

# NUTRIÇÃO NO DESPORTO





# NUTRIÇÃO NO DESPORTO

## *SPORTS NUTRITION*





## **Autores**

Mónica Sousa<sup>1</sup>

Vitor Hugo Teixeira<sup>2,3</sup>

Pedro Graça<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigação, Formação, Intervenção e Inovação em desporto (CIFi2D), Faculdade de Desporto, Universidade do Porto

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto

<sup>3</sup> Centro de Investigação em Atividade Física, Saúde e Lazer, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto

<sup>4</sup> Direção-Geral da Saúde

## **Design**

IADE - Instituto de Arte, Design e Empresa

## **Edição Gráfica**

Sofia Mendes de Sousa

## **Editor**

Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável

Direção-Geral da Saúde

Alameda D. Afonso Henriques, 45 - 1049-005 Lisboa

Portugal

Tel.: 21 843 05 00

E-mail: [geral@dgs.pt](mailto:geral@dgs.pt)

Lisboa, 2016

## **ISBN**

A informação disponibilizada no presente manual é imparcial e pretende estar de acordo com a evidência científica mais recente. Os documentos assinados pelos autores, bem como links externos não pertencentes à equipa editorial são da responsabilidade dos mesmos. Os documentos e informação disponibilizados não podem ser utilizados para fins comerciais, devendo ser referenciados apropriadamente quando utilizados.



## ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA .....	9
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	11
INTRODUÇÃO .....	13
NECESSIDADES ENERGÉTICAS .....	15
ESTRATÉGIAS GERAIS .....	17
Proteína .....	17
Hidratos de carbono.....	18
Gordura .....	20
Fluídos .....	21
ESTRATÉGIAS ESPECÍFICAS .....	25
Estimulação da síntese proteica muscular .....	25
Maximização do rendimento (com foco nos hidratos de carbono).....	27
Perda de peso.....	32
SUPLEMENTOS ALIMENTARES E ALIMENTOS DESPORTIVOS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38



## NOTA INTRODUTÓRIA

Os praticantes de desporto de todos os níveis sempre aspiraram a chegar mais longe e mais depressa com a ajuda da alimentação. Desde a antiguidade clássica que se consomem determinados alimentos ou partes de animais como “ajuda” ergogénica ao desempenho físico.

Estas superstições chegaram praticamente até ao Séc. XX onde o desenvolvimento científico da bioquímica e da fisiologia do esforço associado ao melhor conhecimento da composição dos alimentos permitiram o aparecimento de uma base científica para aconselhar todos aqueles que aspiram a superar-se fisicamente através do treino e da alimentação.

A par destas necessidades, relacionadas com o desempenho dos atletas, acumulou-se um amplo consenso sobre a relação entre a atividade física moderada, regular e a saúde. Sabemos hoje que a alimentação saudável e o exercício físico são os principais determinantes da nossa saúde, capazes de impedir ou retardar o aparecimento das principais doenças que nos matam ou incapacitam. As doenças oncológicas ou cardiovasculares podem ser amplamente prevenidas pela adoção de hábitos alimentares saudáveis (nomeadamente pelo consumo diário de fruta e hortícolas), pela regulação do peso corporal e pela prática regular de exercício físico.

Apesar da enorme produção de conhecimento científico de qualidade nesta área, os praticantes de desporto de todos os níveis, desde aspirantes a profissionais, são hoje confundidos por uma grande profusão de informação de má qualidade, nomeadamente na internet. São muitos os pretensos especialistas que, muitas vezes a coberto de interesses comerciais, aconselham determinados produtos ou estratégias alimentares, sem base científica e com evidentes riscos a longo prazo para a saúde dos cidadãos.

Foi com a intenção de apresentar um conjunto de orientações de base científica para quem apoia e para quem pratica desporto que o Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável convidou dois reputados investigadores e especialistas nacionais nesta área para escreverem este Manual. Felizmente, existe hoje em Portugal uma “escola” de nutrição no desporto, onde estes dois autores são protagonistas, que está a fazer o seu caminho e que é já reconhecida internacionalmente.

Com estes peritos iremos abordar questões como a suplementação, o consumo de proteína, de hidratos de carbono, antes, durante e após o esforço e, em geral o papel dos alimentos e nutrientes no desempenho físico. Como se compreenderá após a leitura deste documento, muito ainda ficará por discutir e aprender. Esperamos em breve voltar ao assunto e desejar, entretanto, uma prática desportiva, regular, segura e nutricionalmente adequada.

Pedro Graça

Diretor Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável



## RESUMO

A alimentação pode melhorar o rendimento e a recuperação do exercício através de estratégias nutricionais bem escolhidas e individualmente planeadas. Este manual pretende resumir estas estratégias, focando-se no cálculo das necessidades energéticas do atleta, do tipo, quantidade e momento de ingestão nutricional e de fluidos para manter e promover uma ótima saúde e adaptação ao treino.

As intervenções nutricionais em situações específicas e fundamentais para um atleta, como a hipertrofia muscular e a perda de peso, foram também abordadas, assim como, de uma forma resumida, a temática e a problemática da suplementação desportiva. Para garantir uma correta aplicação e individualização das linhas orientadoras propostas por este manual, os atletas deverão ser avaliados e seguidos por um profissional de saúde, nomeadamente por um nutricionista, de preferência com formação e experiência em nutrição desportiva.

## ABSTRACT

Appropriate dietary habits can improve physical performance and recovery from exercise through well-chosen and individually planned nutritional strategies. This manual aims to summarize these strategies by focusing on the calculation of the energy needs of the athlete, the type, amount and timing of nutritional intake and fluid to maintain and promote optimum health and adaptation to training.

Nutritional interventions in specific and critical situations for an athlete such as muscle hypertrophy and weight loss were also addressed. Briefly we also addressed the issue of sports supplementation. To ensure proper application and individualization of the guidelines proposed by this manual, athletes should be evaluated and followed by a health professional namely a nutritionist, preferably with training and experience in sports nutrition.



## INTRODUÇÃO

A alimentação influencia significativamente o rendimento desportivo. Esta é a principal razão pela qual a investigação nesta área específica das Ciências da Nutrição tem evoluído exponencialmente nos últimos anos. Se se considerar que a única forma do nosso organismo obter energia e nutrientes é através da alimentação, é fácil de compreender a importância da Nutrição no desporto. Desta forma, o que comemos vai determinar não só a quantidade, mas também a qualidade energética e nutricional. Tendo em conta que a ferramenta de trabalho de um atleta é o seu próprio corpo, e que o seu desempenho desportivo é influenciado pelo seu estado nutricional, uma alimentação correta e adaptada aos objetivos desportivos torna-se fundamental.

Neste texto, o termo ‘atleta’ não se refere apenas ao atleta profissional, mas também a todos aqueles que praticam desporto de uma forma regular, com objetivos desportivos definidos e que têm como objetivo a maximização do desempenho desportivo. Portanto, o termo inclui desde jogadores de futebol profissional, a participantes em meias-maratonas ou maratonas. O importante é que o objetivo primordial seja o rendimento no treino.

De uma forma geral, os principais objetivos da Nutrição Desportiva prendem-se com [1, 2]:

1. Alcançar as necessidades energéticas e em nutrientes necessárias para suportar o programa de treino e os momentos de competição;
2. Atingir e manter uma composição corporal saudável e adequada à modalidade (massa corporal, massa gorda e massa muscular);
3. Promover os processos de adaptação induzidos pelo treino e a recuperação entre sessões de treino/competição, fornecendo todos os nutrientes necessários para estes processos;
4. Ingerir a quantidade de energia adequada e reidratar convenientemente durante cada sessão de treino/competição, para que o rendimento em cada sessão seja ótimo;
5. Manter uma saúde ótima, especialmente através da satisfação das necessidades aumentadas em determinados nutrientes resultantes do esforço físico intenso;
6. Reduzir o risco de doença e de lesão;
7. Tomar decisões conscientes acerca do uso de suplementos nutricionais e alimentos específicos para desportistas, cuja ação tenha sido cientificamente comprovada em termos de melhoria do rendimento desportivo e/ou para atingir as necessidades nutricionais específicas;

8. Em desportos por categorias de peso, atingir o peso competitivo de forma a preservar a saúde e o rendimento do atleta.

Assim sendo, as necessidades nutricionais específicas de um atleta vão variar consoante o tipo de treino, a altura da época e o calendário de competições. Para maximizar o rendimento físico e mental, o atleta deverá cumprir as necessidades energéticas e nutricionais necessárias para suportar o seu programa de treino e os momentos de competição. Deverá também adotar estratégias nutricionais específicas antes, durante e após o exercício de forma a promover os processos de adaptação induzidos pelo treino e a recuperação entre sessões de treino/competição [3]. Desta forma, os atletas beneficiarão da orientação de um nutricionista qualificado e especializado em Nutrição no Desporto, que poderá aconselhar acerca das necessidades individuais de energia, nutrientes e fluidos, e ajudar a desenvolver estratégias nutricionais específicas para o treino, competição e recuperação.

