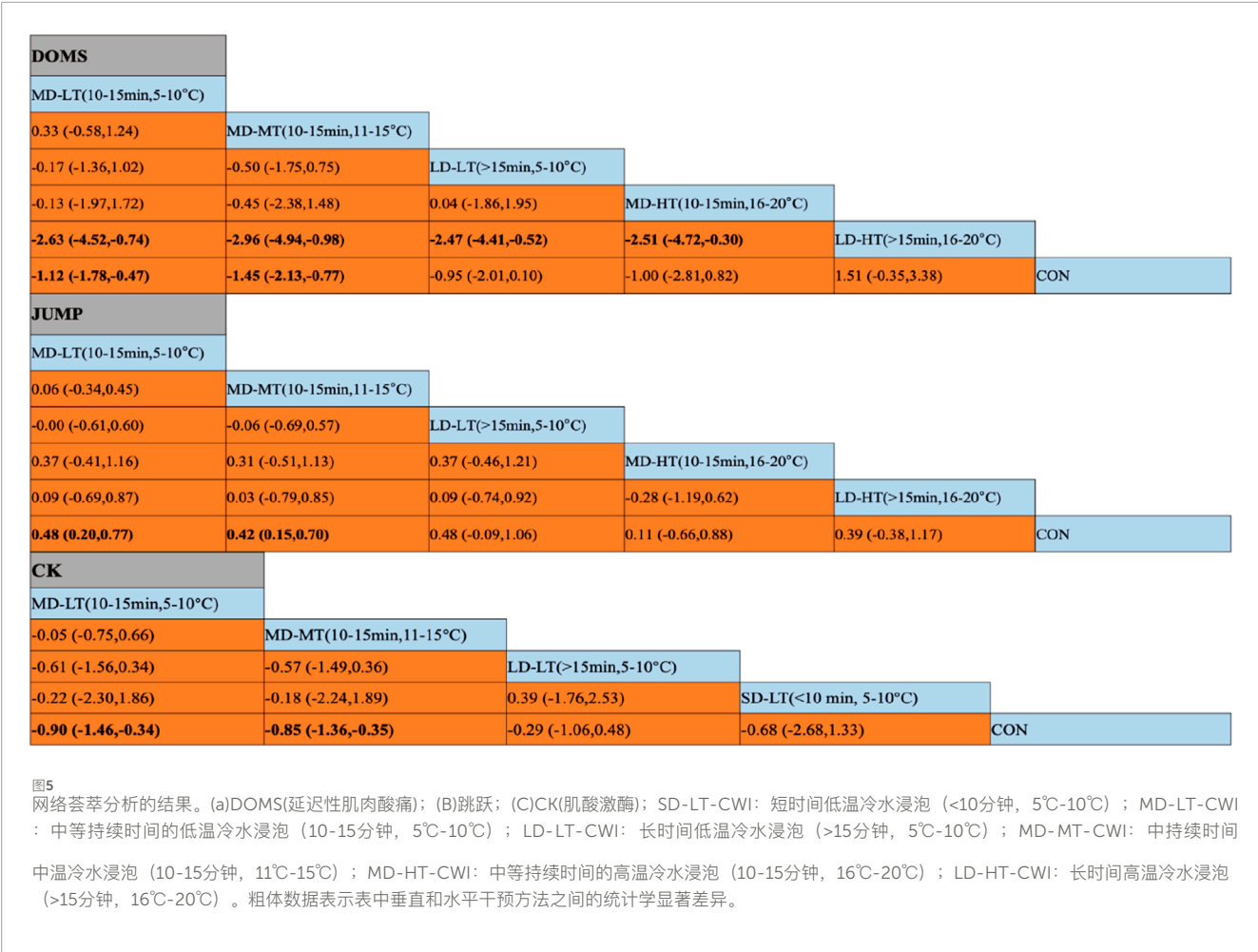
学习	N、性别	平均年龄 (SD/范围)	职业	干 方 预 案	类型	时 间 施 措	结 果 测 量 的
Buoite Stella等人。 (2024)	16米	16-30岁	足球运动员	CWI: 10℃12分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓
武田等人。 (2024)	10米	20.3±0.6年	橄榄球运动员	CWI: 15℃10分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	CK↓跳↑
塔瓦雷斯等人。 (2020)	13米	19.2±0.8岁	排球运动员	CWI: 10℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	跳跃↑
维尔等人。(2008)	24米	N A	非运动员	CWI: 15℃14分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓CK↓
怀特等人。(2014)	40米	23.6±3.7岁	非运动员	CWI1: 20℃10分钟 CWI2: 20℃30分钟 CWI3: 10℃10分钟 CWI4: 10℃30分钟 与	MD-HT-CWI (10-15分钟, 16°C-20°C) LD-HT-CWI (>15分钟, 16°C-20°C) MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C) LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)	48小 时	DOMS ↑跳 ↓ DOMS ↓跳 ↑ 多姆 ↑跳 ↑ DOMS ↑跳 ↓
维威尔霍夫等人。 (2018)	24米	30.2±8.6岁	非运动员	CWI: 15℃15分钟 与	MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)	24小 时	DOMS↓CK↓ 跳跃↓
威尔逊等人。 (2019)	16米	21.88±3.40岁	非运动员	CWI: 10℃10分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓跳↓
柳 泽 等 人。 (2003)	19米	23.8+1.8年	非运动员	CWI: 5℃15分钟 与	MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)	24小 时	DOMS↓

