

A INFLUÊNCIA DOS CARBOIDRATOS ANTES, DURANTE E APÓS-TREINOS DE ALTA INTENSIDADE

Anderson Luiz da Silva^{1,2}
Guilherme Dal Farra Miranda^{1,3}
Rafaela Liberali¹

RESUMO

Neste artigo revisa-se os mais recentes estudos concernentes a utilização de carboidratos antes, durante e após-treinos de alta intensidade. O método utilizado foi o de levantamento bibliográfico que incluiu consultas a bases de dados do Google Acadêmico e do *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) à partir dos termos: carboidrato, treino, exercício físico, glicogênio. Os resultados obtidos permitiram-nos demonstrar a importância das dietas ricas em carboidratos para a manutenção da glicemia e para um maior armazenamento de glicogênio muscular e hepático. Altas reservas de glicogênio muscular propiciam um nível maior de energia ao organismo e muitas vezes auxiliam no protelamento do início da fadiga muscular. Nos esforços moderados realizados em intervalos de tempo prolongado, ou nos exercícios físicos de alta intensidade e curta duração, a depleção das reservas de glicogênio muscular é acentuada, provocando queda no desempenho físico, hipoglicemia e até desidratação.

Palavras-chave: carboidratos, glicogênio, treino, performance.

1- Programa de Pós-graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho em Bases Nutricionais da Atividade Física – Nutrição Esportiva.

2- Graduado em educação física pela Universidade do Planalto Catarinense.

3 – Graduado em educação física pela Universidade Regional de Blumenau.

ABSTRACT

The carbohydrate influence before, during and after high-intensity training

In this article it is found the most recent studies concerning the use of carbohydrates before, during and after high-intensity training. The method used was the bibliographic search and included data-base consults of Academic Google and Scientific Electronic Library Online (SCIELO) using the terms: carbohydrate, train, physical exercise and glycogen. The results from it allowed us to demonstrate the importance of the high-carbohydrate diets in order to maintain the glycemia and to better store the muscular and hepatic glycogen. High reserves of muscular glycogen result in a higher level of energy for the organism and often help postponing the beginning of muscular fatigue. In moderate strain within prolonged time intervals, or in physical exercises of high intensity but reduced in time, the depletion of muscular glycogen reserves is high, worsening the physical performance, hypoglycemia and even dehydration.

Key-Words: carbohydrates, glycogen, train, performance.

Endereço/e-mail:

Rua Pedro Álvares Cabral 546

Bairro coral – Lages/SC. CEP: 88523-350

E-mail:

videsaudeprodutosnaturais@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O metabolismo de carboidratos tem papel crucial no suprimento de energia para atividade física e para o exercício físico. No exercício de alta intensidade a maioria da demanda energética é suprida pela energia da degradação dos carboidratos. Tornam-se disponíveis para o organismo através da dieta, são armazenados em forma de glicogênio, muscular e hepático e sua falta leva a fadiga (Maughan e colaboradores, 2000).

A fadiga que ocorre em exercícios físicos prolongados e de alta intensidade está associada, em boa parte, com baixos estoques e depleção de glicogênio, hipoglicemia e desidratação. Como os estoques de carboidratos são limitados no organismo, a manipulação da dieta com alimentação rica em carboidratos é fundamental para a reposição muscular e hepática, bem como para a resposta imune. Entretanto, vários fatores como o estado nutricional e de treinamento; o tipo, a quantidade, o horário e a frequência de ingestão de carboidratos afetam a restauração de glicogênio (Coelho e colaboradores, 2004).

Desta maneira, uma disponibilidade adequada de carboidratos é imprescindível para o treinamento e o sucesso do desempenho atlético. Como o gasto energético durante o exercício aumenta em 2 a 3 vezes, a distribuição de macro nutrientes da dieta se modifica nos indivíduos ativos e nos atletas (Matsudo, 2001).