## NECESSIDADES ENERGÉTICAS

Uma correta estimativa das necessidades energéticas é um ponto fundamental no desenvolvimento de um plano alimentar adequado. Na nutrição desportiva não existe consenso quanto ao melhor método para estimar as necessidades energéticas do atleta. De uma forma resumida, o cálculo poderá ser feito através de uma das seguintes opções:

1. Cálculo da taxa metabólica de repouso (RMR) utilizando uma das fórmulas disponíveis, como [4]:
  - a. *Cunningham* (1980):  $500 + 22 \times \text{massa magra (kg)}$
  - b. *Harris-Benedict* (1919):
    - i. Homens:  $66,47 + 13,75 \times \text{peso (kg)} + 5 \times \text{altura (cm)} - 6,76 \times \text{idade (anos)}$
    - ii. Mulheres:  $655,1 + 9,56 \times \text{peso (kg)} + 1,85 \times \text{altura (cm)} - 4,68 \times \text{idade (anos)}$

Posteriormente, multiplica-se o valor obtido pelo Nível de Atividade Física (PAL), que poderá ser calculado pelo método dos equivalentes metabólicos (METs, explicado adiante) ou estimado através de tabelas já existentes [5];

2. Fórmulas do *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine* [5]:
  - a. Homens com 19 ou mais anos:  $662 - (9,53 \times \text{idade [anos]}) + \text{PA} \times (15,91 \times \text{peso [kg]} + 539,6 \times \text{altura [m]})$

Onde o PA é o coeficiente de atividade física:

PA = 1,00 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,0 < 1,4$  (sedentário)

PA = 1,11 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,4 < 1,6$  (pouco ativo)

PA = 1,25 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,6 < 1,9$  (ativo)

PA = 1,48 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,9 < 2,5$  (sedentário)

- b. Mulheres com 19 ou mais anos:  $354 - (6,91 \times \text{idade [anos]}) + \text{PA} \times (9,36 \times \text{peso [kg]} + 726 \times \text{altura [m]})$

Onde o PA é o coeficiente de atividade física:

PA = 1,00 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,0 < 1,4$  (sedentário)

PA = 1,12 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,4 < 1,6$  (pouco ativo)

PA = 1,27 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,6 < 1,9$  (ativo)

PA = 1,45 se o PAL é estimado que seja  $\geq 1,9 < 2,5$  (sedentário)

3. Equivalentes metabólicos (METs) [6], que correspondem à razão da taxa metabólica para uma atividade dividida por uma expressão estandardizada da RMR. Neste método, calcula-se o gasto energético de cada atividade ao longo do dia, multiplicando o valor do MET de cada atividade pelo peso em quilogramas e pela duração em horas ( $\text{kcal} = \text{MET} \times \text{peso [kg]} \times \text{duração [h]}$ ). De forma a ajustar os valores dos METs ao RMR de cada indivíduo, que tem em linha de conta a idade altura, peso e sexo, poder-se-á corrigir os METs através da equação de Harris-Benedict (para mais informação sobre este ajuste, consultar [7]).
4. Cálculo da variação diária do PAL através dos passos sugeridos pelo *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine* [5] ou pelo *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), aplicando posteriormente os métodos sugeridos pelos respetivos métodos de forma a obter as necessidades energéticas estimadas.
5. Modelo matemático de predição das necessidades energéticas baseado numa abordagem dinâmica do balanço energético do Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos [8]. Este modelo utiliza estimativas do PAL. Poderá ser utilizado para estabelecer objetivos de ganho ou perda de peso baseado em possíveis alterações de alimentação e exercício físico. Este modelo permite estimar qual a evolução do peso ao longo do tempo, ferramenta que poderá ser interessante quando se trabalha com atletas. Poderá ser consultado e utilizado *online* em <http://bwsimulator.niddk.nih.gov>.

Independentemente do método usado para calcular o gasto energético e, assim, as necessidades energéticas, é importante ter em consideração que em todas as opções apresentadas o valor obtido é estimado. A exatidão dos dados dependerá da qualidade com que a atividade física é reportada, das fórmulas utilizadas e da exatidão com que os cálculos são efetuados.

## ESTRATÉGIAS GERAIS

Através de uma alimentação que abranja um vasto leque de alimentos, e energeticamente adequada, é possível atingir as necessidades em hidratos de carbono (3 a 12g/kg peso/dia) [9], proteínas (1,2 a 2,5g/kg/dia) [10, 11], gordura (>20% do valor energético total [11]) e micronutrientes para o treino e competição. Um plano alimentar ajustado vai permitir também atingir e manter uma composição corporal (massa corporal, massa gorda e massa muscular) saudável e adequada à modalidade.

### Proteína

Em termos de quantidade, o Colégio Americano de Medicina Desportiva, em conjunto com a Associação Americana de Dietética e os Dietistas do Canadá recomendam a ingestão diária de 1,2 a 2,0g de proteína/kg de peso corporal [11]. Estas recomendações específicas para atletas são superiores às para a população em geral (0,8g/kg/dia). Esta diferença prende-se com a necessidade de proteína para certas funções, nomeadamente [12]:

1. Reparar e substituir proteínas danificadas pelo exercício físico ao nível do músculo-esquelético, ossos, tendões e ligamentos;
2. Manter uma função ótima de todas as vias metabólicas que utilizam aminoácidos;
3. Permitir o aumento de massa muscular;
4. Permitir uma função ótima do sistema imune;
5. Permitir uma taxa de produção ótima de proteínas plasmáticas.

O objetivo do ponto de vista proteico de um atleta de endurance será ingerir uma quantidade suficiente para assegurar a síntese e regeneração proteicas que decorrem do próprio treino e, também, para compensar a perda de leucina, um aminoácido essencial que é oxidado em quantidades apreciáveis durante exercícios de endurance [12]. Para intensidades de treino baixas a moderadas, e para atletas com ingestões adequadas de energia e de hidratos de carbono, a ingestão proteica poderá ser ligeiramente mais baixa, cerca de 1,0g/kg/dia [13], que é pouco superior àquela que se recomenda para a população em geral (0,8g/kg/dia). Para atletas de elite, com intensidades de treino altas, as necessidades proteicas poderão, inclusive, ser semelhantes às de um atleta de modalidades de força e chegar a 1,6g/kg/dia [13].

As particularidades da ingestão proteica em atletas de força irão ser posteriormente desenvolvidas no tema *Estimulação da síntese proteica muscular*.

Dietas com uma demasiada contribuição proteica são típicas em atletas, incluindo os atletas portugueses [14]. Além disso, os suplementos proteicos são uns dos mais usados pelos desportistas portugueses [15], aumentando ainda mais a contribuição proteica. É importante referir que as recomendações de ingestão proteica conseguem, de uma forma geral, ser atingidas exclusivamente através da alimentação, ou seja, sem o uso de suplementos de proteína ou aminoácidos [16]. Devido a esta elevada ingestão de proteínas por parte dos atletas, o possível impacto negativo deste comportamento, em especial ao nível da massa óssea e da função renal, tem sido objeto de estudo. E tem vindo a ser desmistificado [5, 17]. O excesso de proteína parece levar, sim, (i) a um aumento de produção de ureia, resultando numa maior necessidade de ingestão de água para a sua excreção pela urina, e (ii) à oxidação dos esqueletos carbonados originando energia [18]. Porém, e considerando o rendimento desportivo, uma ingestão proteica superior à recomendada poderá ter um impacto negativo se a ingestão proteica em excesso é conseguida através de uma diminuição de ingestão dos hidratos de carbono [18], o que parece ser o que acontecer [14].

### Hidratos de carbono

Um importante objetivo da alimentação de um atleta é permitir suportar a demanda de substrato energético por parte do músculo, permitindo um rendimento máximo e uma adaptação e recuperação adequadas [19]. As reservas de gordura e as de hidratos de carbono são as maiores fontes de energia durante o exercício; porém, enquanto as fontes de gordura (ácidos gordos plasmáticos não esterificados e triglicerídeos intramusculares) são relativamente abundantes, as fontes de hidratos de carbono (glicose plasmática de origem hepática ou alimentar e glicogénio muscular) são limitadas [20] (Tabela 1). Tendo em conta que os hidratos de carbono são um fator limitante para a maioria dos tipos de exercício, e que a sua disponibilidade para o músculo e sistema nervoso central poderão estar comprometidas por a utilização exceder as reservas endógenas, é fundamental que as reservas de hidratos de carbono sejam eficazmente restabelecidas de dia para dia [9].

**TABELA 1 - Reservas corporais de substratos energéticos e disponibilidade energética associada. Adaptado de Kenney WL, Wilmore JH e Costill DL 2015 [20].**

	Reservas corporais (g)	Kcal
<b>Hidratos de carbono</b>		
Glicogénio hepático	110	451
Glicogénio muscular	500	2050
Glicose nos fluidos corporais	15	62
<b>Gordura</b>		
Subcutânea e visceral	7800	73320
Intramuscular	161	1513

Estimativas baseadas num peso corporal de 65kg com 12% de massa gorda

Para a determinação da quantidade hidratos de carbono a recomendar a um desportista, desencorajamos a utilização de percentagens de contribuição para o total de energia ingerida diariamente, por não garantirem que as necessidades específicas para restabelecer as reservas de energia sejam atingidas [19]. As mais recentes recomendações das quantidades a ingerir diariamente de hidratos de carbono consoante o tipo de exercício encontram-se na Tabela 2. Estas recomendações gerais deverão ser ajustadas individualmente tendo em conta as necessidades energéticas, necessidades específicas de treino e feedback do rendimento no treino.

**TABELA 2 - Recomendações diárias de hidratos de carbono para desportistas. Adaptado de Burke LM et al 2011 [9].**

Necessidades diárias	Tipo de exercício	Quantidade recomendada	
Baixa	• Baixa intensidade ou atividades <i>skill-based</i>	3-5g/kg corporal/dia	peso
Moderada	• Exercício moderado (cerca de 1h/dia)	5-7g/kg corporal/dia	peso
Alta	• Endurance (exemplo: exercício de intensidade moderada a alta 1-3h/dia)	6-10g/kg corporal/dia	peso
Muito alta	• Compromisso extremo (exercício de intensidade moderada a alta >4-5h/dia)	8-12g/kg corporal/dia	peso

## Gordura

A gordura é um componente necessário de uma alimentação saudável e auxilia na absorção das vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e carotenoides [5]. A recomendação para a sua ingestão diária é similar à da população em geral: 20 a 35% do valor energético total diária [5, 16]. A Organização Mundial de Saúde e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura [21] sugerem ainda que <10% do valor energético total provenha de ácidos gordos saturados, entre 6 a 10% de ácidos gordos polinsaturados, sendo que 5-8% deverão ser n-6 e 1 – 2% de n-3, <1% de ácidos gordos *trans* e a restante diferença de ácidos gordos monoinsaturados (ou seja, gordura total - (ácidos gordos saturados + ácidos gordos polinsaturados + ácidos gordos *trans*)).

## Fluídos

Para além dos cuidados alimentares, é fundamental reidratar convenientemente, tanto durante cada sessão de exercício como ao longo do dia, para que o rendimento seja ótimo. O estado de hidratação afeta profundamente o rendimento físico e mental sendo que tanto a hiperhidratação como a hipohidratação (se suficientemente severa) poderá comprometer o rendimento e representar um risco para a saúde [22]. Mais especificamente, a hipohidratação pode reduzir o rendimento do exercício, especialmente o aeróbio, e aumentar o esforço fisiológico e a perceção de esforço em ambientes temperados ou quentes [23].