注：DOMS，延迟性肌肉酸痛；CK，肌酸激酶；SD-LT-CWI，短期低温冷水浸泡（<10分钟，5°C-10°C）；MD-LT-CWI，中持续低温冷水浸泡（10-15分钟，5°C-10°C）；LD-LT-CWI，长时间低温冷水浸泡（>15分钟，5°C-10°C）；MD-MT-CWI，中持续时间中温冷水浸泡（10-15分钟，11°C-15°C）；MD-HT-CWI，中等持续时间高温冷水浸泡（10-15分钟，16°C-20°C）；LD-HT-CWI，长时间高温冷水浸泡（>15分钟，16°C-20°C）；↑：表明与对照组相比，结果测量值增加；↓：与对照组相比，结果测量值有所下降；↔：表示结果测量与对照组相比没有变化。



4讨论

本研究综合了不同剂量冷水浸泡（CWI）对急性运动性肌肉损伤恢复影响的随机对照试验结果，揭示了不同的CWI方案对肌肉损伤（CK）、主观肌肉疼痛（DOMS）和表现（跳跃）的生理标志物的影响不同。目前，关于冷水浸泡影响的系统综述主要比较不同的恢复方式（如热水浸泡、对比浴、水疗或按摩），并按类型进行分类，较少研究全面检查不同剂量CWI之间的差异，数量有限



肌纤维的机械损伤、局部炎症反应、肌肉周围水肿和疼痛受体的激活（Afonso等人，2021）。运动后的炎症反应可导致局部肿胀和炎症介质（如前列腺素和白细胞介素）的释放，这进一步加剧了疼痛和不适。（Ascenso等人，2011）。

冷水浸泡，特别是MD-MT-CWI（10-15分钟，11°C-15°C），可以通过几种主要机制缓解DOMS。首先，冷水诱导血管收缩，减少局部血流量，从而减少炎症介质的积累和释放，显著抑制最初的局部炎症反应（Ihsan等人，2016）。其次，冷水降低组织温度，减缓局部代谢，减少水肿和间质液积聚，从而缓解组织压力和对疼痛感受器的刺激（Hohenauer et al., 2015）。

与低温CWI（5°C-10°C）相比，中温CWI（11°C-15°C，10-15分钟）可以在冷却效果和舒适性之间提供更好的平衡。虽然低温CWI可有效减轻肌肉炎症和疼痛，但长时间暴露于过低的温度会导致不适、肌肉紧绷，甚至血管收缩，潜在地阻碍最佳恢复（Wilcock等人，2006；Crystal等人，2013年；Yeargin等人，2024年；Versey等人，2013年）。

相比之下，中温CWI（11°C-15°C）提供足够的冷却，以减轻肌肉酸痛和炎症，而没有与较冷温度相关的不适（Machado等人，2016；Machado等人，2017）。几项研究（Machado等人，2016；Machado等人，2017年）认为，对于更长的浸泡时间，中等温度可能会更舒适，这可能会减少应激反应，并提高对恢复方案的依从性。此外，中等温度可能通过避免过度的血管收缩来增强血流量，从而促进更有效的肌肉修复并减少延迟性肌肉酸痛（DOMS）。虽然需要进一步的研究来验证这些机制，但中温CWI似乎是临床环境中缓解DOMS同时保持患者舒适度的更实用的方法。

4.2跳跃的恢复

结果表明，MD-LT-CWI（10-15分钟，5°C-10°C）在提高跳跃性能方面最有效。这一发现意义重大，尤其是对于需要快速恢复功能表现的运动员来说。跳跃表现反映了神经肌肉功能和力量的结合，以及