Os atletas devem consumir mais glicídios do que o recomendado para pessoas menos ativas, o que corresponde a 60 a 70% do valor calórico total. É recomendada uma ingestão entre 5 a 10 g/kg/dia de carboidratos dependendo do tipo e duração do exercício físico escolhido e das características específicas do indivíduo; como a hereditariedade, o gênero, a idade, o peso e a composição corporal, o condicionamento físico e a fase de treinamento. As necessidades de ingestão calórica recomendada são entre 37 a 41 kcal/kg de peso por dia, e dependendo dos objetivos, variando entre 30 a 50 kcal/kg/ de peso por dia (Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte, 2003).

A pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, onde foi levantado dados sobre carboidratos antes, durante e após-treinos de alta intensidade e suas

implicações. Através de livros, artigos on-line e impressos desde o ano de 1967. Contribuindo assim, com mais uma opção para os profissionais educadores físicos, nutricionistas e atletas, análises de estratégias de utilização de carboidratos como são significativas na manutenção dos resultados.

O objetivo do presente estudo é verificar através de uma pesquisa bibliográfica a influência dos carboidratos antes, durante e após-treinos de alta intensidade.

CARBOIDRATOS.

Os hidratos de carbono, também conhecidos como carboidratos ou glicídios, são moléculas formadas por carbono e água. Átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio que combinam-se para formar os componentes deste grupo de nutrientes. Devido à proporção mantida entre os elementos hidrogênio e oxigênio, semelhantes à da água (H₂O), os carboidratos são representados de uma maneira geral como C_nH_{2n}O_n, onde "n" representa a quantidade proporcional destes elementos (por exemplo: C₆H₁₂O₆). A maior parte dos hidratos de carbono é de origem vegetal e tem função principalmente energética. Contudo, alguns autores reportam funções estruturais, como participação na estrutura dos cromossomos e genes (Rogatto, 2003)

Carboidratos são importantes substratos energéticos para a contração muscular durante o exercício prolongado realizado sob intensidade moderada e em exercícios de alta intensidade e curta duração. A utilização de estratégias nutricionais envolvendo a ingestão de uma alimentação rica em carboidratos antes da prática de exercícios físicos aumentam as reservas de glicogênio, tanto muscular quanto hepático. Já a ingestão de carboidratos durante o esforço ajuda a manutenção da glicemia sanguínea e a oxidação destes substratos. Após o esforço a ingestão de carboidratos visa repor os estoques depletados e garantir padrão anabólico (Cyrino e Zucas, 1999).

As dietas de baixo carboidrato têm apresentado uma inclinação à fadiga precoce e falta de rendimento durante treinos de alta intensidade (Duhamel e colaboradores, 2006).

Soares (2001) destaca que nosso organismo estoca carboidratos sob a forma de glicogênio, tanto no fígado quanto nos

músculos. Enquanto o glicogênio muscular é usado exclusivamente pelos músculos, o hepático é utilizado para a manutenção da glicemia e com o objetivo de suprir as necessidades energéticas do cérebro, do sistema nervoso e de outros tecidos.

Segundo Maughan e colaboradores, (2000) o conteúdo de glicogênio existente no músculo esquelético é de aproximadamente 14 – 18g por quilograma de massa úmida (aproximadamente um total de 250-400g nos músculos). O fígado também possui glicogênio; entre 80-110g são estocados no fígado de um ser humano adulto em estado pós-absorvido e pode ser liberado na circulação para manter a concentração de glicose no sangue em mais ou menos 0,9g por litro.

Estes limitados depósitos de carboidratos influenciam por quanto tempo você é capaz de se exercitar. Quando seus estoques de glicogênio se põem muito baixos, você atinge o limite – isto é, você se sente extremamente cansado e apela para parar (Clark, 1998).

Para manter, ou até mesmo aumentar, os estoques de glicogênio muscular durante períodos de treinamento, é necessário uma dieta com elevada quantidade de carboidratos (Biesek e colaboradores, 2005).