A perda de suor é influenciada pela intensidade e duração do treino, e pelas condições atmosféricas como a temperatura, humidade e velocidade do vento, assim como as considerações práticas que ditam a disponibilidade de ingestão de fluídos [22]. Esta perda é ditada também por fatores individuais, uma vez que em grupos de atletas sujeitos à mesma sessão de treino e com o mesmo acesso a fluídos, há uma larga diferença na taxa de sudação e na quantidade de fluídos ingeridos [24]. A concentração de eletrólitos no suor também pode variar bastante entre indivíduos, sendo que aqueles que têm maiores taxas de sudação e maior concentração de sódio no suor poderão perder quantidades substanciais de sal (cloreto de sódio) no treino [25]. O potássio também é perdido pelo suor, porém não existe evidência que a adição de potássio às bebidas melhora a restauração do balanço hídrico após desidratação [22]. A reposição do potássio é essencialmente feita através da ingestão de alimentos (frutas e hortícolas, por exemplo), posteriormente durante o período de recuperação. Por todas estas razões, tem-se vindo a passar de recomendações gerais de ingestão de fluídos e sódio, para recomendações individuais, baseadas nas características do atleta, do treino, do meio ambiente e do ambiente envolvente.

De qualquer modo, algumas recomendações gerais existem. O Colégio Americano de Medicina Desportiva, no seu *Position Stand* [26] recomenda a ingestão de  $\approx 5\text{--}7$  mL/kg pelo menos 4h antes do exercício e, se o individuo não produz urina ou esta é escura ou muito concentrada, deverão ser ingeridos  $\approx 3\text{--}5$  mL/kg adicionais cerca de 2h antes do evento. Para além dos fluidos,  $20\text{--}50$  mEq/L de sódio deverão ser consumidos. Durante o exercício, o objetivo será prevenir o excesso de desidratação ( $<2\%$  do peso corporal), sendo que o esquema de hidratação irá depender da taxa de sudação duração do exercício e das oportunidades para hidratar. Tendo em conta que a temperatura da bebida influencia a palatabilidade e a quantidade de fluido consumido, as bebidas deverão estar a  $<22^\circ\text{C}$  [27]. O consumo de sódio juntamente com água é recomendado quando a duração do exercício é superior a 2h ou quando perdas significativas deste mineral (3–4g) são prováveis de acontecer

[28] ou quando o volume de fluidos consumido é grande o suficiente para poder causar uma redução de sódio plasmático [29]. Após o treino, o volume de água consumida deverá ser suficiente para repor qualquer défice no balanço hídrico (diferença entre água perdida e água ingerida) e deverá também contemplar fluido extra para compensar as perdas de água pelo suor, ar expirado e urina que se mantêm após o treino. Assim, é recomendado a ingestão de um volume de fluidos de 1,5 vezes o peso perdido durante o treino (exemplo: 1,5L para 1kg perdido), imediatamente após o treino [22]. Para além disso, deverá também ser ingerida uma quantidade de sódio superior à perda para otimizar a recuperação do balanço hídrico e eletrolítico [23]. Parece que mais nenhum eletrólito para além do sódio tem um papel significativo na hidratação antes, durante e após o exercício [23]. Antes do exercício, bebidas ou alimentos contendo sódio irão ajudar a reter a água consumida nesta fase, de forma a atingir a euhidratação antes do início do exercício [26]. Após o exercício, a reposição de sódio, através de bebidas ou alimentos, e a restauração do seu balanço é fundamental para uma restauração efetiva e manutenção da euhidratação, e prevenção da produção excessiva de urina [30].

O estado de hidratação poderá ser monitorizado através de medições simples, como o peso corporal e a densidade urinária ou a osmolalidade da urina [26]. Para indivíduos bem hidratados e em balanço energético, o peso matinal (após micção e sem roupa) é estável e flutua cerca de <1%. Para homens, 3 medições consecutivas do peso matinal deverão ser efetuadas para estabelecer um valor *baseline*, ou seja, de euhidratação [31]. As mulheres poderão precisar de mais medições uma vez que o ciclo menstrual afeta o estado de hidratação [32]. As alterações agudas do peso durante o exercício (peso antes do exercício - peso após o exercício) também são uma técnica que poderá ser utilizada para monitorizar a desidratação [33]. Esta abordagem assume que 1 mL de suor representa 1g perdido em peso corporal. O peso após o exercício deverá ser corrigido para as perdas de urina e volume de fluidos ingerido e a sua medição deverá ser com o mínimo de roupa [26].

Como referido anteriormente, a desidratação poderá levar a um comprometimento do rendimento, especialmente em exercícios aeróbios, por aumento da temperatura central (*core temperature*), aumento do esforço cardiovascular, aumento da utilização de glicogénio, alteração do funcionamento metabólico e talvez por alteração do funcionamento do sistema nervoso central [26]. Quanto maior o défice em água corporal, maior o esforço fisiológico para uma dada tarefa e maiores as consequências no rendimento [34]. Mais ainda, a restrição da ingestão de fluidos durante o exercício poderá levar a um aumento da concentração plasmática de cortisol, resultando numa supressão geral da função do sistema imunitário e

podendo, assim, aumentar o risco de doença se treino intenso é sistematicamente realizado num estado de hipohidratação [22]. O estado de hidratação está também relacionado com o volume celular (apesar de não ser o único interveniente), e este afeta profundamente o metabolismo celular [35]. É sabido que a redução do volume celular estimula a proteólise e a glicogenólise e inibe a síntese proteica, enquanto a dilatação celular estimula a síntese proteica e inibir a proteólise e a glicogenólise [36]. Assim, estados de hipohidratação poderão também ter um impacto negativo ao nível do metabolismo celular. Desta forma, os atletas deverão estar convenientemente hidratados antes de iniciar o exercício e beber fluidos suficientes durante o exercício de forma a limitar a desidratação a <2% do peso corporal [3, 26]. É importante referir que maiores níveis de desidratação irão comprometer ainda mais o rendimento do exercício aeróbio e que alguns indivíduos são mais sensíveis que outros ao défice de água no organismo e na consequente implicação no rendimento [37]. De facto, um estudo recente concluiu que a desidratação induzida pelo exercício até 4% do peso corporal não altera o rendimento de endurance e que este poderá ser maximizado se os atletas se basearem na sensação de sede para avaliar a necessidade de reposição de fluidos [38]. Por outro lado, ainda não se sabe ao certo se as consequências da hipohidratação serão apenas negativas (redução da qualidade de treino, comprometimento do sistema imunitário, entre outras) ou se poderão promover uma melhor resposta adaptativa ao treino [22]. Neste sentido, a desidratação durante o treino poderá aumentar a eficácia de um programa de aclimatização de curta duração [39] e poderá promover uma melhoria do rendimento de endurance em ambientes quentes e temperados [40, 41]. De qualquer modo, beber durante o treino poderá ser importante para melhorar a tolerância intestinal quando os atletas planeiam beber em competição [22] e também para reduzir o risco de distúrbios gastrointestinais durante exercício intenso [42].

Por outro lado, os atletas não deverão consumir água em excesso com consequente aumento de peso [3]. O excessivo consumo de fluidos hipotónicos e/ou a perda excessiva de sódio poderá originar um estado de hiponatremia (diluição do sódio plasmático para concentrações <135mmol/L) [43]. À medida que os valores de sódio sanguíneo vão descendo, os sintomas vão se tornando progressivamente mais graves e incluem dor de cabeça, vómitos, mãos e pés inchados, cansaço, fadiga excessiva, confusão e desorientação (devido à progressão da encefalopatia) e respiração ofegante (devido ao edema pulmonar) [44]. Para níveis inferiores a 125 mmol/L, convulsões, coma, hérnia do tronco cerebral, paragem respiratória e morte tornam-se prováveis [44]. De qualquer modo, esta condição é bastante menos frequente que a desidratação.

Assim, de acordo com todos os mecanismos anteriormente expostos e devido ao facto de muitos deles variarem amplamente de pessoa para pessoa, as recomendações para a hidratação antes, após mas essencialmente durante o treino, deverão ser personalizadas e baseadas, dentro do possível, em medições da taxa de sudação. Tendo em conta a evidência existente, treinar num estado de euhidratação e/ou restaurar o estado de hidratação o mais cedo possível após o exercício parece ser a estratégia mais apropriada para suportar a adaptação ao treino.



## ESTRATÉGIAS ESPECÍFICAS

### Estimulação da síntese proteica muscular

Este tema é de particular interesse para atletas que praticam desportos de força (e potência) uma vez que um dos principais objetivos será maximizar a síntese de proteínas contráteis, permitindo maiores níveis de força. Neste campo, a proteína tem um papel fundamental uma vez que após o exercício de força o balanço proteico continua negativo até haver ingestão proteica [45]. Mais ainda, o efeito da ingestão proteica e do exercício de força são independentes e aditivos maioritariamente devido à estimulação da síntese proteica muscular (MPS) [46, 47]. Como referido em cima, a recomendação diária para atletas é de 1,2 - 2,0g proteína/kg/dia [11]. Porém, tanto ou mais importante que a quantidade total, é o perfil de ingestão, que contempla características como a quantidade de proteína a cada momento de ingestão, o momento de ingestão, e a fonte proteica.

Para indivíduos adultos jovens considera-se a dose de 20–25g suficiente, e ótima, para estimular de forma máxima a MPS após exercícios de força [48]. Vinte gramas de proteína de alto valor biológico (aquela com uma proporção em aminoácidos essenciais semelhante às necessidades do organismo humano) equivalem a 650 mL de leite de vaca (de preferência magro), 3 ovos tamanho S ou a ≈100g de carne magra ou peixe [49]. De uma forma mais precisa, o valor ajustado ao peso é de 0,24g proteína/kg [50]. Para indivíduos seniores, a dose poderá ter que ser maior, cerca de 40g [51], provavelmente devido ao facto de haver um limiar mais elevado para ativar para o estímulo anabólico. Este fenómeno designa-se por resistência anabólica [52]. Em termos de quantidade relativa ao peso, será de 0,40g proteína/kg [50].