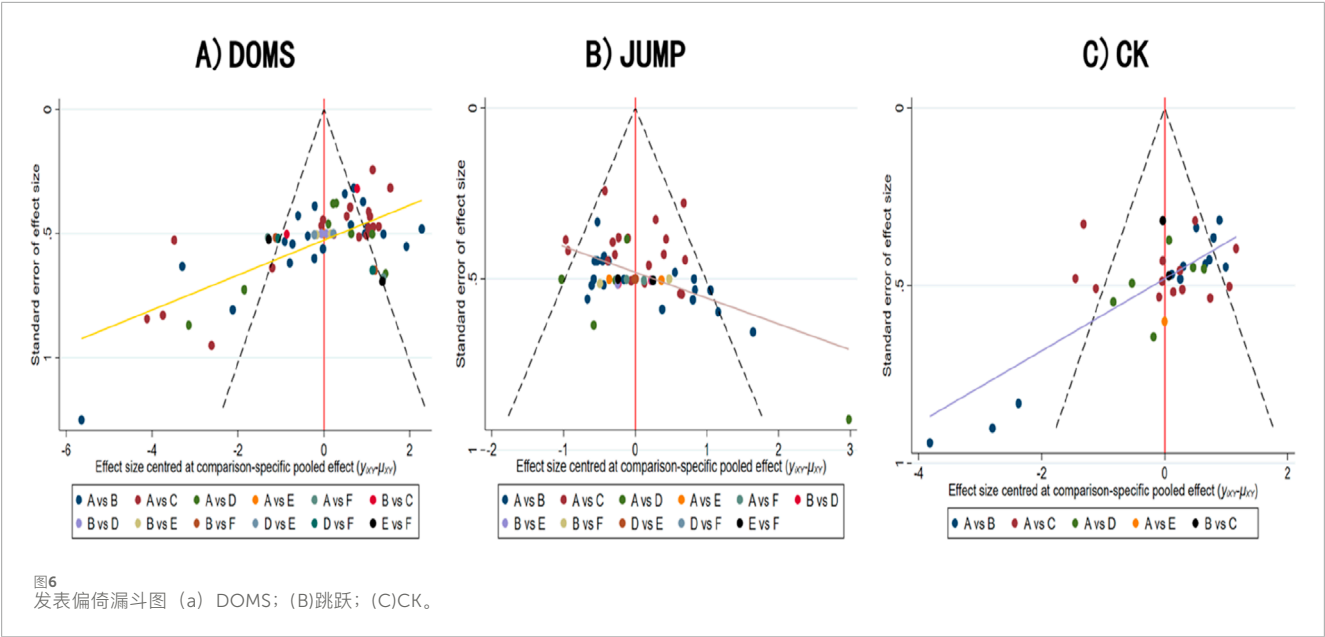


图6
发表偏倚漏斗图 (a) DOMS; (B)跳跃; (C)CK。

冷水浸泡可以通过各种机制促进恢复 (Bailey等人, 2007年))。首先, 冷水降低局部肌肉温度, 减缓神经传导和肌肉代谢率, 允许在短时间内有效恢复, 同时缓解肌肉损伤引起的疼痛和疲劳, 这对于需要快速恢复跳跃能力的运动员至关重要 (Rowell等人, 2011)。其次, 冷水浸泡有助于减少肌肉疲劳积累, 促进血液回流, 并有助于清除乳酸等代谢废物, 从而加速能量供应恢复和微损伤修复, 从而减轻疲劳 (Leeder等人, 2012)。此外, 冷水浸泡后发生的血管舒张增强了恢复阶段的血流量, 增加了氧气和营养物质的供应, 以支持肌肉再生和修复。这一过程有助于加速肌肉功能的恢复, 并有助于神经肌肉功能的恢复 (Leeder等人, 2012)。

重要的是要承认, 虽然D-LT-CW显著提高了跳跃性能, 但过低的温度可能会导致肌肉僵硬和不适 (Machado等人, 2017; 威尔科克等人, 2006; Crystal等人, 2013年; Yeargin等人, 2024年; Versey等人, 2013年), 如果长期应用。因此, 建议根据运动员的具体需求定制浸泡的时间和温度, 以优化恢复效果, 而不会施加额外的生理压力。

4.3 CK降低

肌酸激酶 (CK) 是肌肉损伤的关键生物标志物, 水平升高通常与肌肉细胞膜损伤和肌纤维渗漏有关 (Choo等人, 2022; Rowell等人, 2009年)。这项荟萃分析发现, MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C) 和MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C) 均显著降低了运动后的CK水平, 表明冷水浸泡有效减轻了肌肉损伤。

冷水浸泡降低CK水平的机制主要涉及减少肌肉损伤程度和加速修复过程 (White等人, 2014)。冷浸泡降低了局部温度, 降低了肌肉细胞膜的渗透性, 从而减少了CK渗漏到血流中 (White和Wells, 2013年), 有助于保持细胞结构的完整性并最大限度地减少进一步的膜损伤 (Ingram等人, 2009年)。此外, 它还能减少炎症反应和局部水肿, 为肌肉再生创造最佳环境 (Ascensão等人, 2011)。冷浸泡后血管舒张增强, 增加了肌肉的营养和氧气供应, 加速了修复过程和正常生理功能的重建 (Ascensão等人, 2011)。此外, 剧烈运动会引发氧化应激, 促进自由基的产生, 加剧肌肉损伤。CWI通过降低组织代谢率、减少自由基产生和增强抗氧化活性来减轻这些影响 (Malta等人, 2021年), 这对减少CK释放至关重要。

在这项研究中, MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C) 和MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C) 在降低CK水平方面表现出一致的作用。然而, MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C) 提供了更大的舒适性, 可能使其更适合大多数运动员的实际需求。考虑到实际情况, 选择合适的冷水浸泡方案有助于缓解肌肉损伤, 同时提供更舒适的恢复体验。

4.4局限性

尽管努力减少纳入的主要研究的异质性, 但不可避免的因素, 如参与者年龄和地理差异仍然存在。具体而言, 地理差异是指在不同国家和地区进行的研究的差异, 其中气候、文化和当地锻炼习惯等因素可能会影响

冷水浸泡 (CWI)。这些差异可能导致研究设计、参与者选择和干预实施的差异, 潜在地影响研究结果的普遍性。

值得注意的是, 分析显示样本人群中的性别多样性有限: 只有一项研究专门使用女性参与者, 五项研究没有具体说明参与者的性别, 其余研究仅涉及男性参与者。因此, 本综述的结果可能主要反映了六种不同CWI剂量对男性肌肉恢复的影响。

5结论

本综述和荟萃分析纳入了55项研究, 检查了SD-LT-CWI (<10分钟, 5°C-10°C)、MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C)、LD-LT-CWI (>15分钟, 5°C-10°C)、MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C)、MD-HT-CWI (10-15分钟, 16°C-20°C) 和LD-HT-CWI (>15分钟, 16°C-20°C) 对急性运动后生理、感觉和神经肌肉恢复的影响。我们的研究表明, MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C) 对生化标志物 (CK) 和神经肌肉恢复 (JUMP) 最有效, 而MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C) 在缓解肌肉酸痛 (DOMS) 方面表现出最佳效果。在实践中, 我们建议采用MD-LT-CWI (10-15分钟, 5°C-10°C) 和MD-MT-CWI (10-15分钟, 11°C-15°C) 来减轻运动诱导的肌肉损伤 (EIMD)。然而, 制定针对运动员个体差异的个性化恢复计划仍然至关重要。鉴于纳入研究的数量和质量的限制, 需要进一步的高质量研究来验证这些结论。

