

Efeitos da alimentação com restrição de tempo no desempenho supramáximo de exercícios e na composição corporal: um estudo cruzado randomizado

Autores

Joana M. Correia^{1,2}; Inês Santos^{3,4}; Pedro Pezarat-Correia^{1,2}; Cláudia Minderico²; Brad J. Schoenfeld⁵; Gonçalo V. Mendonça^{1,2}

joanacorreia-19@live.com.pt

Resumo

Existem dados limitados sobre a interação entre alimentação com restrição de tempo (ART) e desempenho supramáximo ao exercício. Usando um desenho experimental cruzado, explorámos os efeitos de uma ART de curto e longo prazo vs dieta regular no desempenho e composição corporal no teste de Wingate (WnT) em homens jovens bem treinados. Foram incluídos 12 estudantes de educação física saudáveis (idade: $22,4 \pm 2,8$ anos). A ordem da dieta foi randomizada e contrabalançada, e todos os participantes serviram como seus próprios controlos. A ART foi prescrita para uma janela de alimentação de 8 horas e a não-ART envolveu um padrão alimentar normal. Os participantes realizaram testes WnT e medições de composição corporal no início do estudo, após 1 e 4 semanas da dieta designada. Antes do teste, os participantes foram solicitados a preencher diários alimentares de 4 dias consecutivos. Eles também foram solicitados a continuar os seus treinos habituais durante o estudo. A ingestão de energia e a distribuição de macronutrientes foram semelhantes na linha de base em ambas as condições. A potência média (PM) do WnT e a produção total de trabalho aumentaram após 4 semanas de ART ($p < 0,05$). Ambas as condições foram igualmente eficazes no aumento da massa isenta de gordura (MIG) após 4 semanas de intervenção ($p < 0,05$). No entanto, não houve correlação entre o Δ MIG e a PM do WnT após ART. Finalmente, após 1 semana de intervenção, nenhuma das condições foi eficaz em provocar quaisquer mudanças no desempenho do WnT ou na composição corporal.

¹ Laboratório de Investigação Neuromuscular, Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa

² CIPER - Centro Interdisciplinar de Estudo da Performance Humana

³ Faculdade de Educação Física e Desporto, Universidade Lusófona

⁴ Laboratório de Nutrição, Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa

⁵ Department of Health Sciences, CUNY Lehman College, Bronx, New York

A ART de longo prazo, mas não de curto prazo, pode ser usada em combinação com o treino regular para melhorar o desempenho supramáximo de exercícios em homens jovens e bem treinados. As melhorias secundárias à ART também são extensivas a um ligeiro aumento na MIG, mas isso não está relacionado com a melhoria no desempenho do teste de WnT.

Palavras-chave: Jejum intermitente, Teste de Wingate, Composição corporal, Treino

Pontos chave:

1. Embora 4 semanas de alimentação com restrição de tempo (ART) possam ser usadas em combinação com o treino regular para melhorar o desempenho muscular durante o exercício supramáximo, isso não ocorre após 1 semana de intervenção.
2. As melhorias no desempenho supramáximo de exercícios após 4 semanas de ART não estão associadas a mudanças na massa isenta de gordura (MIG).

Introdução

O jejum é caracterizado pela abstinência voluntária da ingestão alimentar por uma determinada janela temporal, com/sem restrição calórica (RC) ¹. Esta abordagem é distinta da RC, onde o aporte calórico diário é reduzido em 15 a 40%, mantendo a frequência das refeições ². Jejum intermitente (JI) é um termo que abrange muitas definições que vão desde a restrição absoluta ou parcial na ingestão de energia, até a ingestão *ad libitum*. Pode ser prescrito por períodos variados (12 h ou mais) durante o dia e pode ou não envolver a abstinência alimentar durante a noite (Ramadão vs. JI não Ramadão) ³. Nos últimos anos, um foco em várias formas de JI surgiu na literatura científica⁴. A ART é uma forma de JI que recentemente ganhou grande popularidade porque abrange uma alternância cíclica viável entre refeições e jejum diário (de 12 a 21 h / dia) ³.

Muitos atletas restringem voluntariamente a sua ingestão de energia para atingir uma categoria específica de massa corporal (MC), quando pretendem atingir uma melhor relação entre força e MC para melhorar o desempenho ⁵. O treino e o JI são duas estratégias eficazes para reduzir a massa gorda (MG) por meio de lipólise aumentada tanto no tecido adiposo quanto no muscular ⁶. Isso é importante para os atletas, pois eles precisam controlar a sua CC para otimizar o equilíbrio entre a MG e