Em relação ao momento de ingestão, parece que ingerir proteína imediatamente após o exercício físico é importante quando o objetivo é hipertrofiar [53]. Mais ainda, num trabalho elegantemente conduzido, Areta e colaboradores [54] demonstraram que a MPS é maior quando se ingerem 4 × 20g de proteína a cada 3h após exercício de força, comparativamente a 2 × 40g a cada 6h ou 8 × 10g a cada 1,5h. Adicionalmente, alguns trabalhos demonstram que ingerir proteína antes do exercício também poderá ser benéfico, provavelmente devido a uma disponibilização mais rápida de aminoácidos na fase aguda pós-exercício [55]. Por fim, começa a haver evidência que suporta a ingestão de proteína, particularmente de caseína antes de dormir para estimulação máxima da MPS durante a noite após uma sessão de exercícios de força, em doses de 27,5g [56] a 40g [57].

Relativamente à fonte proteica, é importante considerar o conteúdo em leucina e a digestibilidade da proteína. A proteína de soro (ou *whey*) apresenta maior digestibilidade que a de soja, e esta maior digestibilidade que a caseína [58]. Por sua vez, a ordem de conteúdo em leucina é soro > caseína > soja [59]. Pensa-se que existe um limiar da quantidade de leucina, que funciona como gatilho para a síntese proteica [47]. É por esta razão que é importante considerar tanto a velocidade a que a proteína é digerida, pois determina a velocidade a que a leucina chega à corrente sanguínea, como a quantidade em leucina. É interessante verificar que o leite, devido ao seu conteúdo em caseína e proteína de soro, tem vindo a demonstrar ser um alimento que estimula o anabolismo proteico muscular [60-62]. Outros alimentos já estudados e com resultados positivos no que diz respeito ao estímulo da MPS incluem a carne [62-64] e bebida de soja [61, 65].

A conjugação de hidratos de carbono com proteína após o exercício de força também poderá ser uma mais-valia. Apesar dos hidratos de carbono pouco influenciarem a síntese proteica quando uma quantidade suficiente de proteína é ingerida [66], a sua ingestão poderá possibilitar um aumento de insulina (hormona anticatabólica [47] e estimuladora da vasodilatação [67]) e ajudar na reposição dos níveis de glicogénio muscular [68], ambos os aspetos com um possível impacto positivo no balanço azotado [69]. Desta forma, após o exercício de força é recomendada a ingestão de 0,8 – 1,2g hidratos de carbono/kg/h, juntamente com a proteína, de preferência durante período inicial da recuperação.

Resumindo, quando o objetivo é maximizar a MSP, a ingestão diária de proteína deverá ser de 1,2 a 1,7g proteína/kg de peso corporal/dia, fontes alimentares ricas em leucina deverão ser privilegiadas, a proteína deverá ser ingerida em doses de 20 – 25g/refeição, a ingestão deverá ser igualmente espaçada ao longo do dia e deverá incluir-se a ingestão de proteína e hidratos de carbono após o exercício [70] sendo também possível incluí-la antes da prática desportiva. Assim, com a ajuda de um nutricionista especializado na área da nutrição desportiva, é possível, e desejável, fazer uma ingestão inteligente da proteína – ao invés de aumentar excessivamente a dose ingerida – ajustando a quantidade à necessidade e ao momento e objetivos desportivos e manipulando a quantidade, tipo e momento de ingestão.

## Maximização do rendimento (com foco nos hidratos de carbono)

Quando o tema é a maximização do treino, especialmente direcionado para a ingestão de hidratos de carbono, a maioria dos trabalhos foca-se nas modalidades de endurance. A disponibilidade de hidratos de carbono como substrato para o músculo e sistema nervoso central torna-se um fator limitante no rendimento de sessões prolongadas (> 90 minutos) de exercício submáximo ou intermitente de alta intensidade e tem um papel permissivo no rendimento de exercícios breves de alta intensidade [19]. Desta forma muitos têm sido os trabalhos desenvolvidos com a finalidade de perceber qual a quantidade de hidratos de carbono que deverá ser recomendada antes, durante e após o exercício. A Figura 1 resume as últimas recomendações.

### Hidratos de carbono antes do exercício

Os principais objetivos da refeição antes do exercício são [71]:

- Continuar a restabelecer as reservas de glicogénio muscular;
- Restaurar o glicogénio hepático especialmente quando o exercício é realizado de manhã
- Hidratação;
- Prevenir a fome;
- Incluir alimentos e práticas que são psicologicamente importantes para o atleta, especialmente em contexto de competição.

Esta refeição deverá incluir alimentos e/ou bebidas ricos em hidratos de carbono, com baixo teor de gordura e de fibra, e com conteúdo moderado em proteína de forma a evitar distúrbios gastrointestinais [16]. Os atletas deverão escolher uma estratégia que seja adequada a cada situação específica e a experiências no passado, tentando ir aprimorando e aperfeiçoando as escolhas alimentares e o momento de ingestão [71]. As recomendações indicam que 1–4g hidratos de carbono/kg peso corporal deverão ser consumidos 1–4h antes do exercício [9] – 4h antes se for uma refeição principal e 1–2 h antes se for um lanche/merenda.

No que diz respeito à refeição na hora que antecede o exercício, nem todos os estudos são unânimes na vantagem desta prática [72], mas apenas um [73] demonstrou efeitos deletérios. De qualquer modo, outros estudos demonstraram vantagens no rendimento que

poderão ir de 7 a 20% [72]. Assim, existe pouca evidência que suporte a não ingestão de hidratos de carbono na hora anterior ao exercício, sendo que a experimentação individual é fundamental para se determinar a rotina nutricional pré-exercício mais vantajosa [74]. Porém, parece haver uma pequena percentagem de atletas que respondem negativamente a ingestão de hidratos de carbono na hora que precede o exercício, provocando sintomas de hipoglicémia nos primeiros momentos de exercício [74]. As principais causas parecem ser uma elevada sensibilidade à insulina, uma baixa quantidade de glicose ingerida (<50g) e uma baixa atividade simpática [75]. Porém, nem todos os trabalhos têm corroborado estas possíveis causas [76-78], sendo necessários mais estudos para perceber as causas dos valores de glicose sanguíneos baixos. De qualquer modo, os níveis baixos de glicose sanguínea parecem autocorrigir-se nos primeiros 10 [79, 80] a 20 minutos [75] de exercício. É também interessante verificar que atletas que reportavam sintomas de hipoglicémia frequentemente não estavam num estado clínico de hipoglicémia (glicose sanguínea <3,5 mmol/L) e, de forma contrastante, alguns atletas que tinham valores de glicose sanguínea extremamente baixos não reportavam nenhum sintoma [74]. Não obstante, os atletas mais suscetíveis a desenvolver episódios de hipoglicémia e/ou sintomas frequentemente associados com esta condição poderão tomar algumas medidas para os evitar, nomeadamente:

- Encontrar o momento, através de experimentação, a partir do qual a ingestão de hidratos de carbono antes do exercício deverá ser evitada [71];
- A refeição antes do exercício deverá ser perto do início (<10-15 minutos) ou durante o aquecimento [80, 81];
- Escolher uma refeição rica em hidratos de carbono, com um índice glicémico baixo [82];
- Consumir uma quantidade substancial de hidratos de carbono na refeição antes do exercício (>1g/kg) para compensar o aumento da utilização de hidratos de carbono durante o evento [83];
- Poderão ser incluídos alguns *sprints* de alta intensidade durante o aquecimento para estimular a produção de glicose hepática [71].

**FIGURA 1 - Recomendações de ingestão de hidratos de carbono antes, durante e após o exercício. Adaptado de Jeukendrup 2014 [84], Burke et al 2011 [9], Beelen et al 2010 [85] and Moore et al 2015 [50].**

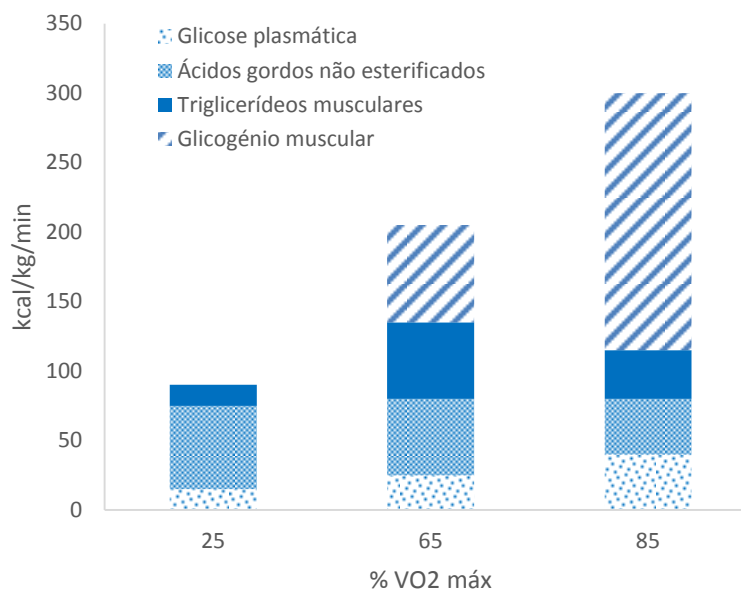
Antes	1–4h antes do exercício 1–4g hidratos de carbono/kg peso corporal									
Durante		30-75 min		1–2 h		2–3 h		>2,5h		
	Recomendação de hidratos de carbono	Pequenas quantidades ou bochechar		30g/h		60g/h		90g/h		A quantidade irá depender da duração e intensidade
	Tipo de hidratos de carbono	Hidratos de carbono transportados por um ou múltiplos transportadores						Apenas utilizar múltiplos transportadores		
		Treino nutricional recomendado				Treino nutricional altamente recomendado		Treino nutricional essencial		
Após	1,2g hidratos de carbono/kg peso corporal/h ou 0,8g hidratos de carbono/kg peso corporal/h + 0,24g proteína/kg peso corporal									

### Hidratos de carbono durante o exercício

Durante o exercício os hidratos de carbono são um combustível de elevada importância, sendo a sua taxa de utilização variável em função da intensidade do exercício como pode ser observado na Figura 2. É importante referir que a ingestão de hidratos de carbono deverá ser balanceada com a ingestão de fluídos (ver a secção sobre *Fluídos*). Quando ingeridos durante o exercício, os hidratos de carbono poderão aumentar o rendimento desportivo por [86, 87]:

- Ajudar a manter a concentração plasmática de glicose;
- Prevenir hipoglicémia;
- Manter altas taxas de oxidação de hidratos de carbono;
- Poupar glicogénio hepático;
- Atrasar a depleção do glicogénio muscular;
- Ajudar a repor as reservas endógenas de hidratos de carbono nas fases finais do exercício.