数据可用性声明

研究中提出的原始贡献包含在文章/补充材料中, 进一步的询问可以直接联系相应的作者。

作者贡献

硬件: 概念化、数据管理、形式分析, 资金 收购、调查、方法、项目管理、资源、软件、监督、验证, 可视化, 写作-原始草稿, 写作-审查和编辑。LW: 概念化, 数据管理, 形式分析, 调查, 方法论, 项目管理, 软件,

参考文献

Afonso, J., Clemente, F.M., Nakamura, F.Y., Morouço, P., Sarmiento, H., Inman, R.A.等。(2021).运动后拉伸对力量、活动范围和迟发性肌肉酸痛短期和延迟恢复的有效性: 随机对照试验的系统综述和荟萃分析。前面。生理学12,677-681。doi: 10.3389/fphys.2021.677581
安德森博士、纳恩法官和泰勒C.J。(2018)。冷 (14°C) 与冰 (5°C) 水浸泡对间歇跑步运动恢复的影响。

监督、验证、写作-审查和编辑。YP: 概念化, 数据管理, 形式分析, 方法论, 项目管理, 监督, 验证, 写作-初稿, 写作-审查和编辑。

资金

作者声明, 本文的研究、作者和/或出版没有得到任何财政支持。

致谢

我们要感谢所有在论文写作中提供指导和建议的专家。并向本文引用文章的所有作者表示崇高的敬意。

利益冲突

作者声明, 该研究是在没有任何可被解释为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的。

生成式人工智能语句

作者声明在创作这份手稿时没有使用生成式人工智能。

出版商注释

本文中表达的所有声明仅代表作者的声明, 不一定代表其附属组织或出版商、编辑和审稿人的声明。本文中可能评估的任何产品, 或其制造商可能做出的声明, 均不由出版商保证或认可。

补充材料

本文的补充材料可在线找到: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2025.1525726/full#supplementary-material>

J.强度和条件。第32 (3)、764-771号决议。doi: 10.1519/JSC.0000000000.002314

Angelopoulos, P., Diakoronas, A., Panagiotopoulos, D., Tsekoura, M., Xaplanteri, P., Koumoundourou, D.等人。(2022)。冷水浸泡和运动按摩可以改善延迟性肌肉酸痛运动员的疼痛感觉, 但不能改善其功能。卫生保健10 (12), 2449。doi: 10.3390/healthcare10122449