a MIG³. O desempenho no teste de Wingate (WnT) demonstrou ser altamente dependente da libertação de energia em processos anaeróbios e aeróbios^{7,8}. Sabe-se também que a contribuição relativa do suprimento de energia anaeróbia e aeróbia para a saída de potência do WnT varia em função da especialização desportiva⁷ e do horário⁹. Além da resistência aeróbia e da capacidade anaeróbia, uma alta relação potência/MC é importante durante o WnT¹⁰. Um alto nível de desempenho no teste de WnT é desejável porque prevê tempos realistas em distâncias de corrida de 100, 200 e 400 m¹¹. Em atletas do sexo feminino, também se relaciona com o desempenho na corrida de 800 m, mas não em distâncias maiores¹². Infelizmente, o impacto crônico do JI no desempenho durante o teste de WnT só foi estudado no contexto de RC e no Ramadão. Em ambas, o JI mostrou prejudicar o desempenho no teste de WnT^{13,14}. Apesar de pertinentes, esses achados não podem ser extrapolados para abordagens alternativas de JI, como aquelas que não envolvem uma RC obrigatória ou desidratação¹⁵. Além disso, dados meta-analíticos recentes mostraram claramente o impacto diferencial do Ramadão vs. JI não-Ramadão no desempenho físico¹⁶. Assim, o nosso principal objetivo foi investigar os efeitos da ART de longo prazo sem RC no desempenho do teste de WnT em jovens saudáveis e fisicamente ativos. Comparámos as mudanças na potência de saída do teste de WnT após 4 sem de ART e sem ART, combinado com o treino físico. Além disso, com o objetivo de explorar se os efeitos da ART no desempenho do WnT são mediados por alterações na CC, também avaliámos mudanças na MG e na MIG. A nossa hipótese é que o regime ART leva a uma maior perda de MG e melhorias no desempenho anaeróbio vs. um padrão alimentar regular.

Métodos

Doze estudantes de educação física do sexo masculino, com pressão arterial normal (todos $\leq 120/80$ mmHg) e que não tomavam nenhum medicamento, iniciaram este estudo cruzado¹⁷. Todos eles acumulavam 9 h de atividade física semanal como parte de seu trabalho acadêmico. A inclusão foi limitada a participantes com mais de 3 anos de experiência contínua e participação atual em treino de força e potência (frequência de treino de 3 x/sem). O consentimento informado por escrito de todos os participantes foi obtido antes do ingresso no estudo, que foi aprovado pelo comitê de

ética da FMH (CEFMH N°12 / 2018) e conduzido de acordo com a Declaração de Helsinquia. Altura e PA (Tango SunTech Medical Morrisville, NC) foram medidos no início do estudo. Os critérios de exclusão adicionais incluíram tabagismo ativo, doença metabólica, cardiovascular, distúrbios respiratórios e problemas ortopédicos.

A Fig 1 mostra o desenho experimental do presente estudo. Os participantes foram avaliados ao longo de várias visitas diferentes aproximadamente à mesma hora do dia (entre as 6 e as 8h). As medidas foram tomadas antes e após 4 sem de cada intervenção dietética (ART vs. não ART) e os participantes serviram como seus próprios controlos. A ordem da dieta foi randomizada e contrabalançada. Cinco participantes iniciaram com a intervenção não-ART e 7 com a ART. Para examinar os efeitos de curto prazo do ART, todos os participantes foram testados após 1 sem de ART. Um período de *wash-out* de 2 sem separou as duas condições ¹⁸.

Em ambas as condições e em cada momento, o teste envolveu 2 visitas consecutivas ao laboratório. Durante a primeira visita, as medidas de altura e MC foram realizadas aos participantes vestindo roupas leves e descalços. De seguida, estes foram avaliados com absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) para determinar a CC. Na segunda visita, os participantes realizaram um breve aquecimento seguido de um teste de WnT num cicloergómetro. Cada participante foi solicitado a evitar exercícios pesados por pelo menos 24 h antes do teste e a jejuar de sólidos e líquidos das 20h até à primeira visita na manhã seguinte. Na segunda visita, a água pôde ser consumida *ad libitum* durante as 24 h anteriores.

O protocolo de WnT foi conduzido usando um cicloergómetro computadorizado (Monark 824E Peak Bike, Vargerg Sweedenbic, Suécia). Para evitar mudanças posturais intra individuais entre as sessões de teste, a posição dos pés nos pedais, a altura do selim e a posição da parte superior do corpo foram ajustadas para cada participante e mantidas idênticas ao longo do estudo. Antes do teste, estes foram submetidos a um aquecimento de 5 min (pedalar a uma cadência de 50 rpm a uma potência constante definida em 100 W). O aquecimento incluiu 3 breves acelerações para a velocidade de ciclismo a uma cadência de 120 rpm com maior potência ¹⁹. A intensidade do aquecimento foi escolhida para aumentar a frequência cardíaca para $\approx 140-150$ bpm ²⁰. Após um descanso de 1 min, os participantes foram instruídos a pedalar a toda a velocidade com o cicloergómetro sem carga por 5 a 8 s. Nesta fase, a força total de frenagem [7,5% da MC do participante (kg)] foi aplicada e uma

contagem de 30 s foi iniciada ²¹. A maior potência mecânica (P) atingida ao longo de 1 s no exercício e a PM obtida durante os 30 s foram registadas. O índice de fadiga (IF) foi calculado como a percentagem de diminuição da P ao longo do teste ²².