**FIGURA 2 - Substrato energético durante o exercício. Adaptado de Romijn et al 1993 [88].**



A quantidade e o tipo de hidratos de carbono poderá ser manipulada consoante a intensidade e a duração do exercício, mas também irá influenciar o tipo de desporto e das suas regulamentações. Sabe-se que a oxidação de hidratos de carbono exógenos parece ser limitada pela absorção intestinal [89]. Desta forma, para um débito de hidratos de carbono até cerca de 60g/h, poderá ser utilizado apenas o transportador intestinal de glicose (SGLT1), uma vez que este transportador satura quando são atingidas estas quantidades [87]. Para aumentar a taxa de absorção de hidratos de carbono externos poderão ser utilizados hidratos de carbono absorvidos por transportadores diferentes, como a frutose através do transportador GLUT5, de forma a atrasar a instalação de fadiga e melhorar o rendimento desportivo [89]. Estas altas taxas de oxidação poderão ser atingidas através de bebidas, géis ou barras energéticas com baixo teor de gordura, proteína e fibra uma vez que tanto a absorção intestinal como o esvaziamento gástrico ditam a taxa a que os hidratos de carbono ingeridos durante o exercício entram na corrente sanguínea [84]. É importante treinar a estratégia de ingestão de hidratos de carbono para a competição, de forma a reduzir a probabilidade de ocorrência de desconforto gastrointestinal e para aumentar a capacidade de absorção do intestino.

Quando a duração do exercício é mais curta, a utilização de transportadores múltiplos não se torna tão premente, mas espera-se que os resultados sejam similares a quando se utiliza outras fontes de hidratos de carbono [90]. De uma forma resumida, as quantidades recomendadas consoante a duração do exercício encontram-se esquematizadas na Figura 1. Para exercício com duração entre 30 minutos a 1 hora não existe necessidade de ingerir grandes quantidades de hidratos de carbono e bochechar com hidratos de carbono parece ser suficiente para obter benefícios no rendimento desportivo [91]. Mais ainda, os resultados parecem ser equivalentes a quando os hidratos de carbono são ingeridos [86]. Portanto, parecem existir uns recetores na cavidade oral (ainda não identificados) que detetam a presença de hidratos de carbono ou de energia e, conseqüentemente, ativam áreas específicas no cérebro permitindo uma melhoria da performance [84]. Estes recetores parecem reagir aos hidratos de carbono (ou energia) independentemente do sabor mas não são ativados por adoçantes artificiais [92]. Adicionalmente, a magnitude da melhoria do rendimento poderá estar dependente do estado nutricional do atleta antes do exercício, uma vez que o bochecho com hidratos de carbono num atleta em jejum parece ter melhores resultados no rendimento comparativamente ao bochecho num atleta que ingeriu uma refeição pré-treino [93, 94].

Diferenças individuais na oxidação de hidratos de carbono externos existem, apesar de serem geralmente pequenas [71]. Estas diferenças parecem não estar relacionadas com a massa corporal mas sim com a capacidade em absorver os hidratos de carbono – maior quantidade de ingestão de hidratos de carbono na dieta leva a uma *up-regulation* dos transportadores intestinais [89]. Assim, o intestino é altamente adaptável e poderá ser treinado para conseguir absorver e lidar com maior quantidade de hidratos de carbono.

### Hidratos de carbono após o exercício

O fator alimentar que mais influencia a reposição de glicogénio muscular é a quantidade de hidratos de carbono consumidos [19]. Desta forma, a presença de hidratos de carbono na refeição de recuperação torna-se primordial. A quantidade ótima de hidratos de carbono ingerida para maximizar a taxa de reposição das reservas de glicogénio muscular é de 1,2g/kg/hora [95]. Uma taxa similar de re-síntese de glicogénio muscular poderá ser atingida através da co-ingestão de 0,8g hidratos de carbono/kg/hora e de 0,2-0,4g proteína/kg/h [85], com uma quantidade mínima de 0,24g/kg de proteína de alto valor biológico [50] (Figura 1). A co-ingestão de proteínas com os hidratos de carbono permite aumentar a eficiência do armazenamento do glicogénio muscular quando a quantidade de hidratos de carbono ingerida

é abaixo do limiar mínimo para maximizar a re-síntese de glicogénio (1,2g/kg/hora), provavelmente por uma maior estimulação da secreção de insulina [95].

Para além da quantidade de hidratos de carbono, o momento e a frequência de ingestão são também fatores importantes que podem modular a taxa de reposição de glicogénio muscular, sendo que refeições mais frequentes – com quinze a trinta minutos de intervalo – parecem otimizar os níveis de glicogénio muscular, particularmente durante as primeiras horas após o exercício [85]. Se o período de recuperação for inferior a 8h, ou seja, caso haja dois treinos separados menos de 8h, parece ser vantajoso iniciar a reposição de hidratos de carbono imediatamente após o exercício [96]; caso o período de recuperação seja superior a 8h, parece não haver diferença na taxa de reposição de glicogénio se a refeição de recuperação for consumida imediatamente após o treino ou se esta for atrasada por 2h [97]. Assim, quando o intervalo entre sessões de treino é curto (inferior a 8h), o atleta deverá maximizar o tempo de recuperação iniciando a ingestão de hidratos de carbono tão cedo quanto possível, prolongando-se por 4h, atingindo os 1,2g/kg/h (ou 1,2g hidratos de carbono/kg/h e 0,24g proteína/kg), divididos por pequenas refeições ao longo de cada hora. Quando maiores períodos de recuperação estão disponíveis, o objetivo é atingir a quantidade total diária em hidratos de carbono.

Em termos de taxa de re-síntese de glicogénio, é idêntico os hidratos de carbono provirem de fontes alimentares líquidas, sólidas ou semissólidas (gel).

## Perda de peso

Em desportos que exijam deslocar o corpo na vertical (ex. salto em altura), na horizontal (ex. corrida) ou rodar sobre si próprio (ex. ginástica artística), é vantajosa a redução da relação massa gorda/peso corporal do atleta. Da mesma forma, em competições por categorias de peso haverá, em teoria, vantagem em reduzir a massa gorda. Os benefícios englobam a melhoria da razão potência/peso, a maior eficiência de locomoção, o menor custo energético, a mais efetiva termorregulação e uma mais-valia estética [98] Esta última razão é frequentemente referida como aquela que motiva o atleta a emagrecer, particularmente se do sexo feminino [99]. Os atletas querem ter “um corpo de atleta” ainda que tal não exista. É possível encontrar atletas bem-sucedidos com composições corporais muito diversificadas. Obviamente, o peso é mais determinante numa maratona do que no lançamento do martelo, mas há alguns contextos desportivos em que uma massa gorda maior não só não é desvantajosa como pode, inclusive, ser benéfica, como por exemplo em travessias marítimas a

nado. Não é, pois, de admirar que os valores de referência de massa gorda para atletas na literatura sejam muito amplos, de 5 a 15% em homens e 16 a 28% em mulheres. Foram publicados recentemente valores de composição corporal de desportistas de 21 modalidades que podem ajudar os profissionais a estreitar aqueles intervalos [100].

Uma das principais decisões a tomar na abordagem nutricional é definir o défice energético. Neste contexto, parece ser mais favorável fazer uma subtração energética menor, ainda que implique mais tempo para alcançar o objetivo, pois promoverá uma perda maior de massa gorda e preservará a massa muscular do que intervenções mais severas [101]. Cortes mais drásticos até podem apresentar resultados “visíveis” mais rápidos, mas piores resultados “invisíveis”. Uma restrição severa diminuirá o gasto energético além do esperado pela redução do peso, o que no fundo constitui uma resposta biológica à privação energética, que pode atingir as 500kcal/dia [102] e se prolongar até um ano [103]. Esta adaptação metabólica pode explicar-se pela (1) termogénese adaptativa, com reduções do gasto energético a metabolizar alimentos e no exercício, pelo (2) aumento da eficiência mitocondrial (diminuição das UCP-3) e por (3) alterações hormonais. A resposta endócrina à restrição severa engloba a diminuição da leptina, insulina, testosterona e hormonas tiroideias e o aumento da grelina e cortisol [104]. Estas alterações contribuem para que aumente o apetite, diminua a saciedade, aumento a degradação e diminua a síntese proteica, aumente a adipogénese e diminua a termogénese e o metabolismo basal. As manifestações deste desarranjo metabólico são várias, nomeadamente, a diminuição da frequência cardíaca, da pressão arterial e da força muscular, o aumento das HDL e alterações de humor [105]. Para se evitar que se instale este quadro, recomenda-se que o atleta deva seguir um plano alimentar que disponibilize pelo menos 30kcal/kg de massa isenta de gordura [99]. Esta disponibilidade energética refere-se à quantidade de energia remanescente depois de subtraída o gasto energético do treino. Uma baixa disponibilidade deverá ser evitada, uma vez que pode comprometer o rendimento desportivo e a adaptação ao treino, e poderá ser prejudicial para o cérebro, funções reprodutivas, metabólicas e imunitárias, e saúde óssea. É neste quadro que a sobrealimentação periódica pode eventualmente ser útil. Há estudos que mostram que uma ingestão mais elevada de hidratos de carbono - mas não de gordura - durante alguns dias permite restaurar parcialmente os níveis diminuídos de leptina e, deste modo, aumentar o gasto energético [106]. Todavia, os estudos indicam que para se obter este “reset” metabólico são necessários vários dias (possivelmente três) [106, 107], pelo que a eficácia das *cheat meal* esta por demonstrar.