- Ascenso, A., Leite, M., Rebelo, A.N., Magalhães, S.和Magalhães, J.(2011)。冷水浸泡对一次性足球比赛后体能和肌肉损伤恢复的影响。J.体育科学。29 (3), 217–225.doi: 10.1080/02640414.2010.526132
- Bailey, D.M., Erith, S.J., Griffin, P.J., Dowson, A., Brewer, D.S., Gant, N.等。(2007)。冷水浸泡对长时间间歇穿梭跑后肌肉损伤指标的影响。J.体育科学。25 (11), 1163–1170. doi: 10.1080/02640410600982659
- Bartley, J.M., Stearns, R.L., Muñoz, C.X., Nolan, J.K., Radom-Aizik, S., Maresch, C.M.等人。(2021)。科纳铁人三项世界锦标赛冷水浸泡对循环炎症标志物的影响。应用生理学, 营养学。新陈代谢46 (7), 719–726. doi: 10.1139/apnm-2020-0602
- 巴蒂斯塔, N.P., 德卡瓦略, F.A., 罗德里格斯, C.R.D., 米凯莱蒂, J.K., 马查多, A.F.和帕斯特雷, C.M. (2024)。运动后冷水浸泡对竞技青少年游泳运动员成绩和知觉结果的影响。欧洲。J.Appl.生理学124 (8), 2439–2450. doi: 10.1007/s00421-024-05462-x
- Bouzid, M.A., Ghattassi, K., Daab, W., Zarzissi, S., Bouchiba, M., Masmoudi, L.等。(2018)。冷水浸泡更快的身体表现恢复与职业足球运动员较低的肌肉损伤水平无关。J.热生物学。78,184–191.doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.10.001
- BuoiteStella, a., Dragonetti, A.M., Fontanot, S., Sabot, R., Martini, M., Galmonte, a.等。(2024)。冷水浸泡和冲击按摩疗法对青年男子足球运动员运动后神经肌肉特性和肌肉酸痛急性影响。体育12 (6), 167. doi: 10.3390/体育12060167
- Chaimani, a., Higgins, J.P.T., Mavridis, D., Spyridonos, P.和Salanti, G. (2013)。STATA中网络荟萃分析的图形工具。PLoS ONE 8 (10), e76654. doi: 10.1371/journal.pone.0076654
- Choo, H.C., Lee, M., Yeo, V., Poon, W., andIhsan, M. (2022)。冷水浸泡对体能恢复的影响：一项荟萃分析的系统综述。J.体育科学。40 (23), 2608–2638.doi: 10.1080/02640414.2023.2178872
- F.克罗泽、R.西利、M.克罗、a.爱德华兹和S.哈尔森 (2017年)。恢复策略对疲劳运动后表现和感知的影响：一项随机对照试验。BMC体育科学。医学。康复9 (1), 25. doi: 10.1186/s13102-017-0087-8
- 克罗泽, F.A., 西利, R.M., 克罗, M.J., 爱德华兹, A.M.和哈尔森, S.L. (2019)。不同恢复策略对模拟间歇活动重复发作的影响。J.强度和条件。第33 (7) 号决议, 1781–1794. doi: 10.1519/JSC.00000000000002396
- 新泽西州克里斯托、D.H.汤森、S.B.库克和D.P.拉罗什 (2013年)。冷冻疗法对一轮破坏性运动后肌肉恢复和炎症的影响。欧洲。J.Appl.生理学113 (10), 2577–2586. doi: 10.1007/s00421-013-2693-9
- Delextrat, A., Calleja-González, J., Hippocrate, A.和Clarke, N.D. (2013)。运动按摩和间歇冷水浸泡对篮球运动员比赛恢复的影响。J.体育科学。31 (1), 11–19. doi: 10.1080/02640414.2012.719241
- Difranco, I., Cockburn, E., Dimitriou, L., Paice, K., Sinclair, S., Faki, T.等人。(2022)。与单独治疗相比, 樱桃汁和冷水浸泡的组合不能增强马拉松恢复：一项随机安慰剂对照试验。前面。体育法。活着4957950. doi: 10.3389/fspor.2022.957950
- Eimonte, M., Eimantas, N., Daniuseviciute, L., Paulauskas, H., Vitkauskienė, A., Dauksaitė, G.等。(2021a)。从急性冷应激中恢复体温与体内促炎细胞因子产生延迟相关。细胞因子143, 155510. doi: 10.1016/j.cyto.2021.155510
- Eimonte, M., Paulauskas, H., Daniuseviciute, L., Eimantas, N., Vitkauskienė, A., Dauksaitė, G.等。(2021b)。短期全身冷水浸泡对细胞因子谱、白细胞计数和应激血液标志物的残留影响。Int.J.海珀斯。38(1),696–707. doi: 10.1080/02656736.2021.1915504
- Elias, G.P., Varley, M.C., Wyckelsma, V.L., McKenna, M.J., Minahan, C.L.和Aughey, R.J. (2012)。水浸泡对澳大利亚足球运动员训练后恢复的影响。Int.J.运动生理学表演。7(4),357–366.doi: 10.1123/ijspp.7.4.357
- Elias, G.P., Wyckelsma, V.L., Varley, M.C., McKenna, M.J.和Aughey, R. J. (2013)。水浸泡对优秀职业足球运动员赛后恢复的影响。Int.J.运动生理学表演。8(3),243–253.doi: 10.1123/ijspp.8.3.243
- 法赫罗, 硕士, 阿拉明, F., 和法耶德, R. (2022)。完全冷水浸泡与冰敷按摩对运动性肌肉损伤恢复的影响比较。J.经验。骨科。9(1),59.doi: 10.1186/s40634-022-00497-5
- 丰塞卡, L.B., 布里托, C.J., 席尔瓦, R.J.S., 席尔瓦-格里戈莱托, M.E., 达席尔瓦, W.M.和弗兰基尼, E.(2016)。使用冷水浸泡来减少柔术运动员的肌肉损伤和迟发性肌肉酸痛并保持肌肉力量。J.Athl.火车。51(7),540–549.doi: 10.4085/1062-6050-51.9.01
- C.N.盖托和G.戈尔德 (2013年)。力竭运动后水中与冷水浸泡主动恢复的比较。Athl.火车。和运动保健5 (4), 169–176. doi: 10.3928/19425864-20130702-03
