

O Impacto de Diferentes Estratégias de Recuperação no Desempenho e na Fadiga após Cronoescalada

Duarte Luís Louro de Oliveira Correia Bento

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Ciências do Desporto

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Henrique Pereira Neiva

Coorientador: Prof. Doutor Diogo Luís Sequeira Torgal Marques

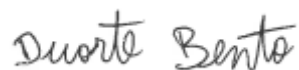
10 outubro de 2025

Declaração de Integridade

Eu, Duarte Luís Louro de Oliveira Correia Bento, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M13850 de Ciências do Desporto da Faculdade Ciências Sociais e Humanas, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 10 /10 /2025



(assinatura conforme Cartão de Cidadão ou preferencialmente
assinatura digital no documento original se naquele mesmo formato)

Agradecimentos

Com o termino da minha dissertação de mestrado é altura de agradecer a todos os que estiveram ao meu lado ao longo deste lindo percurso, foram 5 anos e pouco desde que iniciei o meu percurso nesta grande instituição que é a Universidade da Beira Interior.

Durante estes 5 anos cresci tanto a nível pessoal como profissional e só tenho a agradecer em primeiro lugar aos meus pais Ana Luísa Correia e Luís Mário Bento pela paciência e apoio incondicional desde sempre e por me deixarem seguir sempre os meus sonhos, à mulher incrível que tenho ao meu lado, a minha namorada Carolina Paiva, por ser o meu maior pilar e por nunca me ter feito desistir mesmo quando parecia impossível, à minha família, irmão, avós, tios, padrinho e madrinha que sempre me apoiaram incondicionalmente, aos meus amigos que levo para a vida e que sempre me ajudaram e me acompanharam fora horário letivo, ao Professor Henrique Neiva, quero deixar um agradecimento muito especial, sem ele nada disto seria possível, todas as conversas e “puxões” de orelha surtiram efeito, uma pessoa pela qual tenho um grande respeito e admiração, obrigado por tudo! Agradecer ao Professor Diogo Marques e ao Professor Nuno pelo apoio durante a dissertação, a todos os professores e claro, aos meus colegas de curso que me acompanharam nesta jornada do primeiro ao último dia, com vocês esta viagem foi muito mais bonita!

Resumo

Este estudo teve como objetivo comparar os efeitos da recuperação ativa vs. passiva após uma prova de ciclismo de estrada em subida no desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico. Num estudo cruzado, nove ciclistas (experiência de ciclismo: 8.0 ± 2.3 anos; idade: 22.1 ± 2.9 anos; massa corporal: 70.0 ± 7.9 kg; altura: 1.74 ± 0.08 m) foram submetidos a dois tipos de recuperação, cada um realizado com um intervalo de 8 dias, após uma prova de ciclismo de estrada em subida de aproximadamente 10 km. A recuperação ativa consistiu em pedalar num sistema de rolos durante 30 minutos entre os 60 e 70% da frequência cardíaca máxima prevista, enquanto a recuperação passiva consistiu em repouso completo (ciclistas sentados na cadeira) durante 30 minutos. Após a prova e após os períodos de recuperação, foram avaliadas as seguintes variáveis: salto vertical com contramovimento (SVC), lançamento da bola medicinal (LBM), frequência cardíaca (FC), lactato sanguíneo (LAC) e percepção subjetiva de esforço (PSE). A percentagem de mudança ($\% \Delta$) do pós-prova para o pós-recuperação nas diferentes variáveis foi comparada através de um teste t de amostras emparelhadas, com a magnitude das diferenças analisadas através do tamanho do efeito de Hedge's g . Os resultados indicaram que a recuperação ativa, em comparação com a recuperação passiva, induziu maior aumentos de desempenho no SCV ($p=0.002$; $g=1.56$) e LBM ($p=0.009$; $g=0.95$) e promoveu uma maior diminuição da lactatemia ($p<0.001$; $g=3.44$). Por outro lado, a recuperação passiva induziu um maior decréscimo na frequência cardíaca do que a recuperação ativa ($p<0.001$; $g=3.35$). Não se registaram diferenças entre as duas estratégias de recuperação na PSE ($p=0.18$; $g=0.63$). Em síntese, este estudo sugere que a recuperação ativa pode ser relevante entre etapas de ciclismo consecutivas, treinos intervalados ou provas em dias sucessivos, enquanto a recuperação passiva pode ser aconselhável quando o objetivo passa por promover um repouso autonómico completo.

Palavras-chave

Ciclismo; estrada; desempenho físico; resposta cardiovascular; lactatemia; fadiga; recuperação

Abstract

This study aimed to compare the effects of active vs. passive recovery following an uphill road cycling trial on mechanical, physiological, and psychophysiological performance. In a crossover design, nine cyclists (cycling experience: 8.0 ± 2.3 years; age: 22.1 ± 2.9 years; body mass: 70.0 ± 7.9 kg; height: 1.74 ± 0.08 m) underwent two types of recovery, each performed eight days apart, following an uphill road cycling test of approximately 10 km. Active recovery consisted of pedaling on a roller system for 30 minutes at 60–70% of the predicted maximal heart rate, while passive recovery involved complete rest (cyclists seated on a chair) for 30 minutes. After the trial and after each recovery period, the following variables were assessed: countermovement jump (CMJ), medicine ball throw (MBT), heart rate (HR), blood lactate concentration (LAC), and rating of perceived exertion (RPE). The percentage change ($\% \Delta$) from post-exercise to post-recovery in the different variables was compared using a paired samples *t*-test, with the magnitude of the differences analyzed through Hedge's *g* effect size. Results indicated that active recovery, compared to passive recovery, induced greater performance improvements in CMJ ($p = 0.002$; $g = 1.56$) and MBT ($p = 0.009$; $g = 0.95$), and promoted a greater reduction in blood lactate concentration ($p < 0.001$; $g = 3.44$). Conversely, passive recovery induced a greater decrease in heart rate than active recovery ($p < 0.001$; $g = 3.35$). No significant differences were observed between the two recovery strategies for RPE ($p = 0.18$; $g = 0.63$). In summary, this study suggests that active recovery may be particularly relevant between consecutive cycling stages, interval training sessions, or multi-day competitions, whereas passive recovery may be advisable when the main goal is to promote complete autonomic rest.

Keywords

Cycling; road; physical performance; cardiovascular response; lactatemia; fatigue; recovery

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract.....	ix
Índice	xi
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Acrónimos	xvii
Introdução	1
Metodologia	5
Desenho do estudo.....	5
Participantes	6
Prova de Ciclismo e Condições de Recuperação.....	7
Avaliação do Desempenho Mecânico	8
Salto vertical com contramovimento.....	9
Lançamento da bola medicinal.....	9
Potência de pedalada	10
Avaliação do Desempenho Fisiológico	10
Lactato sanguíneo	10
Frequência cardíaca.....	11
Avaliação do Desempenho Psicofisiológico.....	11
Análise Estatística.....	11
Resultados.....	13
Caracterização do desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico das duas provas.....	13
Comparação do desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico após a recuperação passiva e ativa.....	15

Discussão.....	19
Desempenho mecânico e fisiológico durante as provas.....	19
Efeitos da recuperação ativa e passiva	20
Respostas cardiovasculares e percepção subjetiva	21
Interpretação dos resultados à luz da literatura	21
Implicações práticas.....	22
Limitações e considerações finais	22
Conclusão	23
Referências Bibliográficas	25

Lista de Figuras

Figura 1. Ilustração dos procedimentos experimentais.	6
Figura 2. Ilustração da prova de ciclismo em subida (cronoescalada).	7
Figura 3. Variação da frequência cardíaca média (A) e potência média de pedalada (B) ao longo de cada quilômetro da etapa.	14
Figura 4. Comparação da percentagem de mudança do pós-prova para o pós-recuperação entre a recuperação passiva e recuperação ativa no salto vertical (A), lançamento da bola medicinal (B), lactato sanguíneo (C), frequência cardíaca (D) e percepção subjetiva de esforço (E). g: tamanho do efeito de Hedge's <i>g</i> ; p: valor de significância estatística.	17

Lista de Tabelas

Tabela 1. Desempenho mecânico e fisiológico ao longo das duas provas.....	13
Tabela 2. Desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico antes e após as duas provas.....	15
Tabela 3. Desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico após os dois tipos de recuperação.....	16

Lista de Acrónimos

ANOVA	Análise de variância
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
LBM	Lançamento da bola medicinal
PSE	Perceção subjetiva de esforço
SPSS	Statistical Package for the Social Science
SVC	Salto vertical com contramovimento
UBI	Universidade da Beira Interior
VO _{2máx}	Consumo máximo de oxigénio

Introdução

O ciclismo, particularmente na vertente de estrada, é uma modalidade desportiva de resistência que exige dos ciclistas uma elevada capacidade aeróbia, potência e eficiência na recuperação entre esforços de alta intensidade (Faude et al., 2009; MacRae et al., 1992; Sanders & Van Erp, 2021). Durante treinos e competições, os ciclistas são frequentemente submetidos a esforços prolongados e intermitentes que solicitam intensamente os sistemas cardiovascular, muscular e metabólico (Sanders & Van Erp, 2021). Esta exigência fisiológica complexa torna a gestão da fadiga e a recuperação elementos centrais para o sucesso desportivo (Mujika & Padilla, 2001).