Num processo de emagrecimento, a massa isenta de gordura (quase exclusivamente músculo) representa 25% do peso perdido [108], com consequências nefastas para a regulação glicémica, a lipídemia pós-prandial, o metabolismo basal [52]. Por conseguinte, há todo o interesse em atenuar, e se possível evitar, a perda de massas muscular. A forma de o alcançar é por intermédio da ação sinérgica do treino de força de uma ingestão suficiente de proteína [98]. Há investigações que demonstram que num período de restrição energética, a combinação de exercício de força e a ingestão de proteína de soro permite ultrapassar os valores basais de síntese proteica [109]. Esta combinação levanta a hipótese do aumento da massa muscular durante períodos de restrição energético, como já demonstrado em não atletas [110] e, mais infrequentemente, em atletas [101]. Uma revisão sistemática de intervenções alimentares hiperproteicas com duração inferior a 12 meses elenca benefícios na perda de peso, perímetro da cintura, pressão arterial, triacilgliceróis e insulina em jejum [111]. Curiosamente, apenas este último se mantém quanto os estudos são superiores a um ano [112]. Esta aparente contradição não deve ser entendida como uma perda de eficácia das dietas hiperproteicas, mas antes como uma diminuição da adesão à terapêutica nutricional com o passar do tempo [113]. Os mecanismos biológicos que suportam a vantagem conferida pelas proteínas incluem um aumento da saciedade, do efeito térmico dos alimentos e do gasto energético de repouso [114]. Entre estes, aquele com mais impacto parece ser o aumento do gasto energético de repouso [115], pois nem sempre o aumento da saciedade se traduz numa redução da ingestão energética e, por outro lado, o aumento do efeito térmico dos alimentos é modesto terá pouco impacto na perda de peso [116]. Por tudo isto, recomenda-se que um plano alimentar de emagrecimento seja “desenhado” à volta das proteínas que devem representar um aporte de 1,8 a 2,7g/kg/dia [117].

Num quadro de restrição energética e de aumento da ingestão proteica, sobra a questão: reduzem-se os hidratos de carbono ou a gordura? Meta-análises recentes apontam para que intervenções com menor percentagem de hidratos levem a uma perda de peso maior [118]. Contudo, devemos considerar isso se deve a uma perda acrescida de massa gorda e massa muscular [119]. Por vezes os resultados das intervenções alimentares não foram os desejáveis pela restrição exagerada de hidratos de carbono [120], o que leva a maiores perdas de músculo face a outras mais ponderadas [105, 121]. A resposta parece depender da sensibilidade à insulina, observando-se melhores resultados com dietas mais restritas em hidratos de carbono naquelas com maior resistência à insulina [122-124]. Muito provavelmente, é mais fácil para estas pessoas cumprir um plano com menor contributo de hidratos de carbono [125], e parece consensual que a adesão ao plano alimentar é mais

importante que a abordagem nutricional [126]. No entanto, e no contexto desportivo, o impacto na performance não deve ser ignorado. A grande maioria dos trabalhos científicos mostra uma redução do desempenho desportivo a redução da contribuição dos hidratos de carbono [127, 128], ainda que tal não seja universalmente observado [129, 130]. Concluindo, embora reduzir a ingestão de hidratos de carbono possa levar a uma maior redução de peso, também leva a uma menor retenção de massa muscular e a um eventual prejuízo no desempenho desportivo, pelo que o limiar de corte deve ser determinado caso-a-caso, em função do tipo de treino e da sensibilidade à insulina dos atletas [117].



## SUPLEMENTOS ALIMENTARES E ALIMENTOS DESPORTIVOS

Relativamente aos suplementos nutricionais, muitos são aqueles que estão disponíveis no mercado, mas apenas poucos têm base científica comprovada. É fundamental adequar os suplementos ao atleta em causa; cada suplemento tem uma utilidade específica que deverá ser respeitada. O seu uso incorreto poderá ter consequências não só a nível do rendimento, mas também a nível da saúde do atleta.

Ainda não é consensual o que está incluído no termo “suplementação”. A definição mais abrangente é a que incluiu todo o tipo de suplementos, desde vitaminas e minerais, a produtos mais específicos como  $\beta$ -alanina ou creatina. O termo “suplemento ergogénico” é geralmente utilizado para denominar suplementos que tenham como objetivo potenciar o rendimento desportivo. Também é comum, em contexto desportivo, a utilização do termo “alimentos e bebidas desportivos”, onde estão incluídos produtos como barras energéticas, bebidas desportivas, entre outros. É também possível encontrar o termo “suplementos médicos” que incluem multivitamínicos e/ou multiminerais, vitaminas e minerais isolados e suplementos de n-3. É sabido que a suplementação é uma prática corrente no mundo do desporto. Porém, e independentemente da definição, são poucos os suplementos que, cientificamente, comprovaram ter um efeito benéfico no rendimento desportivo [131].

É importante ter em consideração que não é exigido que suplementos passem pelos criteriosos controlos pelos quais passam os medicamentos. Daí existirem relatos de conspiração de produtos desta natureza com, por exemplo, com vidros e fezes [131], e também casos em que o conteúdo do suplemento não corresponde ao descrito no rótulo [132]. Uma situação alarmante no caso dos desportistas (especialmente aos que são sujeitos a testes antidopagem) é a contaminação destes produtos com substâncias proibidas no desporto [133]. Embora alguns produtos contenham deliberadamente substâncias proibidas pela Agência Mundial Antidopagem [134], outros – 15% [135] a 25% [136] – estão contaminados em estas substâncias, o seja, não estão declaradas no rótulo. E, para além do impacto negativo a nível desportivo, adveniente da consequente suspensão por um teste positivo, estas substâncias – como esteróides anabolizantes e efedrina – poderão ter consequências a nível da saúde do atleta [133].

Por outro lado, é importante considerar as especificações de cada modalidade desportiva, de forma a adaptar o tipo de suplementação. É também fundamental ter em linha de conta os objetivos específicos de cada atleta (ganhar massa muscular, aumentar potência,

umentar o desempenho em exercícios de endurance). É bastante frequente atletas decidirem ingerir determinado suplemento apenas porque alguém o toma, e não porque avaliaram a sua necessidade específica para aquele momento. Para além disso, os suplementos poderão ter consequências negativas no rendimento. A reação às diversas substâncias é diferente de atleta para atleta e muitos suplementos contêm complexas misturas de várias substâncias cujo efeito de interação é inteiramente desconhecido.

De entre as centenas de suplementos existentes no mercado, poucos são os suportados por uma forte evidência científica com efeitos positivos no rendimento desportivo. A este grupo pertencem: agentes alcalinizantes (como bicarbonato de sódio),  $\beta$ -alanina, cafeína, creatina, proteína, nitrato, alimentos desportivos (bebidas, géis, barras) [11, 131]. Porém, suplementos que fornecem nutrientes essenciais podem ser uma opção provisória em situações de restrição alimentar. Além disso, a utilização de, por exemplo, suplementos multivitamínicos/multiminerais e de micronutrientes individuais (vitaminas e minerais) só irão resultar numa melhoria de rendimento se a suplementação corrigir um desequilíbrio alimentar [16] (ou seja, a o atleta já ingerir um determinado micronutriente em quantidades suficientes, adicionar um suplemento não terá qualquer vantagem desportiva).

É importante sublinhar que o Comité Olímpico Internacional, no seu último consenso sobre Nutrição no Desporto [3], refere que o uso de suplementos não compensa uma pobre escolha alimentar e uma alimentação inadequada. Mais ainda, é aconselhado que o uso destas substâncias seja desencorajado em atletas jovens. Os jovens devem, em alternativa, focar-se em consumir uma alimentação nutricionalmente rica e adaptada à sua realidade desportiva de forma a permitir o normal crescimento e adaptação do organismo ao próprio treino.

Desta forma, antes de tomar qualquer suplemento é importante considerar a os objetivos e o estado de saúde do atleta, as exigências da modalidade, o custo-benefício do uso desse suplemento, os riscos para a saúde e performance e o possível resultado positivo num teste antidopagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *IOC consensus statement on sports nutrition 2003*. Journal of Sports Sciences, 2004. **22**(1).
2. Burke, L., *Practical sports nutrition*. 2007, Belconnen: Human Kinetics.
3. *IOC consensus statement on sports nutrition 2010*. Journal of Sports Sciences, 2011. **29**(sup1): p. S3-S4.
4. Burke, L. and V. Deakin, *Clinical Sports Nutrition*. 4<sup>th</sup> ed. 2009, Sydney: McGraw-Hill Education.
5. Institute of Medicine, *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (Macronutrients)*. 2005, Washington, DC: The National Academies Press.
6. Ainsworth, B.E., et al., *2011 compendium of physical activities: A second update of codes and MET values*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2011. **43**(8): p. 1575-1581.
7. *Compendium of Physical Activities - Corrected METs*. Available from: <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/corrected-mets>.
8. Hall, K.D., et al., *Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight*. The Lancet, 2011. **378**(9793): p. 826-837.
9. Burke, L.M., et al., *Carbohydrates for training and competition*. Journal of Sports Sciences, 2011. **29**(SUPPL. 1): p. S17-S27.
10. Phillips, S.M., *A brief review of higher dietary protein diets in weight loss: a focus on athletes*. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 2014. **44**: p. S149-S153.
11. Thomas, D.T., K.A. Erdman, and L.M. Burke, *Nutrition and Athletic Performance*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2016. **48**(3): p. 543-568.
12. Phillips, S.M., D.R. Moore, and J.E. Tang, *A critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes*. International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 2007. **17** Suppl: p. S58-76.
13. Tarnopolsky, M., *Protein requirements for endurance athletes*. Nutrition, 2004. **20**(7-8): p. 662-668.
14. Sousa, M., et al., *Nutritional supplements use in high-performance athletes is related with lower nutritional inadequacy from food*. Journal of Sport and Health Science, 2015. **in press**.
15. Sousa, M., et al., *Nutritional supplements usage by Portuguese athletes* International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 2013. **83**(1): p. 48-58.
16. Rodriguez, N.R., N.M. Di Marco, and S. Langley, *American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2009. **41**(3): p. 709-731.
17. Bonjour, J.P., *Dietary protein: An essential nutrient for bone health*. Journal of the American College of Nutrition, 2005. **24**(6 SUPPL.): p. 526S-536S.
18. Phillips, S.M., *Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes*. British Journal of Nutrition, 2012. **108**(SUPPL. 2): p. S158-S167.