A produção total de trabalho (W_{tot}) foi calculada como a soma da energia total (E_{tot}) e a energia cinética do volante no 30^o s de exercício (E_k), como segue ⁷:

$$W_{tot} = E_{tot} + E_k$$

O E_{tot} para o trabalho realizado durante o teste de 30 s foi calculado da seguinte forma:

$$E_{tot} (J) = 6.12 \times \text{carga (kg)} \times 9.81 \times n$$

onde o n é o número de revoluções em 30 s.

O E_k no 30^o s foi dado pela seguinte equação para um ergómetro Monark com uma inércia do volante estimada em 0,38 kg.m²:

$$E_k (J) = 103 \times v^2$$

onde v é a frequência do pedal em revoluções por s.

A MC foi medida por meio de uma balança digital calibrada (TANITA® BF-350, Arlington Heights, IL). A altura foi medida apenas no início do estudo usando um estadiómetro. As medições DXA foram feitas para estimar a % de gordura corporal (GC), MIG e MG. O teste foi realizado com um scanner de corpo inteiro (versão 5.67, Hologic Explorer-W, Waltham, MA). O coeficiente de variação para MG e MIG no nosso laboratório é de 1,7 e 0,8%, respetivamente.

Uma semana antes do teste (pré-ART e não-ART), os participantes foram solicitados a preencher diários alimentares de 4 dias consecutivos. Os participantes receberam instruções específicas sobre como estimar o tamanho das porções e identificar toda a ingestão de alimentos e líquidos a partir de um manual especializado. O consumo total de energia, de carboidratos, de lípidos e proteínas foram calculados com o software Food Processor® Nutrition Analysis (ESHA, Salem, Oregon). As intervenções de ART seguiram um protocolo de alimentação com restrição de tempo de 16/8 ³. Todos os participantes consumiram 2 a 3 refeições de ingestão alimentar *ad libitum* durante um período de 8 h. As 16 h restantes constituíram o período de jejum onde água, chá e café (sem aditivos) foram permitidos. A dieta não ART correspondeu ao padrão alimentar habitual dos participantes.

Antes de comparar as duas condições, os dados foram testados para a normalidade e homocedasticidade com o teste de *Kolmogorov – Smirnov* e *Mauchly*, respetivamente. Um pesquisador independente do nosso laboratório, que desconhecia a alocação do tratamento, analisou todos os dados. Os testes t de amostras emparelhadas foram usados para comparar a ingestão de energia de base e a distribuição de macronutrientes no início de cada regime alimentar (antes de 4 sem de ART e não-ART). O impacto de 1 sem de ART no desempenho do teste de WnT e na CC também foi determinado usando testes t de amostras emparelhadas. Uma *2 way-ANOVA* [condição (ART vs. não-ART) por tempo (pré vs. pós-intervenção dietética)] com medidas repetidas foi conduzida em todas as variáveis dependentes para determinar os efeitos da ART no desempenho no teste de WnT, bem como na CC. Para explorar o papel da CC aprimorada no desempenho do teste de WnT, também examinámos os coeficientes de correlação de *Pearson* entre o Δ PM e o Δ MIG do momento pré ao pós-ART. Finalmente, numa base individual, calculamos a magnitude da melhoria pós-intervenção no tempo necessário para completar a quantidade total de trabalho produzido durante o teste de WnT na linha de base. Por exemplo, se em resposta a 30 s de WnT, um determinado participante atingir uma produção total de trabalho de 17.500 (pós-intervenção) vs. 16.000 J (pré-intervenção), então a magnitude da melhoria equivale a 1.500 J. A diferença de tempo necessária para completar esta quantidade específica de trabalho entre os pontos de tempo (pré e pós-intervenção) foi calculada para exibir as mudanças no desempenho supramáximo do exercício. Os valores eta-quadrados são relatados para indicar tamanhos de efeito para resultados significativos. Todos os dados são relatados como média \pm SD. A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$. A análise dos dados foi realizada por meio do *Statistical Package for the Social Sciences* (versão 25.0, SPSS Inc., IL, US).