Um dos principais fatores limitativos do desempenho é a acumulação de metabolitos, em especial o lactato sanguíneo, cuja elevação excessiva compromete a função contrátil muscular e conduz à diminuição da performance (Faude et al., 2009; MacRae et al., 1992). A acumulação de lactato reflete a incapacidade momentânea de remover ou oxidar eficientemente os produtos do metabolismo anaeróbio, o que interfere com o equilíbrio ácido-base e pode comprometer a capacidade de gerar força repetidamente (X. Li et al., 2022). Apesar de o lactato participar no *shuttle* metabólico e poder ser reutilizado como substrato, a sua acumulação excessiva e o consequente desequilíbrio ácido-base são fatores críticos na fadiga muscular (Brooks, 2000).

Neste contexto, os métodos de recuperação assumem um papel determinante na capacidade de o atleta para restaurar o equilíbrio fisiológico e manter elevados níveis de rendimento ao longo de períodos sucessivos de treino ou competição (Barnett, 2006; Braun-Trocchio et al., 2022). Entre as estratégias mais utilizadas destacam-se a recuperação passiva e recuperação ativa (Kellmann et al., 2018; S. Li et al., 2024). A recuperação passiva consiste em repouso completo e ausência de estímulo muscular, enquanto a recuperação ativa é caracterizada pela realização de exercício de baixa intensidade com o objetivo de promover o fluxo sanguíneo e acelerar a remoção de metabolitos (Dupont et al., 2004; Kellmann et al., 2018; S. Li et al., 2024; Monedero & Donne, 2000).

Estudos prévios sugerem que a recuperação ativa pode favorecer uma remoção mais rápida do lactato, contribuindo para a normalização do pH muscular e uma recuperação mais eficaz das funções neuromusculares (Argus et al., 2013; Beneke et al., 2011). Além disso, esta estratégia de recuperação tem sido associada a uma menor perceção subjetiva de esforço (PSE) após atividades de alta intensidade, fatores relevantes para o desempenho subsequente (Draper et al., 2006; Gervasi et al., 2023). Num estudo com

ciclistas treinados, os autores observaram que a recuperação ativa a 70% do consumo máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$) promoveu uma redução de lactato mais rápida e maior potência média no segundo teste Wingate, quando comparada à recuperação passiva (Gervasi et al., 2023).

Resultados semelhantes foram obtidos por Duque-Vera et al. (2022), que verificaram que a recuperação ativa a 40% do $VO_{2máx}$ foi mais eficaz na redução do lactato sanguíneo do que o repouso passivo em atletas submetidos a esforços intensos. Estes dados reforçam a importância de considerar a intensidade da recuperação ativa como variável moduladora da sua eficácia. Por outro lado, Lucertini et al. (2017) demonstraram que, após o exercício de curta duração e elevada intensidade, a recuperação ativa de baixa a moderada intensidade favoreceu a remoção de lactato e o reequilíbrio ácido-base quando comparada à recuperação passiva.

Ainda assim, revisões sistemáticas recentes apontam que as vantagens da recuperação ativa não são universais. Zouhal et al. (2024), numa meta-análise abrangendo 24 estudos de treino intervalado de longa duração, concluíram que tanto a recuperação ativa quanto a passiva promovem ganhos fisiológicos e de desempenho, sem que uma estratégia se revele consistentemente superior em todas as variáveis analisadas. De modo semelhante, Martínez-Gómez et al. (2022) verificaram que, embora a recuperação ativa tenda a acelerar a remoção de lactato, as diferenças em termos de desempenho subsequente e fadiga neuromuscular nem sempre são significativas.

As discrepâncias na literatura parecem estar relacionadas com diferenças metodológicas entre os estudos (p. ex., tipo e intensidade de exercício, duração dos intervalos, tempo de recuperação e nível de treino dos participantes) reforçando a necessidade de investigações mais específicas no contexto do ciclismo de estrada (Madueno et al., 2019). Esta modalidade caracteriza-se por esforços contínuos e prolongados, alternando entre momentos de elevada intensidade e fases de menor exigência (Bishop et al., 2008; Sanders & Van Erp, 2021). Assim, a escolha do método de recuperação mais eficaz pode ter um impacto direto na consistência do desempenho, na redução da fadiga acumulada e na otimização das adaptações fisiológicas ao treino.

A gestão da recuperação no ciclismo é essencial não só para otimizar o desempenho, mas também para prevenir a fadiga excessiva e o risco de sobrecarga fisiológica (Richard & Koehle, 2019). Assim, compreender de que forma diferentes estratégias de recuperação influenciam as respostas mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas constitui um elemento fundamental para o planeamento do treino e a preparação competitiva de ciclistas de estrada (Dupont et al., 2004; Jeukendrup & Martin, 2001; Richard & Koehle, 2019). A integração de indicadores objetivos (p. ex., potência de pedalada, força

muscular, frequência cardíaca e lactato sanguíneo) e subjetivos (p. ex., PSE) tem sido recomendada como uma abordagem multidimensional para avaliar a eficácia da recuperação durante e após esforços (Sánchez-Otero et al., 2022). Além disso, a inclusão de testes de desempenho físico, como o salto vertical com contramovimento (SVC), fornece informação adicional sobre o nível de fadiga neuromuscular, estado de recuperação e a prontidão para esforços subsequentes (Alba-Jiménez et al., 2022; Watkins et al., 2017).

Com base nestes pressupostos, o presente estudo teve como objetivo comparar os efeitos da recuperação ativa vs. passiva após uma prova de ciclismo de estrada em subida (cronoescalada¹) em variáveis mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas. Com base em evidências prévias (Draper et al., 2006; Gervasi et al., 2023; Rey et al., 2012), colocámos como hipótese que a recuperação ativa iria promover uma diminuição mais rápida dos valores de lactato sanguíneo, da PSE e uma recuperação muscular superior em comparação com a recuperação passiva. A realização deste estudo visa contribuir para uma melhor compreensão dos efeitos das estratégias de recuperação ativa e passiva no ciclismo de estrada, fornecendo evidências que possam apoiar ciclistas, treinadores e profissionais do exercício na otimização das práticas de treino e de recuperação. Espera-se, assim, que os resultados permitam identificar qual dos métodos de recuperação apresenta maior eficácia na melhoria do desempenho mecânico e na redução da fadiga fisiológica e psicofisiológica após esforços de elevada intensidade.

¹ Cronoescalada é uma palavra utilizada para descrever uma prova de ciclismo de contrarrelógio realizada num terreno ascendente (i.e., em subida ou com inclinação).

Metodologia

Desenho do estudo

Este estudo seguiu um desenho experimental cruzado (*crossover design*), com o objetivo de comparar os efeitos de duas estratégias de recuperação (ativa vs. passiva) em variáveis mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas após uma prova de esforço em ciclismo de estrada em subida (cronoescalada). O protocolo experimental seguiu três momentos distintos. O primeiro momento correspondeu a uma sessão de familiarização, durante a qual foram apresentados os objetivos e os procedimentos experimentais, realizados os testes de desempenho físico de forma demonstrativa e recolhidos dados antropométricos (i.e., massa corporal [TANITA BC-601, Tóquio, Japão] e altura [estadiómetro SECA Instruments, Ltd., Hamburgo, Alemanha]). Nesta sessão, foi também efetuado um aquecimento padronizado, de forma a preparar os ciclistas para os testes físicos e garantir uma execução técnica consistente. Nos dois momentos experimentais posteriores, realizados com um intervalo de oito dias, cada participante realizou uma prova de ciclismo de estrada em subida, com uma distância de aproximadamente de 10 km.

Após a prova de ciclismo e respetivas medições, os ciclistas realizaram duas condições de recuperação. No primeiro dia, realizaram a recuperação passiva, enquanto no segundo a recuperação ativa. Em cada um dos momentos experimentais, foram avaliadas variáveis mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas i) antes do início da prova, ii) durante a prova, iii) imediatamente após a prova, e iv) após o período de recuperação. As variáveis mecânicas incluíram o SVC, lançamento da bola medicinal (LBM) de 3 kg na posição sentada e a potência de pedalada durante a prova de ciclismo. As variáveis fisiológicas incluíram a concentração de lactato sanguíneo e a frequência cardíaca. Por fim, a variável psicofisiológica foi a PSE, medida através da escala de Borg (6–20) (Borg, 1982).

O desenho metodológico definido neste estudo, ilustrado na Figura 1, permitiu comparar diretamente o impacto das duas estratégias de recuperação nas respostas mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas de cada participante. A investigação foi conduzida no Departamento de Ciências do Desporto da Universidade da Beira Interior (UBI) e no Parque Natural da Serra da Estrela, sob supervisão de dois investigadores com experiência na área do treino desportivo.