19. Burke, L.M., B. Kiens, and J.L. Ivy, *Carbohydrates and fat for training and recovery*. Journal of Sports Sciences, 2004. **22**(1): p. 15-30.
20. Kenney, W.L., J. Wilmore, and D. Costill, *Physiology of Sport and Exercise*. 6th ed. 2015, United States of America: Human Kinetics Publishers.
21. World Health Organization, *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases: Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation*. 2003: World Health Organization.
22. Maughan, R.J. and N.L. Meyer, *Hydration during intense exercise training*, in *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*. 2013. p. 25-37.
23. Shirreffs, S.M. and M.N. Sawka, *Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery*. Journal of Sports Sciences, 2011. **29**(SUPPL. 1): p. S39-S46.
24. Shirreffs, S.M., et al., *The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat*. International Journal of Sports Medicine, 2005. **26**(2): p. 90-95.
25. Shirreffs, S.M., M.N. Sawka, and M. Stone, *Water and electrolyte needs for football training and match-play*. Journal of Sports Sciences, 2006. **24**(7): p. 699-707.
26. Sawka, M.N., et al., *Exercise and fluid replacement*. Medicine and science in sports and exercise, 2007. **39**(2): p. 377-390.
27. Burdon, C.A., et al., *Influence of beverage temperature on palatability and fluid ingestion during endurance exercise: a systematic review*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2012. **22**(3): p. 199-211.
28. Coyle, E.F., *Fluid and fuel intake during exercise*. Journal of Sports Sciences, 2004. **22**(1): p. 39-55.
29. Vrijens, D.M.J. and N.J. Rehrer, *Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat*. Journal of Applied Physiology, 1999. **86**(6): p. 1847-1851.
30. Shirreffs, S.M., et al., *Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1996. **28**(10): p. 1260-71.
31. Cheuvront, S.N., et al., *Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2004. **14**(5): p. 532-540.
32. Bunt, J.C., T.G. Lohman, and R.A. Boileau, *Impact of total body water fluctuations on estimation of body fat from body density*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1989. **21**(1): p. 96-100.
33. Harvey, G., et al., *The use of body mass changes as a practical measure of dehydration in team sports*. Journal of Science and Medicine in Sport, 2008. **11**(6): p. 600-603.
34. Montain, S.J. and E.F. Coyle, *Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise*. Journal of Applied Physiology, 1992. **73**(4): p. 1340-1350.
35. Lang, F., *Effect of cell hydration on metabolism*. Nestle Nutrition Institute Workshop Series, 2011. **69**: p. 115-26; discussion 126-30.
36. Lang, F., et al., *Functional significance of cell volume regulatory mechanisms*. Physiological Reviews, 1998. **78**(1): p. 247-306.
37. Institute of Medicine, *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*. 2005, Washington, DC: The National Academies Press. 640.

38. Goulet, E.D., *Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis*. British Journal of Sports Medicine, 2011. **45**(14): p. 1149-56.
39. Garrett, A.T., et al., *Effectiveness of short-term heat acclimation for highly trained athletes*. European Journal of Applied Physiology, 2012. **112**(5): p. 1827-37.
40. Lorenzo, S., et al., *Heat acclimation improves exercise performance*. Journal of Applied Physiology, 2010. **109**(4): p. 1140-7.
41. Castle, P., et al., *Heat acclimation improves intermittent sprinting in the heat but additional pre-cooling offers no further ergogenic effect*. Journal of Sports Science, 2011. **29**(11): p. 1125-34.
42. ter Steege, R.W. and J.J. Kolkman, *Review article: the pathophysiology and management of gastrointestinal symptoms during physical exercise, and the role of splanchnic blood flow*. Alimentary Pharmacology & Therapeutics, 2012. **35**(5): p. 516-28.
43. Montain, S.J., S.N. Cheuvront, and M.N. Sawka, *Exercise associated hyponatraemia: quantitative analysis to understand the aetiology*. British Journal of Sports Medicine, 2006. **40**(2): p. 98-105.
44. Murray, B. and E.R. Eichner, *Hyponatremia of exercise*. Current Sports Medicine Reports, 2004. **3**(3): p. 117-8.
45. Tipton, K., et al., *Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids*. Am J Physiol, 1999. **276**: p. E628 - 34.
46. Phillips, S.M., *Protein requirements and supplementation in strength sports*. Nutrition, 2004. **20**(7-8): p. 689-695.
47. Phillips, S.M., *A Brief Review of Critical Processes in Exercise-Induced Muscular Hypertrophy*. Sports Medicine, 2014. **44**(1): p. 71-77.
48. Moore, D.R., et al., *Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men*. American Journal of Clinical Nutrition, 2009. **89**(1): p. 161-168.
49. Martins, I., A. Porto, and L. Oliveira, *Tabela de composição de alimentos*. 2007, Lisboa: Centro de Segurança Alimentar e Nutrição, Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.
50. Moore, D.R., et al., *Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men*. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 2015. **70**(1): p. 57-62.
51. Yang, Y., et al., *Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men*. British Journal of Nutrition, 2012. **108**(10): p. 1780-1788.
52. Churchward-Venne, T.A., et al., *Role of protein and amino acids in promoting lean mass accretion with resistance exercise and attenuating lean mass loss during energy deficit in humans*. Amino Acids, 2013. **45**(2): p. 231-240.
53. Esmarck, B., et al., *Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans*. Journal of Physiology, 2001. **535**: p. 301 - 311.

54. Areta, J.L., et al., *Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis*. Journal of Physiology, 2013. **591**(9): p. 2319-2331.
55. Tipton, K., et al., *Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise*. American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism, 2001. **281**: p. E197 - 206.
56. Snijders, T., et al., *Protein ingestion before sleep increases muscle mass and strength gains during prolonged resistance-type exercise training in healthy young men*. Journal of Nutrition, 2015. **145**(6): p. 1178-1184.
57. Res, P.T., et al., *Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2012. **44**(8): p. 1560-1569.
58. Tang, J., et al., *Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men*. Journal of Applied Physiology, 2009. **107**: p. 987 - 992.
59. Phillips, S., J. Tang, and D. Moore, *The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons*. Journal of the American College of Nutrition, 2009. **28**: p. 343 - 354.
60. Elliot, T., et al., *Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise*. Med Sci Sports Exerc, 2006. **38**: p. 667 - 674.
61. Wilkinson, S.B., et al., *Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage*. American Journal of Clinical Nutrition, 2007. **85**(4): p. 1031-1040.
62. Gorissen, S.H.M., D. Rémond, and L.J.C. van Loon, *The muscle protein synthetic response to food ingestion*. Meat Science, 2015. **109**: p. 96-100.
63. Symons, T., et al., *Aging does not impair the anabolic response to a protein-rich meal*. Am J Clin Nutr, 2007. **86**: p. 451 - 456.
64. Robinson, M.J., et al., *Dose-dependent responses of myofibrillar protein synthesis with beef ingestion are enhanced with resistance exercise in middle-aged men*. Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, 2013. **38**(2): p. 120-125.
65. Hartman, J., et al., *Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters*. Am J Clin Nutr, 2007. **86**: p. 373 - 381.
66. Phillips, S.M. and L.J.C. van Loon, *Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation*. Journal of Sports Sciences, 2011. **29**(SUPPL. 1): p. S29-S38.
67. Timmerman, K.L., et al., *Insulin stimulates human skeletal muscle protein synthesis via an indirect mechanism involving endothelial-dependent vasodilation and mammalian target of rapamycin complex 1 signaling*. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2010. **95**(8): p. 3848-3857.
68. Jentjens, R. and A.E. Jeukendrup, *Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery*. Sports Medicine, 2003. **33**(2): p. 117-144.
69. Sousa, M., V.H. Teixeira, and J. Soares, *Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage*. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2014. **65**(2): p. 151-163.

70. Phillips, S.M., et al., *A to Z of nutritional supplements: Dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance - Part 32*. British Journal of Sports Medicine, 2012. **46**(6): p. 454-456.
71. Burke, L. and V. Deakin, *Clinical Sports Nutrition*. 5th ed. 2015, Australia: McGraw-Hill Education.
72. Hawley, J.A. and L.M. Burke, *Effect of meal frequency and timing on physical performance*. British Journal of Nutrition, 1997. **77**(SUPPL. 1): p. S91-S103.
73. Foster, C., D.L. Costill, and W.J. Fink, *Effects of preexercise feedings on endurance performance*. Medicine and Science in Sport, 1979. **11**(1): p. 1-5.
74. Jeukendrup, A.E. and S.C. Killer, *The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding*. Annals of Nutrition and Metabolism, 2010. **57**(SUPPL. 2): p. 18-25.
75. Kuipers, H., E.J. Fransen, and H.A. Keizer, *Pre-exercise ingestion of carbohydrate and transient hypoglycemia during exercise*. International Journal of Sports Medicine, 1999. **20**(4): p. 227-231.
76. Jentjens, R.L.P.G. and A.E. Jeukendrup, *Prevalence of hypoglycemia following pre-exercise carbohydrate ingestion is not accompanied by higher insulin sensitivity*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2002. **12**(4): p. 398-413.
77. Jentjens, R.L.P.G., et al., *Effects of pre-exercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance*. European Journal of Applied Physiology, 2003. **88**(4-5): p. 444-452.
78. Achten, J. and A.E. Jeukendrup, *Effects of pre-exercise ingestion of carbohydrate on glycaemic and insulinaemic responses during subsequent exercise at differing intensities*. European Journal of Applied Physiology, 2003. **88**(4-5): p. 466-471.
79. Lancaster, G.I., et al., *Effect of Pre-exercise Carbohydrate Ingestion on Plasma Cytokine, Stress Hormone, and Neutrophil Degranulation Responses to Continuous, High-intensity Exercise*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2003. **13**(4): p. 436-453.
80. Moseley, L., G.I. Lancaster, and A.E. Jeukendrup, *Effects of timing of pre-exercise ingestion of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance*. European Journal of Applied Physiology, 2003. **88**(4-5): p. 453-458.
81. Brouns, F., et al., *Effect of carbohydrate intake during warming-up on the regulation of blood glucose during exercise*. International Journal of Sports Medicine, 1989. **10**(SUPPL. 1): p. S68-S75.
82. Jentjens, R.L.P.G. and A.E. Jeukendrup, *Effects of pre-exercise ingestion of trehalose, galactose and glucose on subsequent metabolism and cycling performance*. European Journal of Applied Physiology, 2003. **88**(4-5): p. 459-465.
83. Burke, L., G. Cox, and N. Deakes, *The Complete Guide to Food for Sports Performance: Peak Nutrition for Your Sport*. 2010: Allen & Unwin.
84. Jeukendrup, A., *A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise*. Sports Medicine, 2014. **44**(SUPPL.1): p. S25-S33.
85. Beelen, M., et al., *Nutritional strategies to promote postexercise recovery*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2010. **20**(6): p. 515-532.