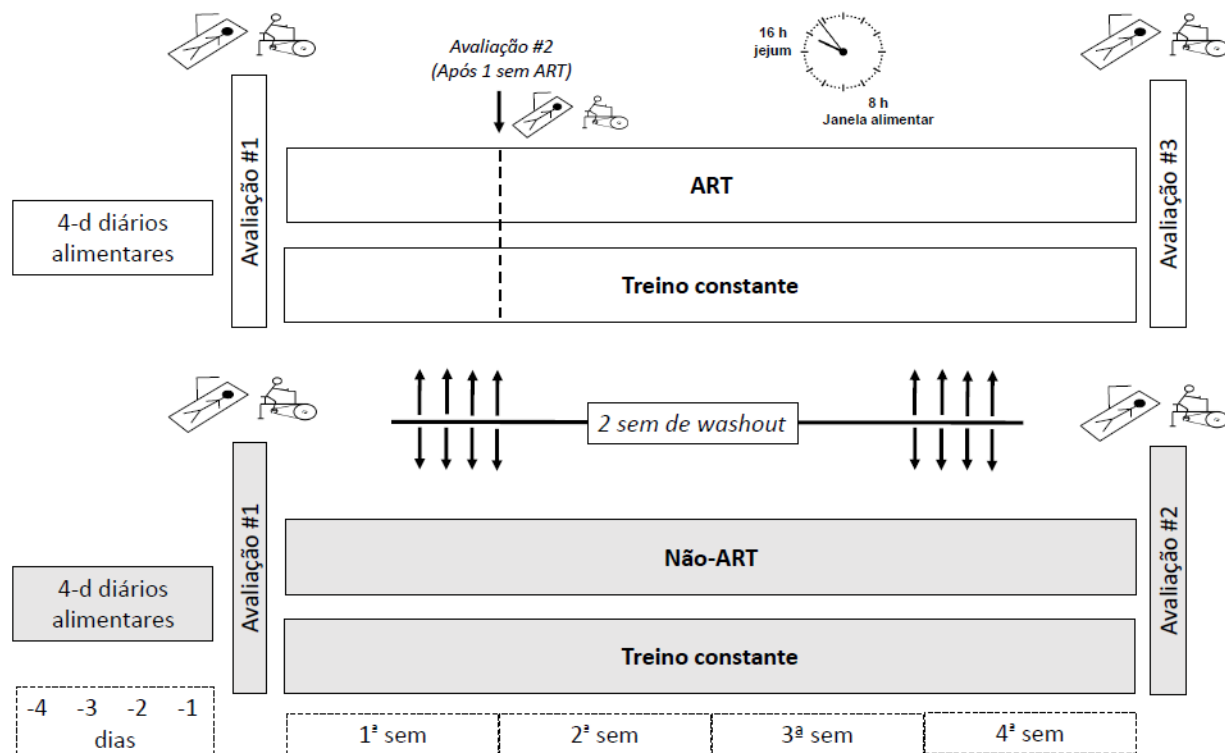


Fig 1. Representação esquemática do protocolo do estudo. O desenho experimental consistiu em 2 intervenções dietéticas envolvendo 4 sem de alimentação com restrição de tempo (ART) e alimentação sem restrição de tempo (não-ART). As intervenções da ART seguiram um protocolo de alimentação com restrição de tempo de 16/8. A ordem da dieta foi randomizada e contrabalançada e 2 sem de *wash-out* separaram as duas condições. Registos dietéticos de linha de base foram obtidos antes de cada intervenção dietética. A CC e o desempenho no teste de *Wingate* foram determinados em dias consecutivos no início do estudo e após 4 sem de intervenção em ambas as condições. Além disso, essas medidas foram avaliadas após 1 sem da ART para caracterizar os efeitos de curto prazo dessa intervenção específica. Os participantes também foram convidados a continuar os seus treinos habituais ao longo do estudo.