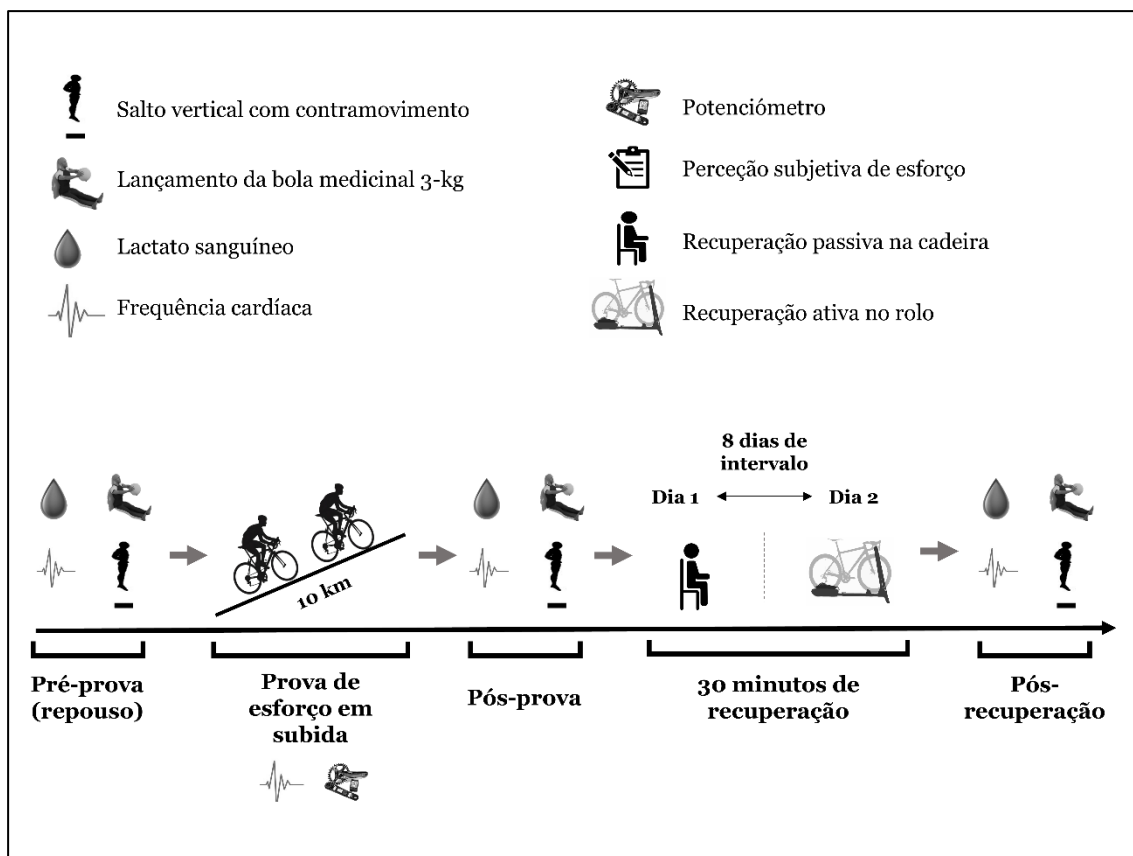


Figura 1. Ilustração dos procedimentos experimentais.

Participantes

Os critérios de inclusão estabelecidos para este estudo foram os seguintes: idade ≥ 18 anos e experiência de ciclismo de estrada ≥ 4 anos. Estes critérios garantiram que a amostra fosse composta apenas por ciclistas com experiência consolidada no ciclismo, assegurando a relevância e a fiabilidade dos resultados obtidos. Durante o processo de recrutamento e como parte do processo de caracterização inicial, cada ciclista preencheu um formulário no qual indicou a sua idade e anos de experiência na modalidade. Estes dados permitiram uma caracterização inicial da amostra e forneceram informação relevante para o controlo de variáveis individuais que poderiam influenciar os resultados. A amostra inicialmente recrutada para o presente estudo foi constituída por doze ciclistas de estrada. Contudo, três participantes não concluíram o protocolo experimental, tendo falhado a segunda sessão por motivos pessoais. Assim, a amostra final foi composta por nove ciclistas, com oito participantes do sexo masculino e um do sexo feminino. Dos nove ciclistas, três eram profissionais com elevado volume de treinos e experiência competitiva, quatro eram amadores com um volume de treino mais

reduzido face aos ciclistas profissionais e experiência competitiva na modalidade bastante inferior, um era ciclista amador com um volume de treinos muito baixo em relação a todos ou outros, e sem qualquer tipo de experiência competitiva e outro era triatleta com um bom volume de treinos e com experiência competitiva no triatlo, integrando o estudo pela sua experiência no ciclismo de estrada. No conjunto da amostra final, os participantes apresentaram uma experiência de prática de ciclismo de 8.0 ± 2.3 anos, idade de 22.1 ± 2.9 anos, massa corporal de 70.0 ± 7.9 kg, altura de 1.74 ± 0.08 m e um índice de massa corporal de 23.1 ± 3.0 kg/m².

Prova de Ciclismo e Condições de Recuperação

Os ciclistas realizaram uma prova de ciclismo em subida (cronoescalada). A distância da prova foi de 10 km, com início no Pelourinho (Covilhã, Portugal) a uma altitude de 668 m e término na Pousada da Juventude (Penhas da Saúde, Covilhã, Portugal) a uma altitude de 1500 m (Figura 2).

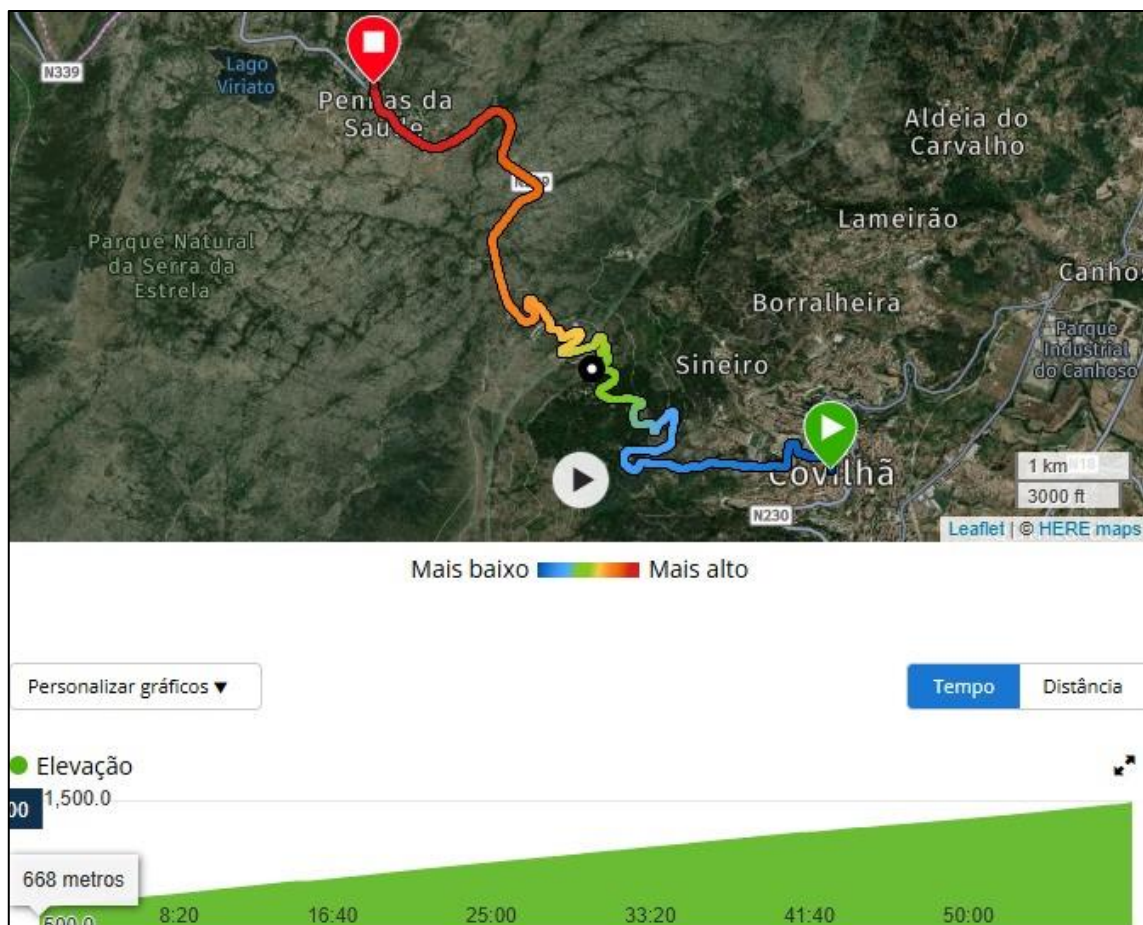


Figura 2. Ilustração da prova de ciclismo em subida (cronoescalada).