- 格拉斯哥博士、费里斯博士和布莱克利博士 (2014年)。冷水浸泡治疗迟发性肌肉酸痛：剂量重要吗？一项随机对照试验。物理。那里。体育15 (4), 228–233. doi: 10.1016/j.jtsp.2014.01.002
- 生理学前沿
- 古道尔和豪沃森 (2020年)。多次冷水浸泡对肌肉损伤指数的影响。
- Haq, A., Ribbans, W.J., Hohenauer, E.和Baross, A.W. (2022)。不同时机会全身冷冻治疗配合冷水浸泡对运动后恢复的比较效果。前面。体育法。生活4, 940516. doi: 10.3389/fspor.2022.940516
- 埃雷拉、桑多瓦尔、卡马戈和萨尔维尼 (2010年)。冰袋、冰按摩和冷水浸泡对运动和感觉神经传导的影响不同。物理。90(4), 581–591. doi: 10.2522/ptj.20090131
- 希金斯, J.P.T.和协作, C. (2019)。Cochrane干预措施系统综述手册。第二版(威利-布莱克威尔)。
- Hill, J., Howatson, G., VanSomerén, K., Leeder, J.和Pedlar, C. (2014年)。压缩服装与运动性肌肉损伤的恢复：一项荟萃分析。Br.J.运动医学。48(18),1340–1346.doi: 10.1136/bjsports-2013-092456
- J.A.希尔和S.巴伯 (2016年)。重复冷水浸泡对模拟橄榄球联盟协议后恢复的功：3818 board#257, 9年6月4日。医学。和Sci.运动和锻炼。48,1070.doi: 10.1249/01.mss.0000488221.03726.96
- Hohenauer, E., Costello, J.T., Deliëns, T., Clarys, P., Stoop, R.和Clijnen, R.(2020)。女性肌肉损伤后的部分身体冷冻治疗 (-135°C) 和冷水浸泡 (10°C)。扫描。J.医学。和Sci.体育30 (3), 485–495. doi: 10.1111/sms.13593
- Hohenauer, E., Taeymans, J., Baeyens, J.-P., Clarys, P.和Clijnen, R. (2015)。运动后冷冻治疗对恢复特征的影响：系统综述和荟萃分析。PLOS ONE 10 (9), e0139028. doi: 10.1371/journal.pone.0139028
- G.豪沃森、S.古道尔和K.A.范萨默伦 (2009年)。冷水浸泡对单次破坏性运动后适应的影响。欧洲。J.Appl.生理学105 (4), 615–621. doi: 10.1007/s00421-008-0941-1
- Hutton, B., Salanti, G., Caldwell, D.M., Chaimani, A., Schmid, C.H., Cameron, C.等(2015)。系统综述报告的PRISMA扩展声明纳入医疗保健干预的网络荟萃分析：清单和解释。安。实习生。医学。162(11),777–784.doi: 10.7326/M14-2385
- Hyldahl, R.D.和Hubal, M.J. (2014年)。延长我们的视角：对离心运动的形态学、细胞和分子反应。肌肉和神经49 (2), 155–170. doi: 10.1002/mus.24077
- 伊桑、沃森和阿比斯 (2016年)。在长时间耐力和间歇性运动的恢复中, 运动后冷水浸泡的生理机制是什么？运动医学。46(8),1095–1109.doi: 10.1007/s40279-016-0483-3
- 英格拉姆、道森、古德曼、沃尔曼和贝尔比 (2009年)。水浸泡方法对模拟团队运动后恢复的影响。J.Sci.医学。体育12 (3), 417–421. doi: 10.1016/j.jsams.2007.12.011
- 杰克曼、麦克雷和埃斯顿 (2009年)。剧烈运动后进行一次10分钟的冷水浸泡疗法对运动引起的肌肉损伤症状的恢复没有有益的影响。人体工程学52 (4), 456–460. doi: 10.1080/00140130802707733
- Kositsky, a., andAvela, J. (2020年)。冷水浸泡对跳伞成绩和力学恢复的影响：一项在20岁以下足球运动员中的初步研究。前面。体育法。活着2, 17. doi: 10.3389/fspor.2020.00017
- LealJunior, E.C., DeGodoi, V., Mancalossi, J.L., Rossi, R.P., DeMarchi, T., Parente, M.等人。(2011)。冷水浸泡疗法 (CWIT) 和发光二极管疗法 (LEDT) 在运动员高强度运动后短期骨骼肌恢复中的比较——初步结果。激光医学。科学。26 (4), 493–501. doi: 10.1007/s10103-010-0866-x
- Leeder, J., Gissane, C., VanSomerén, K., Gregson, W., andHowatson, G.(2012)。冷水浸泡与剧烈运动恢复：一项荟萃分析。Br.J.运动医学。46(4),233–240.doi: 10.1136/bjsports-2011-090061
- Lindsay, A., Carr, S., Cross, S., Petersen, C., Lewis, J.G.和Gieseg, S.P. (2017)。混合武术训练后对冷水浸泡的生理反应。应用生理学, 营养学。新陈代谢42 (5), 529–536. doi: 10.1139/apnm-2016-0582
- Machado, A.F., Almeida, A.C., Micheletti, J.K., Vanderlei, F.M., Tribst, M.F., Netto Junior, J.等人(2017)。运动后冷水浸泡剂量对功能和临床反应的影响：一项随机对照试验。扫描。J.医学。和Sci.体育27 (11), 1356–1363. doi: 10.1111/sms.12744
- 马查多, A.F., 埃雷拉, P.H., 米凯莱蒂, J.K., 德阿尔梅达, A.C., 莱梅斯, Í. R., 范德雷, F.M.等人。(2016)。水温和浸泡时间会影响冷水浸泡对肌肉酸痛的效果吗？系统综述和荟萃分析。运动医学。46(4),503–514.doi: 10.1007/s40279-015-0431-7
- 马耳他, E.D.S., 里拉, F.S.D., 马查多, F.A., 扎戈, A.S., 阿马拉尔, S.L.D., 安扎加托, A.M. (2019)。led的光生物调节不会改变肌肉恢复指标, 并呈现与冷水浸泡和主动恢复相似的结果。前面。生理学9, 1948年. doi: 10.3389/fphysics.2018.01948
- 马耳他, E.S., 杜特拉, Y.M., 布罗奇, J.R., 毕晓普, D.J.和扎加托, A.M. (2021)。定期冷水浸泡对训练诱导的力量和耐力表现变化的影响：一项荟萃分析的系统综述。运动医学。51(1),161–174.doi: 10.1007/s40279-020-01362-0