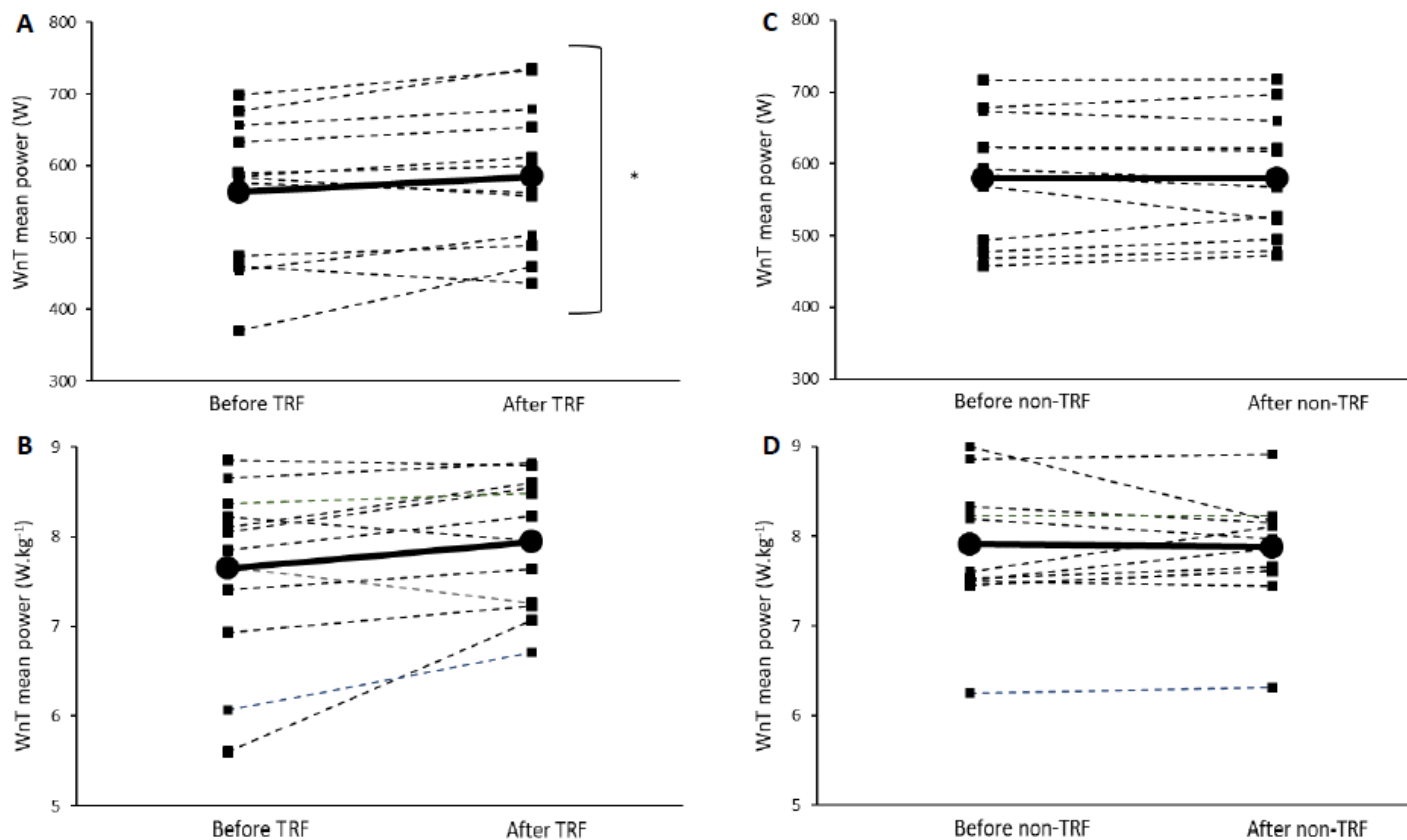


Fig 2. A potência média no teste de *Wingate* (WnT) obtida em resposta a 4 sem de alimentação com restrição de tempo (ART) e alimentação sem restrição de tempo (não- ART). A potência média absoluta (A) e relativa (B) em resposta à ART. A potência média absoluta (C) e relativa (D) em resposta à não-ART. Os valores são média \pm DP. As linhas tracejadas representam participantes individuais. A linha preta sólida representa o valor médio de todos os casos. * Diferenças significativas entre os pontos temporais ($p < 0,05$).

Resultados

A Tab 1 resume o impacto da ART na CC e no desempenho durante o teste de WnT após 1 sem de intervenção. Como pode ser visto, a ART de curto prazo não foi eficaz a induzir quaisquer alterações na MC ou CC. Da mesma forma, o desempenho no teste de WnT não foi afetado por esta intervenção específica de curto prazo.

Conforme mostrado na tab 2, o consumo de energia, bem como a distribuição de macronutrientes foram semelhantes no início do estudo em ambas as condições. Com exceção da MIG, não houve efeito da condição, tempo ou interação para a CC (tab 3). Ambos os protocolos dietéticos foram igualmente eficazes no aumento da MIG após 4 sem de intervenção. A Tab 3 também mostra os efeitos da ART e não-ART no desempenho no teste de WnT. Obtivemos uma interação condição x tempo para o poder médio absoluto WnT e para o Wtot. Enquanto a PM absoluta aumentou de pré para pós-4 sem de ART, tal não aconteceu no não-ART (fig 2A e 2C). Resultados semelhantes também foram obtidos para o Wtot. A PM relativa no WnT também exibiu uma tendência em direção a uma resposta diferencial entre as condições (fig 2B e 2D). Em contraste, nenhuma das condições levou a qualquer mudança na potência de pico (PP) no WnT (absoluta ou relativa) ou IF após 4 sem de intervenção (tab 3). Ainda, verificámos um aumento no poder médio absoluto na MIG e no WnT pós-ART, reduzimos essas diferenças entre os pontos de tempo para um único componente do Δ MIG e do poder médio do Δ WnT, que foram então usados para análise de correlação. Não encontramos correlação significativa entre as mudanças na MIG e na PM absoluta no WnT induzida por 4 sem de ART. Finalmente, uma vez que a produção Wtot dos participantes aumentou significativamente após a ART, calculámos a magnitude da melhoria no tempo necessário para concluir o trabalho total no WnT obtido na linha de base ($-1,1 \pm 2,0$ s).

Tabela 1. Composição corporal e variáveis derivadas do teste de *Wingate* obtidas antes e após 1 semana de alimentação restrita por tempo (ART).

Variáveis	Pre-ART	Post-1 não- ART	<i>p</i>
<i>Composição Corporal</i>			
Massa Corporal	73.6 ± 9.5	73.5 ± 9.2	0.79
Massa Gorda (kg)	11.4 ± 4.2	11.5 ± 4.3	0.57
Massa Gorda (%)	15.5 ± 3.9	15.6 ± 4.0	0.68
Massa Livre de Gordura (kg)	61.0 ± 6.1	60.9 ± 6.2	0.81
<i>Desempenho no teste de Wingate</i>			
Pico de potência (W)	744.7 ± 154.9	734.0 ± 132.4	0.55
Pico de potência (W/kg)	10.1 ± 1.6	10.0 ± 0.98	0.59
Potência Média (W)	563.2 ± 101.9	572.3 ± 90.2	0.30
Potência Média (W/kg)	7.6 ± 0.9	7.7 ± 0.7	0.27
Índice de Fadiga (%)	52.8 ± 7.4	51.2 ± 6.9	0.66

Valores em média ± DP.