A prova de ciclismo em subida foi repetida após um intervalo de oito dias. Durante as duas provas, os ciclistas foram monitorizados continuamente através de um cardiofrequencímetro HRM-Dual (Garmin Ltd., Olathe, KS, EUA) emparelhado ao dispositivo GPS Garmin Edge 530 (Garmin Ltd., Olathe, KS, EUA), que registou a frequência cardíaca (bpm) em tempo real, e de um potenciômetro Assioma UNO (Favero Electronics Srl, Arcade, Treviso, Itália), que permitiu controlar a potência (W) produzida ao longo da subida (Figura 1). Estas medições asseguraram que a intensidade do esforço se mantivesse semelhante entre as duas provas e se possibilitasse efetuar uma análise detalhada da carga fisiológica e mecânica imposta.

Após ambas as provas de esforço e consequente medição das variáveis mecânicas, fisiológicas e psicofisiológicas, os ciclistas realizaram as condições de recuperação em dias alternados. No primeiro dia experimental, os ciclistas foram submetidos a uma recuperação passiva, cujo objetivo consistiu em permanecer em repouso completo durante 30 minutos, sentados numa cadeira, após o esforço. No segundo dia experimental, os ciclistas foram submetidos a uma recuperação ativa, cujo objetivo consistiu em pedalar durante 30 minutos num sistema de rolos estacionários (Elite), em intensidades entre os 60 e 70% da frequência cardíaca máxima prevista. Esta intensidade foi selecionada de acordo com as zonas individuais de treino, correspondendo à zona 1, que representa a intensidade mais baixa que é habitualmente associada à recuperação ativa ou ao aquecimento (Gervasi et al., 2023; Seiler & Tønnessen, 2009). A utilização do potenciômetro permitiu assegurar que a recuperação ativa decorresse dentro dos parâmetros pretendidos, sem induzir sobrecarga adicional que pudesse comprometer a recuperação fisiológica. Assim, os dados de potência contribuíram não apenas para confirmar a homogeneidade do esforço entre provas, mas também para a precisão do controlo da intensidade durante o protocolo de recuperação ativa.

Avaliação do Desempenho Mecânico

O desempenho mecânico foi avaliado através do SVC, LBM e potência de pedalada. A última variável foi apenas utilizada como indicador de desempenho mecânico durante a prova de ciclismo.

Salto vertical com contramovimento

O SVC foi utilizado para estimar a capacidade de produção de força dos membros inferiores (Bosco et al., 1983; Markovic et al., 2004). A partir da posição ereta, instruímos os ciclistas para realizarem uma rápida flexão dos joelhos a um ângulo de ~90 graus, seguida de uma rápida extensão dos mesmos e saltarem verticalmente o mais alto que conseguissem. Os ciclistas mantiveram as mãos na cintura durante todo o salto para eliminar a contribuição dos membros superiores, dado que o balanço dos braços potencia a altura do SVC (Vaverka et al., 2016). Cada ciclista realizou três repetições em cada momento de avaliação (pré-prova, pós-prova e pós-recuperação). Em cada momento, a média foi calculada e utilizada para análise. O tempo de voo do salto foi medido a partir de um sistema de medição ótica por infravermelhos (Optojump, Microgate, Bolzano, Itália) e a altura do salto (cm) foi estimada a partir de uma equação ($[9.81 \times \text{tempo de voo}^2] / 8$) (Glatthorn et al., 2011). A aplicação do SVC nestes três momentos permitiu captar com maior sensibilidade as flutuações agudas e a restituição da função neuromuscular associadas às diferentes estratégias de recuperação, dado que a performance no SVC é um indicador válido de fadiga neuromuscular após esforços de elevada intensidade (Claudino et al., 2017; Gathercole et al., 2015).

Lançamento da bola medicinal

O LBM foi avaliado com uma bola medicinal de 3 kg. Este teste é considerado válido e fiável para estimar a força dos membros superiores em atletas (Cronin & Owen, 2004; Stockbrugger & Haennel, 2003). O teste foi realizado na posição sentada, com os glúteos apoiados no chão, pernas em extensão e as costas apoiadas na parede. Os ciclistas foram instruídos a manterem o tronco em contacto com a parede de modo a eliminar o impulso do mesmo na fase de lançamento da bola e garantir que o movimento fosse executado exclusivamente com os membros superiores. Para a medição da distância do lançamento (em metros), foi utilizada uma fita métrica colocada no chão, posicionada perpendicularmente à parede e alinhada com o ponto de lançamento. Cada ciclista realizou três repetições em cada momento de avaliação (pré-prova, pós-prova e pós-recuperação), com a média a ser calculada e analisada em cada momento. Este teste foi escolhido pela sua aplicabilidade prática e por permitir uma avaliação objetiva das variações de desempenho neuromuscular ao nível dos membros superiores induzidas pela fadiga e recuperação, complementando a análise realizada através do SVC.

Potência de pedalada

A potência de pedalada durante as provas foi monitorizada através do potenciômetro da bicicleta Assioma UNO (Favero Electronics Srl, Arcade, Treviso, Itália), estando os dados sincronizados com o dispositivo GPS e permitindo um registo contínuo da intensidade do esforço ao longo da prova. A monitorização teve como principal objetivo quantificar a carga mecânica durante a subida e garantir a uniformidade da intensidade entre participantes e entre as duas provas realizadas. Os valores de potência média obtidos durante o percurso serviram como variável de comparação entre as duas provas de esforço, permitindo verificar a consistência do desempenho mecânico e confirmar que os participantes realizaram ambas as provas com níveis semelhantes de exigência.

Avaliação do Desempenho Fisiológico

O desempenho fisiológico foi avaliado através do lactato sanguíneo e da frequência cardíaca. A frequência cardíaca foi continuamente monitorizada ao longo de todas as sessões experimentais. Estes registos permitiram analisar não apenas a carga fisiológica imposta pela prova de ciclismo, mas também a resposta cardiovascular dos ciclistas em cada uma das condições de recuperação.

Lactato sanguíneo

O lactato sanguíneo foi utilizado como indicador fisiológico da resposta metabólica ao esforço e da eficácia dos diferentes métodos de recuperação, dado que a acumulação deste metabolito está diretamente relacionada com a fadiga em exercícios de alta intensidade (Beneke et al., 2011; Faude et al., 2009). Em cada momento de recolha (pré-prova, pós-prova e pós-recuperação), foi feita a extração de sangue por punção capilar no dedo indicador através de lancetas estéreis descartáveis e uma pequena amostra de sangue foi recolhida para uma tira de lactato. A seguir, a tira de lactato foi introduzida num analisador de lactato portátil (Lactate Pro 2 LT-1730, Arkay, Inc., Japão), que reportou os valores de lactatemia após 15 s de leitura. A recolha apenas era repetida em situações excecionais, quando os valores obtidos não se encontravam dentro dos intervalos expectáveis ou quando o analisador portátil registava erro de leitura. Este procedimento garantiu a fiabilidade das medições, reduzindo o desconforto dos ciclistas e assegurando a consistência dos dados recolhidos.

Frequência cardíaca

A frequência cardíaca foi monitorizada ao longo de todos os momentos com o objetivo de avaliar a intensidade do esforço e a resposta fisiológica dos participantes durante os diferentes momentos de avaliação. A recolha dos dados foi efetuada através de um cardiofrequencímetro HRM-Dual (Garmin Ltd., Olathe, KS, EUA) devidamente emparelhado ao dispositivo GPS Garmin Edge 530 (Garmin Ltd., Olathe, KS, EUA) utilizado durante a prova, permitindo o registo contínuo da frequência cardíaca em tempo real. Os dados obtidos nos diferentes momentos foram exportados e analisados posteriormente, sendo considerados os valores médios de frequência cardíaca. A monitorização contínua da frequência cardíaca permitiu assim garantir a homogeneidade da intensidade do esforço nas duas sessões experimentais, bem como avaliar de forma precisa o comportamento do sistema cardiovascular face aos diferentes métodos de recuperação.

Avaliação do Desempenho Psicofisiológico

A PSE foi utilizada como indicador psicofisiológico do nível de fadiga percebida pelos ciclistas após a prova e as condições experimentais de recuperação (Fennell & Hopker, 2021). A avaliação foi realizada com recurso à escala de Borg (6–20) (Borg, 1982), amplamente reconhecida pela sua validade e fiabilidade na medição da intensidade do esforço percebido em contextos de exercício físico (Scherr et al., 2013). Após a prova e ambas as condições de recuperação, os ciclistas reportaram a sua PSE numa escala de 6 a 20, em que 6 indica “ausência de esforço” e 20 “esforço máximo” (Borg, 1982). Este procedimento possibilitou uma análise da evolução da PSE ao longo das diferentes fases, refletindo não só a resposta imediata ao esforço, mas também a eficácia de cada tipo de recuperação na redução da perceção de fadiga. A utilização da escala de Borg (6–20) permitiu ainda estabelecer uma relação direta entre a PSE e as respostas fisiológicas observadas, nomeadamente a frequência cardíaca e a concentração de lactato sanguíneo (Scherr et al., 2013), contribuindo para uma compreensão integrada do processo de recuperação dos ciclistas.