米内特, G.M., 达菲尔德, R., 比劳特, F., 坎农, J., 波尔图斯, M.R.和马里诺, F.E. (2014).冷水浸泡会减少脑氧合, 但会改善高温间歇冲刺运动后的恢复。扫描。J.医学。和Sci. 体育24 (4) , 656–666. doi: 10.1111/sms.12060

米绍, E., 特谢拉, A.D.O., 佛朗哥, O.S., 马丁斯, C.N., 保利奇, F.D.S., 佩雷斯, W.等人。(2018).冷水浸泡与抗阻运动后的炎症反应。布拉斯牧师。医学。体育24 (5) , 372–376. doi: 10.1590/1517-869220182405182913

纳赛尔、佐尔加蒂、奇图鲁和吉马德 (2023年)。足球比赛后的冷水浸泡: 安慰剂效应会发生吗? 前面。生理学14, 1062398. doi: 10.3389/fphys.2023.1062398

欧文斯, D.J., 特维斯特, C., 科布利, J.N., 豪沃森, G.和克洛斯, G.L. (2019).运动引起的肌肉损伤: 它是什么, 它的原因是什么, 营养解决方案是什么? 欧元。体育科学杂志。19 (1) , 71–85. doi: 10.1080/17461391.2018.1505957

Pawlowska, M., Mila-Kierzenkowska, C., Boraczynski, T., Boraczynski, M., Szczyk-Golec, K., Sutkowy, P.等人。(2022).亚极量运动后环境温度变化对血液中炎症和氧化损伤指标的影响。抗氧化剂11 (12) , 2445. doi: 10.3390/antiox11122445

J.M.皮克、O.纽鲍尔、P.A.德拉加塔和K.诺萨卡 (2017年)。运动恢复期间的肌肉损伤和炎症。J.Appl.生理学122 (3) , 559–570. doi: 10.1152/jappphysiol.00971.2016

佩森蒂, F.B., 席尔瓦, R.A.D., 蒙泰罗, D.C., 席尔瓦, L.A.D.和马塞多, C.D.S.G. (2020).冷水浸泡对运动员疼痛、肌肉募集和姿势控制的影响。布拉斯牧师。医学。体育26 (4) , 323–327. doi: 10.1590/1517-869220202604214839

皮涅罗, S.M., 丹塔斯, G.A.F., 席尔瓦, L.D.R., 特拉亚诺, G.S., 巴博萨, G.M.和丹塔斯, P.M.S. (2024) 。季前多次冷水浸泡对20岁以下男子足球运动员恢复能力的影响: 一项随机对照试验。J.BodyW.米饭。40, 563–568. doi: 10.1016/j.jbmt.2024.05.004

Poignard, M., Guilhem, G., Jubeau, M., Martin, E., Giol, T., Montalvan, B.等。(2023).冷水浸泡和全身冷冻疗法减轻了3天比赛般的肌肉酸痛。欧洲。应用生理学杂志123(9) , 1895–1909. doi: 10.1007/s00421-023-05190-8

M.波因顿和R.达菲尔德 (2012年)。模拟碰撞运动后的冷水浸泡恢复。医学。和Sci. 运动和锻炼。44(2),206–216. doi: 10.1249/MSS.0b013e31822b0977

波因顿, M., 达菲尔德, R., 坎农, J., 马里诺, F.E. (2012年) 。高温间歇冲刺运动后的冷水浸泡恢复。欧洲。J.Appl. 生理学112 (7) , 2483–2494. doi: 10.1007/s00421-011-2218-3

普利, S., 斯彭迪夫, O., 艾伦, M.和莫尔, H.J. (2020).积极恢复和冷水浸泡作为精英青少年足球赛后恢复干预的比较疗效。体育科学杂志。38(11–12), 1423–1431. doi: 10.1080/02640414.2019.1660448

Pournot, H., Bieuzen, F., Duffield, R., Lepretre, P.-M., Cozzolino, C., andHausswirth, C. (2011).各种水浸泡对力竭性间歇运动恢复的短期影响。欧洲。J.Appl. 生理学111 (7) , 1287–1295. doi: 10.1007/s00421-010-1754-6

普罗斯克和摩根博士 (2001年) 。离心运动引起的肌肉损伤: 机制、机械体征、适应和临床应用。生理学杂志537 (2) , 333–345. doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.00333.x

罗伯茨, L.A., 野坂, K., 库姆比斯, J.S.和皮克, J.M. (2014).冷水浸泡增强抗阻运动后亚最大肌肉功能的恢复。我是。J.生理学-调节, 整合。比较。生理学307 (8) , R998–R1008. doi: 10.1152/ajpregu.00180.2014

Rowell, G.J., Coutts, A.J., Reaburn, P.和Hill-Haas, S. (2009).冷水浸泡对高水平少年男子足球运动员连续比赛之间身体表现的影响。J.体育科学。27 (6) , 565–573. doi: 10.1080/02640410802603855

Rowell, G.J., Coutts, A.J., Reaburn, P.和Hill-Haas, S. (2011).赛后冷水浸泡对青少年足球运动员后续比赛跑动表现的影响。J.体育科学。29 (1) , 1–6。doi: 10.1080/02640414.2010.512640

Rupp, K.A., Selkow, N.M., Parente, W.R., Ingersoll, C.D., Weltman, A. L.和Saliba, S.A. (2012).冷水浸泡对大学足球运动员48小时成绩测试的影响。J. 强度和条件。第26 (8) 号决议, 2043–2050年. doi: 10.1519/JSC.0b013e318239c3a1

Salanti, G.(2012).间接和混合治疗比较、网络或多种治疗荟萃分析: 下一代证据综合工具的许多名称、许多益处、许多关注点。Res.Synthesis Methods 3 (2) , 80–97. doi: 10.1002/jrsm.1037