Tabela 2. Estimativa da ingestão diária da dieta obtida no quarto dia imediatamente antes da alimentação com restrição de tempo (ART) e alimentação sem restrição de tempo (não-ART).

Variáveis	Antes ART	Antes não-ART	<i>p</i>
Consumo energético (kcal)	2655.7 ± 773.5	2576.7 ± 711.4	0.75
Carboidratos (%)	45.9 ± 6.9	45.0 ± 4.5	0.73
Lípidos (%)	31.9 ± 4.8	31.3 ± 5.3	0.74
Proteína (%)	20.3 ± 4.1	22.7 ± 3.0	0.10

Valores em média ± DP.

Tabela 3. Mudanças na composição corporal e no desempenho do teste de *Wingate* após 30 dias de alimentação com restrição de tempo (ART) e alimentação sem restrição de tempo (não-ART).

	ART		Não-ART	
	Antes	30 dias depois	Antes	30 dias depois
<i>Composição Corporal</i>				
Massa Corporal	73.5 ± 9.5	73.4 ± 9.3	73.5 ± 9.5	73.6 ± 9.5
Massa Gorda (kg)	11.4 ± 4.2	10.9 ± 3.9	11.6 ± 3.9	11.1 ± 3.9
Massa Gorda (%)	15.5 ± 3.9	14.8 ± 3.7	15.8 ± 3.5	15.1 ± 3.6
Massa Livre de Gordura (kg) *	61.0 ± 6.1	61.5 ± 6.3	60.8 ± 6.5	61.4 ± 6.6
<i>Desempenho no teste de Wingate</i>				
Potência Pico (W)	744.7 ± 154.9	742.5 ± 140.1	779.2 ± 143.8	761.1 ± 139.4
Potência Pico (W/kg)	10.1 ± 1.6	10.1 ± 1.0	10.6 ± 1.3	10.3 ± 1.0
Potência Média (W) #	563.2 ± 101.9	584.9 ± 101.8	579.5 ± 88.4	579.4 ± 83.8
Potência Média (W/kg)	7.6 ± 0.9	7.9 ± 0.7	7.9 ± 0.8	7.8 ± 0.6
Índice de Fadiga (%)	52.8 ± 7.4	52.4 ± 12.1	54.3 ± 10.5	51.4 ± 5.9
Trabalho Total (J) #	16895.7 ± 3058.7	17547.5 ± 3056.0	17386.7 ± 2652.2	17382.1 ± 2513.2

Valores em média ± DP.

* Efeito principal de tempo (p <0,05), # interação tempo por condição (p <0,05).

Discussão

A maioria dos estudos que estudam a interação entre JI e desempenho motor geralmente usam paradigmas de treino envolvendo exercícios de resistência ²³ ou examinam mudanças na capacidade fisiológica induzidas pelo jejum do Ramadão ²⁴. Muitos fatores relacionados com a fadiga no exercício de endurance são menos propensos a afetar o desempenho motor durante tarefas fisicamente exigentes que duram apenas alguns seg ou alguns min ²³. Além disso, o impacto negativo do jejum do Ramadão no desempenho no teste de WnT não é um problema com a ART porque a maioria das pessoas podem ficar bem hidratadas com a ingestão irrestrita de líquidos não calóricos ¹⁴. Ao mostrar que o desempenho no WnT melhorou após 4 sem de ART em homens jovens e bem treinados, os nossos resultados estão bem alinhados com esse conceito. Também descobrimos que a ART é eficaz para aumentar a MIG. No entanto, a falta de correlação entre a melhoria na MIG e a PM no WnT sugere fortemente que a base mecanicista do desempenho elevado no WnT não depende da CC alterada pós-ART.

A potência de saída do WnT está relacionada ao desempenho atlético em vários desportos envolvendo curtas sessões de exercícios supramáximos (ex., futebol, tênis, corrida, remo, natação) ^{12, 14}. A potência de saída é particularmente crítica para as velocidades rápidas observadas em eventos de meia distância ²⁵. Após 4 sem de ART, os participantes melhoraram seu tempo total de trabalho em mais de 1 s. Quando aplicada a distâncias de corrida em pista (400/800 m), esta magnitude de melhoria pode fazer a diferença numa qualificação (ex., diferença entre a antiga e a mais recente marca nos 400 m onde o *record* mundial difere 15 s centesimais) ²⁶. Isso é ainda mais relevante quando se considera que os participantes que se inscreveram nesta investigação continuaram a realizar os seus treinos habituais ao longo do estudo e não exibiram diferenças na ingestão alimentar diária antes de cada intervenção. Em última análise, esta investigação indica que o desempenho aprimorado no WnT foi principalmente relacionado às adaptações fisiológicas induzidas pela ART em si e é fortemente mediado pela duração da ART.