Análise Estatística

Inicialmente, organizámos os dados no Microsoft Office Excel (v2407, Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA) e calculámos médias, desvios padrão e as percentagens de mudança do pós-prova para o pós-recuperação ($\% \Delta = ((\text{pós-}$

recuperação – pós-prova) / pós-prova) x 100) nas diferentes variáveis dependentes. Posteriormente, exportámos os dados para o programa estatístico SPSS (v27.0, IBM Corp., Armonk, NI, EUA) para serem analisados com um nível de significância estatística estabelecido em $p < 0.05$. Utilizámos o teste de Shapiro-Wilk para analisar a normalidade dos dados, a qual foi confirmada para todas as variáveis dependentes, permitindo-nos analisar os dados com recurso a testes paramétricos. A primeira análise consistiu na comparação do desempenho mecânico (distância, tempo, velocidade média [calculada através da divisão da distância pelo tempo] e potência média) e fisiológico (frequência cardíaca) durante as duas provas realizadas com recurso a um teste t de amostras emparelhadas. Em seguida, recorreremos a uma análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas, utilizando dois fatores (tempo [2 níveis: pré-prova vs. pós-prova; 3 níveis: pré-prova vs. pós-prova vs. pós-recuperação] e tipo de recuperação [2 níveis: passiva vs. ativa]), para comparar variáveis mecânicas (SVC e LBM), fisiológicas (frequência cardíaca e lactato) e psicofisiológicas (PSE) antes e após as duas provas, assim como após os tipos de recuperação. Por último, recorreremos a um teste t de amostras emparelhadas para comparar as percentagens de mudança (do pós-prova para o pós-recuperação) após os dois tipos de recuperação nas variáveis mecânicas (SVC e LBM), fisiológicas (frequência cardíaca e lactato) e psicofisiológicas (PSE). Para determinar a magnitude das diferenças estatísticas calculámos o tamanho do efeito de Hedge's g , que apresenta um fator de correção quando a amostra é inferior a 20 participantes. O tamanho do efeito foi interpretado como trivial (g : 0.00-0.19), pequeno (g : 0.20-0.59), moderado (g : 0.60-1.19), grande (g : 1.20-1.99), muito grande (g : 2.00-3.99) e extremamente grande ($g > 4.00$) (Hopkins et al., 2009). Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão e percentagem (%). As figuras com os dados estatísticos foram originadas no programa GraphPad Prism (v7, GraphPad Inc., San Diego, CA, EUA).

Resultados

Caracterização do desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico das duas provas

A Tabela 1 indica que não houve diferenças significativas ($p \geq 0.05$) ao longo das duas provas no desempenho mecânico (distância, tempo, velocidade média e potência média) e fisiológico (frequência cardíaca média), com os tamanhos do efeito a revelarem diferenças triviais e pequenas.

Tabela 1. Desempenho mecânico e fisiológico ao longo das duas provas.

Variáveis	Prova dia 1	Prova dia 2	Valor de p	Tamanho do efeito (interpretação)
Mecânicas				
Distância (m)	10474.4 ± 176.5	10496.7 ± 195.3	0.746	0.114 (trivial)
Tempo (s)	2930.0 ± 568.8	2926.4 ± 518.4	0.887	0.006 (trivial)
Velocidade média de pedalada (m·s ⁻¹) *	3.69 ± 0.69	3.69 ± 0.66	0.930	0.003 (trivial)
Potência média de pedalada (W)	255.9 ± 57.8	260.9 ± 53.5	0.390	0.086 (trivial)
Fisiológicas				
Frequência cardíaca média (bpm)	173.6 ± 6.8	174.8 ± 4.6	0.550	0.204 (pequeno)

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão. * Velocidade média calculada através da divisão da distância total percorrida pelo tempo total gasto na prova.

A Figura 3 demonstra que não houve diferenças significativas durante as duas provas em todos os valores de frequência cardíaca média registrados em cada quilômetro percorrido e praticamente em todos os valores de potência média de pedalada, exceto na potência média ao quilômetro 6-7, registrando-se uma diferença significativa entre provas (diferença de ~18 W), embora com um tamanho do efeito pequeno.

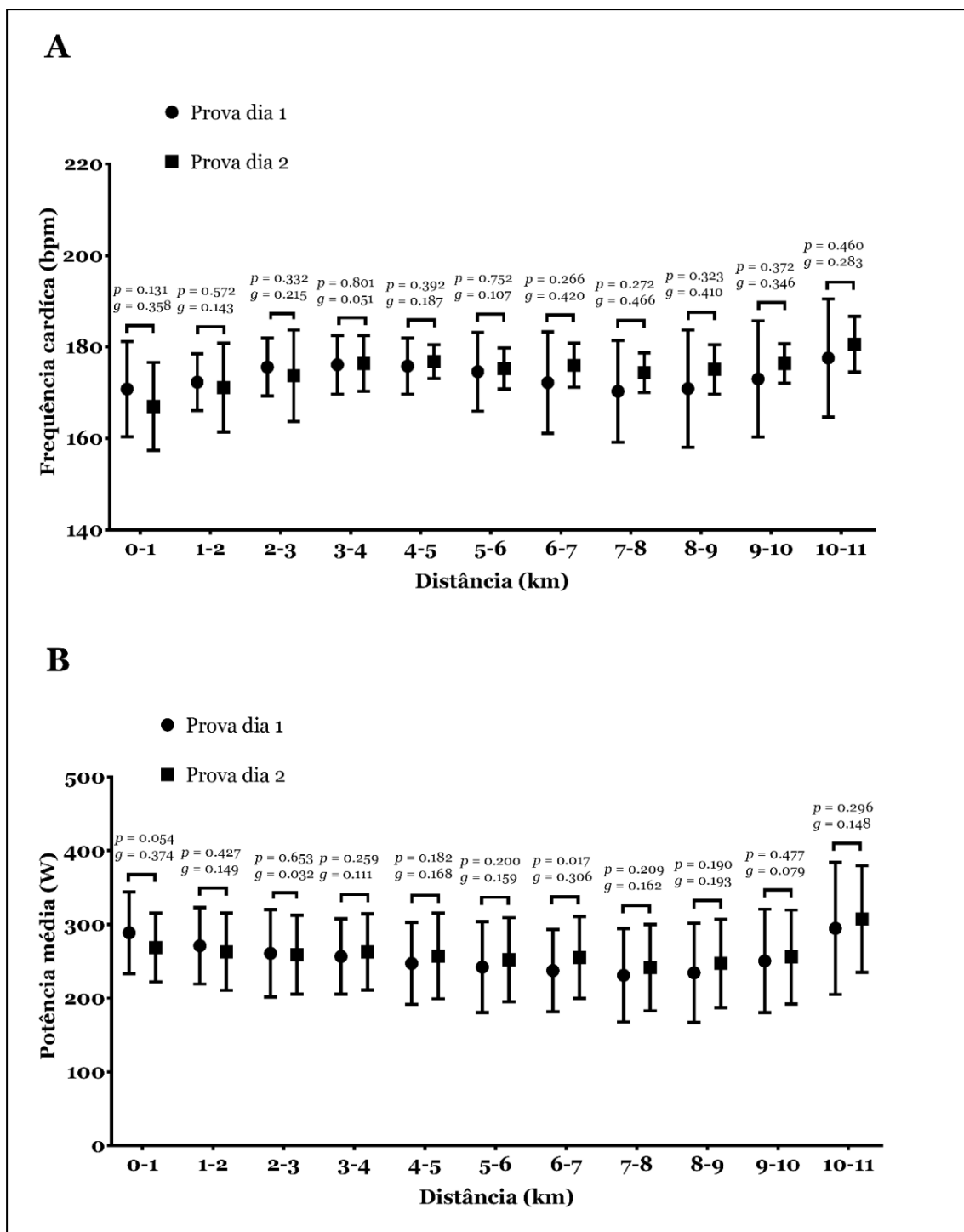


Figura 3. Variação da frequência cardíaca média (A) e potência média de pedalada (B) ao longo de cada quilômetro da etapa.

No que diz respeito à comparação entre provas nas variáveis medidas antes e após a prova, a Tabela 2 indica uma diferença significativa entre as duas provas nos valores de frequência cardíaca obtidos antes da prova (diferença de ~4 bpm), embora com um tamanho do efeito pequeno. Para as restantes variáveis medidas antes e após as duas

provas, não se registaram diferenças significativas entre provas. A Tabela 2 permite ainda verificar que em ambas as provas o lactato sanguíneo e a frequência cardíaca aumentaram significativamente ($p < 0.001$) do pré para o pós-prova.

Tabela 2. Desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico antes e após as duas provas.