86. Jeukendrup, A.E. and E.S. Chambers, *Oral carbohydrate sensing and exercise performance*. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 2010. **13**(4): p. 447-451.
87. Jeukendrup, A.E., *Carbohydrate feeding during exercise*. European Journal of Sport Science, 2008. **8**(2): p. 77-86.
88. Romijn, J.A., et al., *Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration*. American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism, 1993. **265**(3 28-3): p. E380-E391.
89. Jeukendrup, A.E., *Carbohydrate and exercise performance: The role of multiple transportable carbohydrates*. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 2010. **13**(4): p. 452-457.
90. Hulston, C.J., G.A. Wallis, and A.E. Jeukendrup, *Exogenous CHO oxidation with glucose plus fructose intake during exercise*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2009. **41**(2): p. 357-363.
91. Desbrow, B., et al., *Carbohydrate-electrolyte feedings and 1h time trial cycling performance*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2004. **14**(5): p. 541-549.
92. Chambers, E.S., M.W. Bridge, and D.A. Jones, *Carbohydrate sensing in the human mouth: Effects on exercise performance and brain activity*. Journal of Physiology, 2009. **587**(8): p. 1779-1794.
93. Lane, S.C., et al., *Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state*. Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, 2013. **38**(2): p. 134-139.
94. Beelen, M., et al., *Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: Lack of enhancement of time-trial performance*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2009. **19**(4): p. 400-409.
95. Van Loon, L.J.C., et al., *Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures*. American Journal of Clinical Nutrition, 2000. **72**(1): p. 106-111.
96. Ivy, J.L., et al., *Muscle glycogen synthesis after exercise: Effect of time of carbohydrate ingestion*. Journal of Applied Physiology, 1988. **64**(4): p. 1480-1485.
97. Parkin, J.A.M., et al., *Muscle glycogen storage following prolonged exercise: Effect of timing of ingestion of high glycemic index food*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1997. **29**(2): p. 220-224.
98. Murphy, C.H., A.J. Hector, and S.M. Phillips, *Considerations for protein intake in managing weight loss in athletes*. European Journal of Sport Science, 2015. **15**(1): p. 21-28.
99. Loucks, A.B., B. Kiens, and H.H. Wright, *Energy availability in athletes*. Journal of Sports Sciences, 2011. **29**(SUPPL. 1): p. S7-S15.
100. Santos, D.A., et al., *Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes*. PLoS ONE, 2014. **9**(5).
101. Garthe, I., et al., *Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2011. **21**(2): p. 97-104.

102. Johannsen, D.L., et al., *Metabolic slowing with massive weight loss despite preservation of fat-free mass*. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2012. **97**(7): p. 2489-2496.
103. Sumithran, P., et al., *Long-term persistence of hormonal adaptations to weight loss*. New England Journal of Medicine, 2011. **365**(17): p. 1597-1604.
104. Trexler, E.T., A.E. Smith-Ryan, and L.E. Norton, *Metabolic adaptation to weight loss: Implications for the athlete*. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2014. **11**(1).
105. Rossow, L.M., et al., *Natural bodybuilding competition preparation and recovery: A 12-month case study*. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2013. **8**(5): p. 582-592.
106. Dirlewanger, M., et al., *Effects of short-term carbohydrate or fat overfeeding on energy expenditure and plasma leptin concentrations in healthy female subjects*. International Journal of Obesity, 2000. **24**(11): p. 1413-1418.
107. Chin-Chance, C., K.S. Polonsky, and D.A. Schoeller, *Twenty-four-hour leptin levels respond to cumulative short-term energy imbalance and predict subsequent intake*. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2000. **85**(8): p. 2685-2691.
108. Weinheimer, E.M., L.P. Sands, and W.W. Campbell, *A systematic review of the separate and combined effects of energy restriction and exercise on fat-free mass in middle-aged and older adults: Implications for sarcopenic obesity*. Nutrition Reviews, 2010. **68**(7): p. 375-388.
109. Areta, J.L., et al., *Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit*. American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism, 2014. **306**(8): p. E989-E997.
110. Josse, A.R., et al., *Increased consumption of dairy foods and protein during diet- and exercise-induced weight loss promotes fat mass loss and lean mass gain in overweight and obese premenopausal women*. Journal of Nutrition, 2011. **141**(9): p. 1626-1634.
111. Santesso, N., et al., *Effects of higher-versus lower-protein diets on health outcomes: A systematic review and meta-analysis*. European Journal of Clinical Nutrition, 2012. **66**(7): p. 780-788.
112. Schwingshackl, L. and G. Hoffmann, *Long-term effects of low-fat diets either low or high in protein on cardiovascular and metabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis*. Nutrition Journal, 2013. **12**(1).
113. Clifton, P.M., D. Condo, and J.B. Keogh, *Long term weight maintenance after advice to consume low carbohydrate, higher protein diets - A systematic review and meta analysis*. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 2014. **24**(3): p. 224-235.
114. Te Morenga, L. and J. Mann, *The role of high-protein diets in body weight management and health*. British Journal of Nutrition, 2012. **108**(SUPPL. 2): p. S130-S138.
115. Wycherley, T.P., et al., *Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: A meta-analysis of randomized controlled trials*. American Journal of Clinical Nutrition, 2012. **96**(6): p. 1281-1298.
116. Leidy, H.J., et al., *The role of protein in weight loss and maintenance*. American Journal of Clinical Nutrition, 2015. **101**(6): p. 1320S-1329S.

117. Helms, E.R., et al., *A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: A case for higher intakes*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2014. **24**(2): p. 127-138.
118. Tobias, D.K., et al., *Effect of low-fat diet interventions versus other diet interventions on long-term weight change in adults: A systematic review and meta-analysis*. The Lancet Diabetes and Endocrinology, 2015. **3**(12): p. 968-979.
119. Krieger, J.W., et al., *Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: A meta-regression*. American Journal of Clinical Nutrition, 2006. **83**(2): p. 260-274.
120. Robinson, S.L., et al., *A nutrition and conditioning intervention for natural bodybuilding contest preparation: Case study*. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2015: p. 1-11.
121. Kistler, B.M., et al., *Case study: Natural bodybuilding contest preparation*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2014. **24**(6): p. 694-700.
122. Cornier, M.A., et al., *Insulin sensitivity determines the effectiveness of dietary macronutrient composition on weight loss in obese women*. Obesity Research, 2005. **13**(4): p. 703-709.
123. Pittas, A.G., et al., *A low-glycemic load diet facilitates greater weight loss in overweight adults with high insulin secretion but not in overweight adults with low insulin secretion in the CALERIE trial*. Diabetes Care, 2005. **28**(12): p. 2939-2941.
124. Ebbeling, C.B., et al., *Effects of a low-glycemic load vs low-fat diet in obese young adults: A randomized trial*. Journal of the American Medical Association, 2007. **297**(19): p. 2092-2102.
125. McClain, A.D., et al., *Adherence to a low-fat vs. low-carbohydrate diet differs by insulin resistance status*. Diabetes, Obesity and Metabolism, 2013. **15**(1): p. 87-90.
126. Alhassan, S., et al., *Dietary adherence and weight loss success among overweight women: Results from the A to Z weight loss study*. International Journal of Obesity, 2008. **32**(6): p. 985-991.
127. Lima-Silva, A.E., et al., *Effects of a low- or a high-carbohydrate diet on performance, energy system contribution, and metabolic responses during supramaximal exercise*. Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, 2013. **38**(9): p. 928-934.
128. Havemann, L., et al., *Fat adaptation followed by carbohydrate loading compromises high-intensity sprint performance*. Journal of Applied Physiology, 2006. **100**(1): p. 194-202.
129. Yeo, W.K., et al., *Fat adaptation in well-trained athletes: Effects on cell metabolism*. Applied Physiology, Nutrition and Metabolism, 2011. **36**(1): p. 12-22.
130. Paoli, A., et al., *Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts*. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2012. **9**.
131. Maughan, R.J., P.L. Greenhaff, and P. Hespel, *Dietary supplements for athletes: Emerging trends and recurring themes*. Journal of Sports Sciences, 2011. **29**(SUPPL. 1): p. S57-S66.
132. Maughan, R.J., F. Depiesse, and H. Geyer, *The use of dietary supplements by athletes*. Journal of Sports Sciences, 2007. **25**(SUPPL. 1): p. 103-113.

133. Geyer, H., et al., *Nutritional supplements cross-contaminated and faked with doping substances*. Journal of Mass Spectrometry, 2008. **43**(7): p. 892-902.
134. Judkins, C. and P. Prock, *Supplements and inadvertent doping - How big is the risk to athletes?* Medicine and Sport Science, 2013. **59**: p. 143-152.
135. Geyer, H., et al., *Analysis of Non-Hormonal Nutritional Supplements for Anabolic-Androgenic Steroids - Results of an International Study*. International Journal of Sports Medicine, 2004. **25**(2): p. 124-129.
136. Burke, L.M., L.M. Castell, and S.J. Stear, *A-Z of supplements: Dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance - Part 1*. British Journal of Sports Medicine, 2009. **43**(10): p. 728-729.





**DGS** desde  
1899  
Direção-Geral da Saúde