O impacto do jejum no teste de WnT ainda permanece incompreendido. De acordo com pesquisas anteriores, embora a ART de curto prazo tenha efeitos prejudiciais sobre a PP no WnT durante a fase inicial de restrição, o desempenho retorna ao observado na linha de base após 4 dias de dieta ¹³. No entanto, como

também não observámos nenhum impacto da ART de curto ou longo prazo na PP, pode-se concluir que este marcador específico de desempenho motor permanece praticamente inalterado após 1 sem de ART e que isso ocorre de forma semelhante com ou sem RC. Em concordância, pode-se concluir que a ART não exerce impacto significativo sobre a capacidade dos músculos dos membros inferiores em produzir alta potência mecânica num curto espaço de tempo ⁸. Por outro lado, 4 sem de ART levaram a uma adaptação positiva na PM do teste de WnT, o que significa que este regime é eficaz para melhorar a resistência dos músculos dos membros inferiores ⁸. A base etiológica da PM elevada pode estar relacionada a aumentos na expressão de SIRT1 e AMPK fosforilada com exercícios em jejum ²⁷. Dado que o desempenho no WnT mostrou ser altamente dependente da libertação de energia de processos anaeróbios e aeróbios, a capacidade oxidativa melhorada resultante de 4 sem de ART provavelmente fornece uma explicação parcial para os nossos achados ⁷.

A ART foi tão eficaz quanto a condição de controlo no aumento da MIG após 4 sem de intervenção. Embora não tenhamos controlado a ingestão calórica durante a ART, os participantes foram solicitados a manter as suas preferências alimentares habituais ao longo do estudo e nenhuma perda de peso foi observada após 4 sem de intervenção. Portanto, os nossos resultados comprovam que a ART de longo prazo não tem impacto negativo sobre a MIG, com uma ingestão proteica de $1,9 \text{ g.kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, indo ao encontro de resultados anteriores para evitar a perda de peso ²⁸, preservando a MIG quando combinado com treino de resistência ^{3, 29}.

Embora tenham sido reportadas diminuições significativas na MG com a ART em alguns estudos anteriores ^{2, 3}, não conseguimos replicar tais resultados. Muitos fatores podem explicar a falta de redução da MG com a ART. Por um lado, a magnitude do déficit calórico eliciado pela ART, que neste estudo não foi suficiente para reduzir a gordura corporal a um nível significativo. Ainda assim, deve-se observar que os participantes perderam um pequeno percentual de MG pós-ART (Tab 3). Contudo, a eficácia da ART na redução da MG pode variar em função da MG basal ⁶.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser levadas em conta. A ingestão alimentar foi estimada com base em autorrelato e esta abordagem tem limitações conhecidas ^{3, 30}. A inclusão foi limitada a jovens saudáveis do sexo masculino, logo não se pode generalizar para atletas de elite ou jovens do sexo

feminino. Por fim, não foi possível as sessões de exercício serem supervisionadas pelos investigadores.

Conclusão

Os nossos resultados indicam que a adesão a 4 sem de um regime ART, pode ser combinado com o treino regular para melhorar o desempenho muscular durante o esforço anaeróbio supramáximo em homens jovens e bem treinados. As melhorias secundárias à ART também são extensivas a um ligeiro aumento na MIG, mas isso não está relacionado com melhorias no teste de WnT. No entanto, nenhuma adaptação ocorreu após 1 sem de ART. Assim, quando se visa melhorar a CC e o desempenho supramáximo com ART, deve-se enfatizar a prescrição de intervenções dietéticas > 1 sem.

Conformidade com os padrões éticos

Financiamento

Este trabalho foi parcialmente apoiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, no âmbito do Bolsa UIDB / 00447/2020 do CIPER - Centro Interdisciplinar para o Estudo da Performance Humana (unidade 447) e pela Universidade de Lisboa (bolsa atribuída à JMC-n C00246e).

Conflitos de interesse

Todos os autores declaram não haver conflitos de interesse relevantes para o conteúdo desta revisão.

Os resultados do estudo são apresentados de forma clara, honesta e sem fabricação, falsificação ou manipulação inadequada de dados.

O presente estudo não constitui endosso do ACSM.

Referências

1. Anton SD, Moehl K, Donahoo WT, et al. Flipping the Metabolic Switch: Understanding and Applying the Health Benefits of Fasting. *Obesity (Silver Spring)*. 2018; 26(2):254-268.
2. Longo VD, Mattson MP. Fasting: molecular mechanisms and clinical applications. *Cell Metab*. 2014; 19(2):181-192.
3. Moro T, Tinsley G, Bianco A, et al. Effects of eight weeks of time-restricted feeding (16/8) on basal metabolism, maximal strength, body composition, inflammation, and cardiovascular risk factors in resistance-trained males. *J Trans Med*. 2016; 14(1):290.
4. Headland ML, Clifton PM, Keogh JB. Impact of intermittent vs. continuous energy restriction on weight and cardiometabolic factors: a 12-month follow-up. *Int J Obes (Lond)*. 2020:1-7.
5. Mettler S, Mitchell N, Tipton KD. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(2):326-337.
6. Zouhal H, Saeidi A, Salhi A, et al. Exercise Training and Fasting: Current Insights. *Open Access J Sports Med*. 2020; 11:1-28.
7. Granier P, Mercier B, Mercier J, Anselme F, Prefaut C. Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995; 70(1):58-65.
8. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*. 1987; 4(6):381-394.
9. Souissi N, Bessot N, Chamari K, Gauthier A, Sesboue B, Davenne D. Effect of time of day on aerobic contribution to the 30-s Wingate test performance. *Chronobiol Int*. 2007; 24(4):739-748.
10. Ferguson LM, Rossi KA, Ward E, Jadwin E, Miller TA, Miller WC. Effects of caloric restriction and overnight fasting on cycling endurance performance. *J Strength Cond Res*. 2009; 23(2):560-570.
11. van Ingen Schenau GJ, Jacobs R, de Koning JJ. Can cycle power predict sprint running performance? *Eur J Appl Physiol*. 1991; 63(3-4):255-260.