Variáveis	Prova dia 1	Prova dia 2	Valor de p	Tamanho do efeito (interpretação)
Mecânicas				
SVC pré-prova (cm)	31.7 ± 4.3	31.9 ± 3.4	0.827	0.053 (trivial)
SCV pós-prova (cm)	30.4 ± 4.7	30.1 ± 3.0	0.795	0.058 (trivial)
LBM pré-prova (m)	4.4 ± 0.7	4.5 ± 0.5	0.216	0.203 (pequeno)
LBM pós-prova (m)	4.3 ± 0.6	4.3 ± 0.5	0.469	0.099 (trivial)
Fisiológicas				
Lactato pré-prova (mmol/L)	2.3 ± 0.6	2.1 ± 0.6	0.252	0.351 (pequeno)
Lactato pós-prova (mmol/L)	12.8 ± 2.5 *	13.1 ± 2.5 *	0.730	0.101 (trivial)
FC pré-prova (bpm)	50.2 ± 7.1	54.2 ± 8.1	0.016	0.500 (pequeno)
FC pós-prova (bpm)	186.4 ± 7.1 *	184.7 ± 5.7 *	0.334	0.262 (pequeno)
Psicofisiológicas				
PSE pós-prova (6-20)	18.8 ± 1.5	19.1 ± 1.1	0.195	0.247 (pequeno)

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão. * diferenças significativas ($p < 0.001$) do pré para o pós-prova. Valores a negrito denotam diferenças significativas. FC: frequência cardíaca; LBM: lançamento da bola medicinal; PSE: percepção subjetiva de esforço; SVC: salto vertical com contramovimento.

Comparação do desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico após a recuperação passiva e ativa

A Tabela 3 indica diferenças significativas entre os dois tipos de recuperação no SVC (efeito moderado que favorece a condição de recuperação ativa), LBM (efeito pequeno que favorece a condição de recuperação ativa), lactato sanguíneo (efeito muito grande que favorece a condição de recuperação ativa) e frequência cardíaca (efeito muito grande que favorece a recuperação passiva). Além disso, verifica-se ainda que ambos os tipos de recuperação foram eficazes na diminuição significativa do lactato, frequência cardíaca e PSE. A Figura 4, que compara a percentagem de mudança do pós-prova para o pós-recuperação entre os dois tipos de recuperação, reforça as diferenças entre a recuperação

ativa e passiva, com a primeira a ter um maior efeito na melhoria das variáveis mecânicas e diminuição do lactato sanguíneo, enquanto a última a ter um maior efeito na diminuição da frequência cardíaca.

Tabela 3. Desempenho mecânico, fisiológico e psicofisiológico após os dois tipos de recuperação.

Variáveis	Prova dia 1 + Recuperação passiva	Prova dia 2 + Recuperação ativa	Valor de <i>p</i>	Tamanho do efeito (interpretação)
Mecânicas				
SVC pós-prova (cm)	30.4 ± 4.7	30.1 ± 3.0	0.795	0.058 (trivial)
SVC pós-recuperação (cm)	28.0 ± 4.3	31.5 ± 3.8	0.002	0.803 (moderado)
LBM pós-prova (m)	4.3 ± 0.6	4.3 ± 0.5	0.469	0.099 (trivial)
LBM pós-recuperação (m)	4.2 ± 0.5	4.4 ± 0.5	0.036	0.482 (pequeno)
Fisiológicas				
Lactato pós-prova (mmol/L)	12.8 ± 2.5	13.1 ± 2.5	0.730	0.101 (trivial)
Lactato pós-recuperação (mmol/L)	5.9 ± 1.4 *	2.0 ± 0.5 *	< 0.001	3.593 (muito grande)
FC pós-prova (bpm)	186.4 ± 7.1	184.7 ± 5.7	0.334	0.262 (pequeno)
FC pós-recuperação (bpm)	84.6 ± 9.7 *	121.4 ± 9.9 *	< 0.001	3.576 (muito grande)
Psicofisiológicas				
PSE pós-prova (6-20)	18.8 ± 1.5	19.1 ± 1.1	0.195	0.247 (pequeno)
PSE pós-recuperação (6-20)	11.2 ± 3.3 *	9.7 ± 2.5 *	0.244	0.502 (pequeno)

Os dados são apresentados como média ± desvio padrão. * diferenças significativas ($p < 0.001$) do pós-prova para o pós-recuperação. Valores a negrito denotam diferenças significativas. FC: frequência cardíaca; LBM: lançamento da bola medicinal; PSE: percepção subjetiva de esforço; SVC: salto vertical com contramovimento.

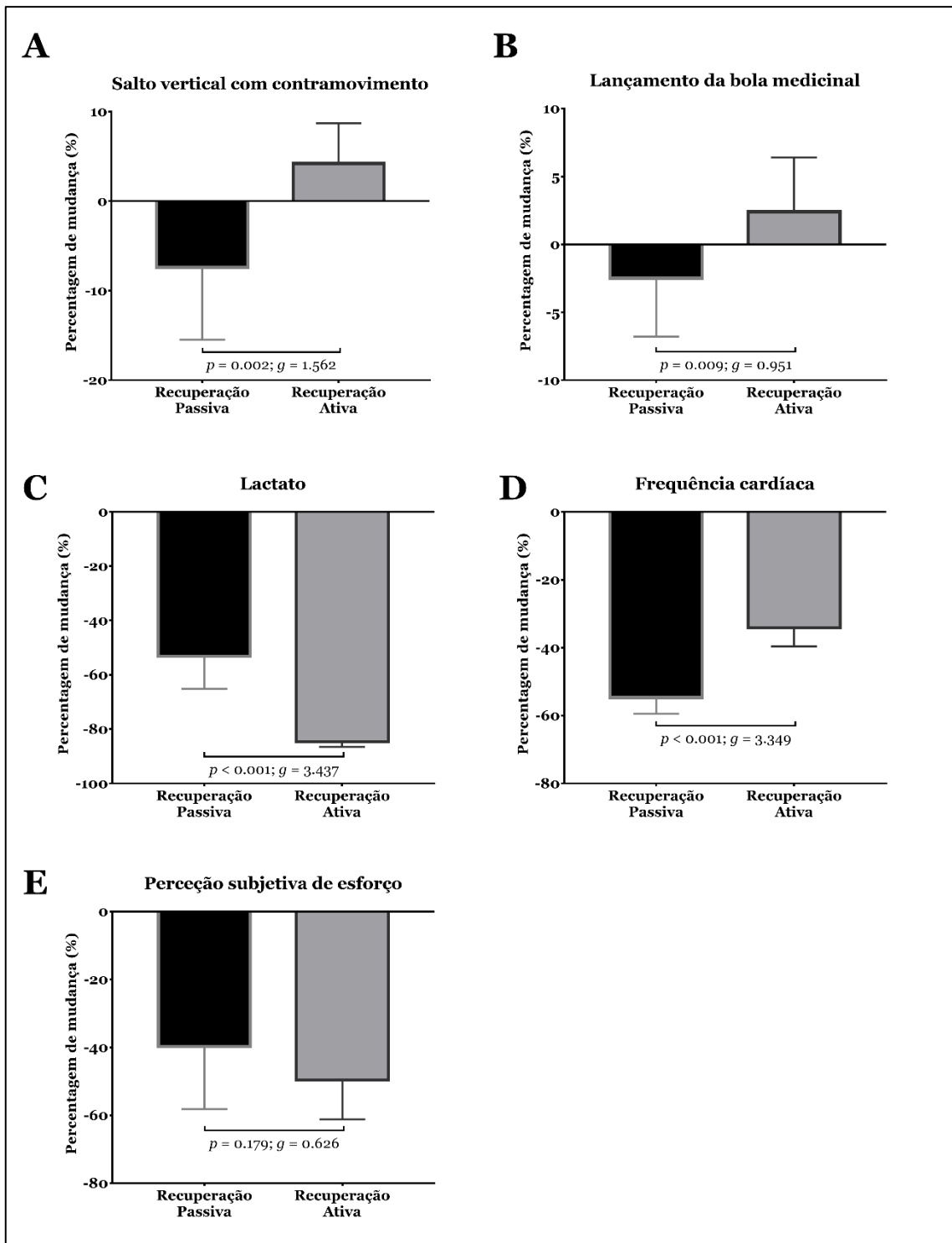


Figura 4. Comparação da percentagem de mudança do pós-prova para o pós-recuperação entre a recuperação passiva e recuperação ativa no salto vertical (A), lançamento da bola medicinal (B), lactato sanguíneo (C), frequência cardíaca (D) e percepção subjetiva de esforço (E). *g*: tamanho do efeito de Hedge's *g*; *p*: valor de significância estatística.