Sánchez-Ureña, B., Martínez-Guardado, I., Crespo, C., Timon, R., Calleja-González, J., Ibañez, S.J.等人。(2017).连续与间歇冷水浸泡作为篮球运动员训练后恢复方法的使用: 一项随机对照试验。运动医学医师。913847.2017, 134–139. doi: 10.1080/00913847.2017.1292832

Sánchez-Ureña, B., Rojas-Valverde, D.和Gutiérrez-Vargas, R.(2018).两种冷水浸泡方案对神经肌肉功能恢复的有效性: 一项张力肌图研究。前面。生理学9, 766. doi: 10.3389/fphys.2018.00766

Schimpchen, J., Wagner, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M.和Meyer, T.(2017).冷水浸泡能促进优秀奥运举重运动员的恢复吗? 个性化的视角。J.强度和条件。第31 (6) 号决议, 1569–1576. doi: 10.1519/JSC.0000000000001591

塞尔伍德、布鲁克纳、威廉姆斯、尼科尔和辛曼 (2007年) 。冰水浸泡和延迟性肌肉酸痛: 一项随机对照试验。Br.J.运动医学。41(6),392–397. doi: 10.1136/bjsm.2006.033985

Siqueira, A.F., Vieira, a., Bottaro, M., Ferreira-Júnior, J.B., Nóbrega, O. D.T., De Souza, V.C.等。(2018) .多次冷水浸泡减轻肌肉损伤但不改变全身炎症和肌肉功能恢复: 一项平行随机对照试验。科学。代表。8 (1) , 10961. doi: 10.1038/s41598-018-28942-5

斯利维卡, Z., 西松, T., 斯特拉布尔津斯卡-卢帕, A.和皮拉钦斯卡-什切什尼亚克, L. (2020).全身冷冻治疗对不同健康水平健康青年25-羟维生素D、鸢尾素、肌肉生长抑制素和白细胞介素-6水平的影响。科学代表。10(1),6175. doi: 10.1038/s41598-020-63002-x

Takagi, R., Fujita, N., Arakawa, T., Kawada, S., Ishii, N.和Miki, A. (2011年) 。冰敷对大鼠骨骼肌挤压伤后肌肉再生的影响。J.Appl.生理学110 (2) , 382–388. doi: 10.1152/jappphysiol.01187.2010

武田, M., 佐藤, T., 长谷川, T., 新拓, H., 加藤, H.和拉达克, Z. (2024).橄榄球训练后冷水浸泡对肌肉力量和生化标志物的影响, J Sports Sci Med , 13, 16,

Tavares, F., Simões, M., Matos, B., Smith, T.B.和Driller, M. (2020).高强度训练期间冷水浸泡对高强度训练排球运动员的急性和长期影响。前面。体育法。生活2, 568420. doi: 10.3389/fspor.2020.568420

J.维尔、S.哈尔森、N.吉尔和B.道森 (2008年) 。水疗对迟发性肌肉酸痛体征和症状的影响。欧洲。J.Appl. 生理学102 (4) , 447–455. doi: 10.1007/s00421-007-0605-6

N.G.Versey、S.L.Halson和B.T.Dawson (2013年) 。运动员的水浸恢复: 对运动表现的影响和实用建议。运动医学。43(11),1101–1130. doi: 10.1007/s40279-013-0063-8

Vieira,A.,Siqueira,A.,Ferreira-Junior,J.,Do Carmo,J.,Durigan,J.,Blazevich,A.,et al.(2016).冷水浸泡期间水温对运动性肌肉损伤恢复的影响。Int.J.运动医学。37(12),937–943. doi: 10.1055/s-0042-111438

White, G.E., Rhind, S.G.和Wells, G.D. (2014).不同冷水浸泡方案对运动诱导的炎症反应和高强度短跑运动功能恢复的影响。欧洲。J.Appl. 生理学114 (11) , 2353–2367. doi: 10.1007/s00421-014-2954-2

怀特和威尔斯 (2013年) 。冷水浸泡和其他形式的冷冻疗法: 可能影响高强度运动恢复的生理变化。极端生理学和医学。2(1),26.文件: 10.1186/2046-7648-2-26

Wiewelhove, T., Schneider, C., Döweling, A., Hanakam, F., Rasche, C., Meyer, T.等人。(2018).半程马拉松后不同恢复策略对休闲跑步者疲劳标志物的影响。PLOS One 13 (11) , e0207313. doi: 10.1371/journal.pone.0207313

Wilcock, I.M., Cronin, J.B.和Hing, W.A. (2006).对水浸泡的生理反应: 运动恢复的方法? 运动医学。36(9),747–765. doi: 10.2165/00007256-200636090-00003

Wilson, L.J., Dimitriou, L., Hills, F.A., Gondek, M.B.和Cockburn, E.(2019).全身冷冻疗法、冷水浸泡或抗阻运动后的安慰剂: 一个精神战胜物质的案例? 欧洲。J.Appl. 生理学119 (1) , 135–147. doi: 10.1007/s00421-018-4008-7

Yanagisawa,O., Niitsu,M., Yoshioka,H., Goto,K., Kudo,H.和Itai,Y.(2003)。应用磁共振成像评估剧烈运动后降温对骨骼肌的影响。欧洲应用生理学89 (1) , 53–62. doi: 10.1007/s00421-002-0749-3

Yeargin, S.W., Casa, D.J., Mcclung, J.M., Knight, J.C., Healey, J.C., Goss, P.J.等人。(2024).在高温下两次锻炼之间的身体冷却可以提高随后的表现。