12. Yoshida T, Udo M, Iwai K, et al. Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performances in female athletes. *Eur J Appl physiol.* 1990; 60(4):249-253.
13. Naharudin MNB, Yusof A. The effect of 10 days of intermittent fasting on Wingate anaerobic power and prolonged high-intensity time-to-exhaustion cycling performance. *Eur J Sport Sci.* 2018; 18(5):667-676.
14. Chtourou H, Hammouda O, Chaouachi A, Chamari K, Souissi N. The effect of time-of-day and Ramadan fasting on anaerobic performances. *Int J Sports Med.* 2012; 33(2):142-147.
15. Mattson MP, Longo VD, Harvie M. Impact of intermittent fasting on health and disease processes. *Ageing Res Rev.* 2017; 39:46-58.
16. Correia JM, Santos I, Pezarat-Correia P, Minderico C, Mendonca GV. Effects of Intermittent Fasting on Specific Exercise Performance Outcomes: A Systematic Review Including Meta-Analysis. *Nutrients.* 2020; 12(5):1390.
17. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Hypertension.* 2017.
18. Hutchison AT, Regmi P, Manoogian EN, et al. Time-restricted feeding improves glucose tolerance in men at risk for type 2 diabetes: a randomized crossover trial. *Obesity.* 2019; 27(5):724-732.
19. Mendonca GV, Heffernan KS, Rossow L, Guerra M, Pereira FD, Fernhall B. Sex differences in linear and nonlinear heart rate variability during early recovery from supramaximal exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010; 35(4):439-446.
20. Goulopoulou S, Heffernan KS, Fernhall B, Yates G, Baxter-Jones AD, Unnithan VB. Heart rate variability during recovery from a Wingate test in adolescent males. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38(5):875-881.
21. Inbar O, Bar-Or O, Skinner J. The Wingate anaerobic test, Champaign, Illinois., *Hum Kinet.* 1996.
22. Bar-Or O. The Wingate Anaerobic Test: An Update on Methodology, Reliability and Validity. *Sports Med.* 1987; 4:381-394.

23. Van Proeyen K, Szlufcik K, Nielens H, et al. Training in the fasted state improves glucose tolerance during fat-rich diet. *J Physiol*. 2010; 588(Pt 21):4289-4302.
24. Chaouachi A, Leiper JB, Chtourou H, Aziz AR, Chamari K. The effects of Ramadan intermittent fasting on athletic performance: recommendations for the maintenance of physical fitness. *J Sports Sci*. 2012; 30 Suppl 1(sup1):S53-73.
25. Di Prampero PE, Capelli C, Pagliaro P, et al. Energetics of best performances in middle-distance running. *J Appl Physiol* (1985). 1993; 74(5):2318-2324.
26. Thompson MA. Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. *Integr Comp Biol*. 2017; 57(2):293-300.
27. Guerra B, Guadalupe-Grau A, Fuentes T, et al. SIRT1, AMP-activated protein kinase phosphorylation and downstream kinases in response to a single bout of sprint exercise: influence of glucose ingestion. *Eur J Appl Physiol*. 2010; 109(4):731-743.
28. Stote KS, Baer DJ, Spears K, et al. A controlled trial of reduced meal frequency without caloric restriction in healthy, normal-weight, middle-aged adults. *Am J Clin Nutr*. 2007; 85(4):981-988.
29. Tinsley GM, Forsse JS, Butler NK, et al. Time-restricted feeding in young men performing resistance training: A randomized controlled trial. *Eur J Sport Sci*. 2017; 17(2):200-207.
30. Ortega RM, Perez-Rodrigo C, Lopez-Sobaler AM. Dietary assessment methods: dietary records. *Nutr Hosp*. 2015; 31 Suppl 3(3):38-45.

Abreviaturas

ART: Alimentação com restrição de tempo

CC: Composição corporal

DXA: Absorciometria de raio-x de dupla energia

E_{tot} : Trabalho realizado

E_k : Exercício

FFM: Massa isenta de gordura

FM: Massa gorda

IF: Índice de fadiga

Jl: Jejum intermitente

MC: Massa corporal

min: Minuto(s)

P: Potência mecânica

PM: Potência média

PP: Potência pico

RC: Restrição calórica

s: Segundos

WnT: Wingate

W_{tot} : produção total de trabalho