Discussão

O presente trabalho de investigação teve com objetivo principal comparar os efeitos de dois tipos de recuperação, ativa vs. passiva, imediatamente após uma prova de ciclismo em subida (cronoescalada). Para esse propósito, analisaram-se as respostas mecânicas (i.e., SVC e LBM), fisiológicas (i.e., frequência cardíaca e lactato sanguíneo) e psicofisiológicas (i.e., PSE) após 30 minutos de recuperação ativa ou passiva. Para além disso, o desempenho mecânico e fisiológico entre condições foi monitorizado através de variáveis usualmente utilizadas no ciclismo, como o tempo, velocidade, potência de pedalada e frequência cardíaca durante a etapa. Os principais resultados deste estudo demonstraram a existência de diferenças significativas entre as estratégias de recuperação utilizadas, com a ativa a apresentar efeitos favoráveis no SVC, LBM e lactato sanguíneo, enquanto a passiva foi superior na diminuição da frequência cardíaca. Adicionalmente, importa referir que ambas as estratégias de recuperação promoveram reduções significativas no lactato sanguíneo, frequência cardíaca e PSE. A não existência de diferenças entre o rendimento mecânico e as respostas fisiológicas e psicofisiológicas durante as duas provas de ciclismo, permitem uma comparação válida entre condições de recuperação. De forma geral, a recuperação ativa a pedalar no sistema de rolos estáticos durante 30 minutos a baixa intensidade destacou-se por potenciar melhorias nas variáveis mecânicas e na remoção de lactato sanguíneo, evidenciando-se como uma estratégia eficaz após esforços intensos no ciclismo.

Desempenho mecânico e fisiológico durante as provas

Os resultados deste estudo demonstraram que não houve diferenças significativas entre as duas provas de ciclismo no desempenho mecânico e fisiológico, incluindo a distância total percorrida, tempo total, velocidade e potência de pedalada e frequência cardíaca. Estes dados reforçam que ambas as provas de ciclismo em subida foram executadas sob condições de esforço equivalentes, garantindo a fiabilidade e comparabilidade dos dois protocolos experimentais. Além disso, a manutenção dos mesmos valores de potência de pedalada e frequência cardíaca entre provas reforça a consistência do desempenho dos participantes e sugere que o intervalo de recuperação de oito dias entre os testes foi suficiente para permitir uma completa restituição das capacidades fisiológicas, evitando efeitos residuais da fadiga. Resultados semelhantes foram reportados por Kumstát et al. (2019), que observaram elevada estabilidade fisiológica em ciclistas submetidos a

protocolos repetidos de alta intensidade quando respeitados intervalos adequados de recuperação entre sessões experimentais.

Efeitos da recuperação ativa e passiva

A comparação entre os dois tipos de recuperação – ativa vs. passiva – revelou diferenças significativas nas respostas mecânicas e fisiológicas. A recuperação ativa resultou em melhorias mais expressivas no SVC e no LBM, bem como numa redução mais acentuada dos valores de lactato sanguíneo. Por outro lado, a recuperação passiva apresentou maior eficácia na diminuição da frequência cardíaca durante o período de repouso.

Estes resultados estão alinhados com evidências prévias que indicam a recuperação ativa como mais eficiente na diminuição da lactatemia e na recuperação metabólica após esforços de elevada intensidade (Argus et al., 2013; Beneke et al., 2011; Faude et al., 2009; Fujita et al., 2009). O aumento do fluxo sanguíneo durante exercícios de recuperação com intensidades leves facilita o transporte do lactato para tecidos oxidativos, onde é metabolizado como fonte energética, num mecanismo conhecido como *lactate shuttle* (Brooks, 2000). Assim, o movimento contínuo em intensidade leve parece contribuir para uma recuperação metabólica mais completa, reduzindo a acidose muscular (aumento do pH), aumentando a contribuição do sistema aeróbio e favorecendo a restituição da função contrátil (Fujita et al., 2009).

Os ganhos observados nas variáveis de desempenho mecânico após a recuperação ativa reforçam igualmente esta interpretação. Fujita et al. (2009) demonstraram que após esforços de alta intensidade na bicicleta, uma recuperação ativa de 20 minutos a pedalar a uma intensidade leve (50% do limiar ventilatório) produziu maiores efeitos no desempenho mecânico (maior trabalho total realizado) do que a recuperação passiva (sentados na cadeira). Estudos como os de Claudino et al. (2017) e Gathercole et al. (2015) demonstraram que o desempenho no SVC é um marcador sensível da fadiga neuromuscular e da recuperação muscular. No presente estudo, as melhorias de desempenho no SVC e no LBM após a recuperação ativa indicam uma recuperação mais eficaz da capacidade de produção de força de forma rápida, provavelmente relacionada com o aumento do fluxo de oxigénio (maior contribuição aeróbio) e remoção de iões H⁺ (diminuição da acidose metabólica) acumulados durante o esforço intenso (Beneke et al., 2011).

Respostas cardiovasculares e percepção subjetiva

A diminuição mais acentuada da frequência cardíaca durante a condição de recuperação passiva indica uma maior eficiência no retorno ao repouso, corroborando os resultados de Andriana et al. (2022), que verificaram uma redução significativa da frequência cardíaca e da temperatura corporal em participantes submetidos a estratégias passivas após o exercício aeróbio. Contudo, esta redução não se traduziu em melhorias nas variáveis mecânicas, sugerindo que o repouso completo pode ser benéfico apenas para o sistema cardiovascular, mas não necessariamente para a função muscular.

Ambas as estratégias de recuperação induziram reduções significativas na PSE nos ciclistas do presente estudo, indicando que, do ponto de vista psicofisiológico, ambas proporcionaram uma maior percepção de recuperação. Contudo, a ligeira vantagem observada após a estratégia de recuperação ativa poderá estar relacionada com o efeito positivo do movimento contínuo sobre o bem-estar psicológico e a sensação de prontidão (Barnett, 2006; Draper et al., 2006; Dupont et al., 2004).

Interpretação dos resultados à luz da literatura

De forma global, os resultados do presente estudo corroboram a maioria das investigações que apontam a recuperação ativa como o método mais eficaz para acelerar os processos de recuperação metabólica e neuromuscular após esforços de elevada intensidade (Argus et al., 2013; Kumstát et al., 2019; Richard & Koehle, 2019). As evidências destacam que, em contextos de treino ou competição com curtos intervalos entre provas, a realização de exercícios aeróbios de intensidade leve potencia a remoção de metabolitos, melhora a oxigenação muscular e preserva a capacidade de desempenho mecânico (i.e., diminui o risco de maior dano muscular) (Huang et al., 2025; Tomlin & Wenger, 2001; Tufano et al., 2012).

Por outro lado, investigações como a de Spencer et al. (2006) sugerem que, em exercícios intermitentes de curtíssima duração e alta intensidade, a recuperação ativa pode limitar a ressíntese de fosfocreatina, comprometendo o desempenho subsequente. Contudo, este efeito é específico para recuperações de curta duração (< 30 segundos) e não é aplicável ao protocolo do presente estudo, que incluiu 30 minutos de recuperação. As diferenças observadas entre estudos podem dever-se a variáveis metodológicas como duração da recuperação, intensidade do exercício ativo, nível de treino dos participantes e tipo de esforço anterior. No presente estudo, a combinação de um período prolongado de recuperação a uma intensidade leve parece ter sido determinante para potenciar os

efeitos benéficos da recuperação ativa, tal como defendido por Dupont et al. (2004) e Bishop et al. (2008).

Implicações práticas

Os resultados obtidos apresentam implicações diretas para o treino e competição em ciclismo de estrada. A recuperação ativa, realizada a baixa intensidade durante aproximadamente 30 minutos, mostrou-se mais eficaz na restauração da função mecânica e na diminuição da lactatemia, sendo especialmente útil entre etapas consecutivas, treinos intervalados ou provas em dias sucessivos. Já a recuperação passiva poderá ser preferível em situações de fadiga extrema ou quando o objetivo é promover um repouso autonómico completo, nomeadamente em períodos de descanso prolongado. Assim, a escolha do tipo de recuperação deve considerar o contexto competitivo, o tempo disponível e os objetivos específicos de desempenho.

Limitações e considerações finais

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas. A amostra foi composta por apenas nove ciclistas, com diferentes níveis de prática (profissionais, amadores competitivos e amadores), o que pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, fatores externos não controláveis, como a temperatura, altitude e variações individuais no ritmo circadiano podem ter influenciado as respostas fisiológicas. Apesar destas limitações, os resultados são consistentes com a literatura e contribuem para a compreensão prática e científica dos efeitos das estratégias de recuperação no ciclismo de estrada, reforçando a importância de protocolos de recuperação ativo para otimizar o desempenho específico de competição e reduzir a fadiga muscular em contextos de elevada exigência física.

Conclusão

Em síntese, os resultados deste estudo cruzado indicam que a implementação de uma estratégia de recuperação ativa (i.e., pedalar num sistema de rolos durante 30 minutos a baixa intensidade) após um prova de ciclismo em subida (cronoescalada), contribui para um maior aumento do desempenho mecânico (i.e., no salto vertical e lançamento da bola) e diminuição da lactatemia do que uma estratégia de recuperação passiva. Por outro lado, a recuperação passiva contribuiu para uma maior diminuição da frequência cardíaca do que a recuperação ativa. Assim, estes resultados sugerem que a recuperação ativa pode ser uma estratégia particularmente relevante entre etapas consecutivas, treinos intervalados ou provas em dias sucessivos, enquanto a recuperação passiva pode ser aconselhável em fases competitivas cujo objetivo consiste em promover um repouso autonómico completo.

Referências Bibliográficas

- Alba-Jiménez, C., Moreno-Doutres, D., & Peña, J. (2022). Trends Assessing Neuromuscular Fatigue in Team Sports: A Narrative Review. *Sports*, 10(3), 33. <https://doi.org/10.3390/sports10030033>
- Andriana, L. M., Ratna Sundari, L. P., Muliarta, I. M., Ashadi, K., & Nurdianto, A. R. (2022). Active recovery is better than passive recovery to optimizing post-exercise body recovery. *Jurnal SPORTIF : Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 8(1), 59–80. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v8i1.17685
- Argus, C. K., Driller, M. W., Ebert, T. R., Martin, D. T., & Halson, S. L. (2013). The Effects of 4 Different Recovery Strategies on Repeat Sprint-Cycling Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(5), 542–548. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.5.542>
- Barnett, A. (2006). Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes: Does it Help? *Sports Medicine*, 36(9), 781–796. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636090-00005>
- Beneke, R., Leithäuser, R. M., & Ochentel, O. (2011). Blood Lactate Diagnostics in Exercise Testing and Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 8–24. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.1.8>
- Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery From Training: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 1015–1024. <https://doi.org/10.1519/JSC.obo13e31816eb518>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273–282. <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Braun-Trocchio, R., Graybeal, A. J., Kreutzer, A., Warfield, E., Renteria, J., Harrison, K., Williams, A., Moss, K., & Shah, M. (2022). Recovery Strategies in Endurance Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(1), 22. <https://doi.org/10.3390/jfmk7010022>

- Brooks, G. A. (2000). Intra- and extra-cellular lactate shuttles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(4), 790–799. <https://doi.org/10.1097/00005768-200004000-00011>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cronin, J. B., & Owen, G. J. (2004). Upper-Body Strength and Power Assessment in Women Using a Chest Pass. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 401–404. <https://doi.org/10.1519/12072.1>
- Draper, N., Bird, E. L., Coleman, I., & Hodgson, C. (2006). Effects of Active Recovery on Lactate Concentration, Heart Rate and RPE in Climbing. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(1), 97–105.
- Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S., & Berthoin, S. (2004). Passive versus Active Recovery during High-Intensity Intermittent Exercises: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(2), 302–308. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000113477.11431.59>
- Duque-Vera, I. L., Urrutia-Illera, I. Ma., & Ramírez-Forero, B. I. (2022). Comparison of active and passive recovery using local heat in lactate removal in cyclists. *Journal for the Study of Sports and Athletes in Education*, 16(3), 277–289. <https://doi.org/10.1080/19357397.2022.2043108>
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Medicine*, 39(6), 469–490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Fennell, C. R. J., & Hopker, J. G. (2021). The acute physiological and perceptual effects of recovery interval intensity during cycling-based high-intensity interval training. *European Journal of Applied Physiology*, 121(2), 425–434. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04535-x>
- Fujita, Y., Koizumi, K., Sukeno, S., Manabe, M., & Nomura, J. (2009). Active recovery effects by previously inactive muscles on 40-s exhaustive cycling. *Journal of Sports Sciences*, 27(11), 1145–1151. <https://doi.org/10.1080/02640410903229279>
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular

- fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2522–2531.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>
- Gervasi, M., Fernández-Peña, E., Patti, A., Benelli, P., Sisti, D., Padulo, J., & Boullosa, D. (2023). Moderate intensity active recovery improves performance in a second wingate test in cyclists. *Heliyon*, 9(7), e18168.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18168>
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for Estimating Vertical Jump Height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 556–560. <https://doi.org/10.1519/JSC.ob013e3181ccb18d>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3–12.
<https://doi.org/10.1249/MSS.ob013e31818cb278>
- Huang, T., Liang, Z., Wang, K., Miao, X., & Zheng, L. (2025). Novel insights into athlete physical recovery concerning lactate metabolism, lactate clearance and fatigue monitoring: A comprehensive review. *Frontiers in Physiology*, 16, 1459717.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1459717>
- Jeukendrup, A. E., & Martin, J. (2001). Improving Cycling Performance: How Should We Spend Our Time and Money. *Sports Medicine*, 31(7), 559–569.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200131070-00009>
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240–245.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759>
- Kumstát, M., Struhár, I., Hlinský, T., & Thomas, A. (2019). Effects of immediate post-exercise recovery after a high intensity exercise on subsequent cycling performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 14(2).
<https://doi.org/10.14198/jhse.2019.142.12>
- Li, S., Kempe, M., Brink, M., & Lemmink, K. (2024). Effectiveness of Recovery Strategies After Training and Competition in Endurance Athletes: An Umbrella Review. *Sports Medicine - Open*, 10(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00724-6>

- Li, X., Yang, Y., Zhang, B., Lin, X., Fu, X., An, Y., Zou, Y., Wang, J.-X., Wang, Z., & Yu, T. (2022). Lactate metabolism in human health and disease. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1), 305. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01151-3>
- Lucertini, F., Gervasi, M., D'Amen, G., Sisti, D., Rocchi, M. B. L., Stocchi, V., & Benelli, P. (2017). Effect of water-based recovery on blood lactate removal after high-intensity exercise. *PLOS ONE*, 12(9), e0184240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184240>
- MacRae, H. S., Dennis, S. C., Bosch, A. N., & Noakes, T. D. (1992). Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 72(5), 1649–1656. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.72.5.1649>
- Madueno, M. C., Guy, J. H., Dalbo, V. J., & Scanlan, A. T. (2019). A systematic review examining the physiological, perceptual, and performance effects of active and passive recovery modes applied between repeated-sprints. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09188-0>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551–555. <https://doi.org/10.1519/00124278-200408000-00028>
- Martínez-Gómez, R., Valenzuela, P. L., Lucia, A., & Barranco-Gil, D. (2022). Comparison of Different Recovery Strategies After High-Intensity Functional Training: A Crossover Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Physiology*, 13, 819588. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.819588>
- Monedero, J. & Donne. (2000). Effect of Recovery Interventions on Lactate Removal and Subsequent Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 21(8), 593–597. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8488>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Physiological and Performance Characteristics of Male Professional Road Cyclists: *Sports Medicine*, 31(7), 479–487. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131070-00003>
- Rey, E., Lago-Peñas, C., Casáis, L., & Lago-Ballesteros, J. (2012). The Effect of Immediate Post-Training Active and Passive Recovery Interventions on Anaerobic Performance and Lower Limb Flexibility in Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 31(2012), 121–129. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0013-9>

- Richard, N. A., & Koehle, M. S. (2019). Optimizing recovery to support multi-evening cycling competition performance. *European Journal of Sport Science*, 19(6), 811–823. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1560506>
- Sánchez-Otero, T., Tuimil, J. L., Boullosa, D., Varela-Sanz, A., & Iglesias-Soler, E. (2022). Active vs. Passive recovery during an aerobic interval training session in well-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 122(5), 1281–1291. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04926-2>
- Sanders, D., & Van Erp, T. (2021). The Physical Demands and Power Profile of Professional Men’s Cycling Races: An Updated Review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(1), 3–12. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0508>
- Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J. W., Pressler, A., Wagenpfeil, S., & Halle, M. (2013). Associations between Borg’s rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 147–155. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2421-x>
- Seiler, S., & Tønnessen, E. (2009). Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sports Science*, 13(1), 32–53.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Duffield, R. (2006). Metabolism and Performance in Repeated Cycle Sprints: Active versus Passive Recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(8), 1492–1499. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000228944.62776.a7>
- Stockbrugger, B. A., & Haennel, R. G. (2003). Contributing Factors to Performance of a Medicine Ball Explosive Power Test: A Comparison Between Jump and Nonjump Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 768–774.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1), 1–11. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00001>
- Tufano, J. J., Brown, L. E., Coburn, J. W., Tsang, K. K. W., Cazas, V. L., & LaPorta, J. W. (2012). Effect of Aerobic Recovery Intensity on Delayed-Onset Muscle Soreness and Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2777–2782. <https://doi.org/10.1519/JSC.obo13e3182651c06>
- Vaverka, F., Jandačka, D., Zahradník, D., Uchytíl, J., Farana, R., Supej, M., & Vodičar, J. (2016). Effect of an Arm Swing on Countermovement Vertical Jump Performance

in Elite Volleyball Players: FINAL. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 41–50.
<https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0009>

Watkins, C. M., Barillas, S. R., Wong, M. A., Archer, D. C., Dobbs, I. J., Lockie, R. G., Coburn, J. W., Tran, T. T., & Brown, L. E. (2017). Determination of Vertical Jump as a Measure of Neuromuscular Readiness and Fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3305–3310.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002231>

Zouhal, H., Abderrahman, A. B., Jayavel, A., Hackney, A. C., Laher, I., Saeidi, A., Rhibi, F., & Granacher, U. (2024). Effects of Passive or Active Recovery Regimes Applied During Long-Term Interval Training on Physical Fitness in Healthy Trained and Untrained Individuals: A Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00673-0>