Tais valores podem ser modificados de acordo com o nível de treinamento do indivíduo, associado à ingestão de dietas ricas em carboidratos (Murray e colaboradores, 1990).

Nos exercícios de força, o treinamento físico associado ao uso de dietas ricas em carboidratos pode proporcionar um aumento nas reservas de glicogênio muscular, acentuando o processo de ganho de massa muscular (hipertrofia) (Cyrino e Zucas, 1999).

Hargreaves (1987) destacava que os efeitos metabólicos e ergogênicos obtidos pela ingestão de carboidratos antes, durante e após o exercício físico, mereciam especial atenção quanto à melhoria do desempenho físico.

TIPOS DE CARBOIDRATOS.

Segundo Ferreira (2000) os carboidratos são as substâncias orgânicas mais abundantes na Terra, devido às suas múltiplas funções em todos os seres vivos, consistem de carbono, hidrogênio e oxigênio. São produzidos pelas plantas, através da fotossíntese (carboidrato e oxigênio são produzidos a partir de gás carbônico e água). As partes verdes das plantas (que contém clorofila, um pigmento verde) são capazes de fabricar glicose (um tipo de carboidrato) quando devidamente iluminadas.

Os hidratos de carbono podem ser classificados em três diferentes tipos, de acordo com o nível de complexidade das moléculas que os representam. Desta forma, os carboidratos são diferenciados pelo número de açúcares simples em combinação dentro da molécula.

QUADRO 1: Características específicas dos carboidratos

Tipo de carboidrato	Características específicas
Frutose	* Incorpora palatabilidade as bebidas; * Promove estímulos 20-30% menor nos níveis plasmáticos de insulina quando comparada a glicose e portanto reduz a lipólise; * Taxa de oxidação 25% que a da glicose.
Galactose	* Taxa de oxidação e de 50% menor que a da glicose.
Maltose	* Taxa de absorção e oxidação semelhante a da glicose.
Sacarose	* Taxa de absorção e oxidação semelhante a da glicose.
Maltodextrina	* Sabor neutro e baixo valor osmótico; * Taxa de absorção e oxidação semelhante a da glicose.
Amido	* Amilopectina – rapidamente ingerida e absorvida; * Amilose – menor taxa da hidrólise.
Frutose mais glicose	* Absorção de água mais eficaz; * Taxa de oxidação maior do que somente glicose.

(Hirschbruch e Carvalho, 2002)

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

Os carboidratos são subdivididos em: 1) monossacarídeos (com um açúcar por molécula), 2) dissacarídeos (com dois açúcares por molécula) e 3) polissacarídeos (com inúmeros açúcares por molécula). Curiosamente, ao contrário dos carboidratos simples (mono e dissacarídeos), os carboidratos complexos (polissacarídeos) não possuem sabor doce (Rugatto, 2003).

Biesek (2005) destaca que o valor nutricional dos alimentos é influenciado por algumas propriedades dos carboidratos: absorção no intestino delgado (digestibilidade

e velocidade), metabolismo dos monômeros absorvidos e produtos da fermentação no intestino delgado (digestibilidade, velocidade e natureza). A extensão da digestão no intestino delgado (digestibilidade) determina a fração do carboidrato total que passará ao intestino grosso para ser fermentado. A digestibilidade do carboidrato é considerada a mais importante propriedade nutricional. A velocidade de absorção no intestino delgado determinará as respostas glicêmicas e hormonais após uma refeição, sendo expressa como índice glicêmico.

QUADRO 2: Índice glicêmico de alguns alimentos ricos em carboidratos:

ALTO	IG	MÉDIO	IG	ALTO	IG
Glicose	97	Cereais tipo musli	68	Chocolate	49
Bebidas esportivas	95	Refrigerantes	68	Feijão	48
Arroz	88	Biscoitos	66	Pão integral	45
Batata assada	85	Sacarose	65	Laranja	43
Cereais de milho	84	Muffins	62	Cereais de fibras	42
Purê de batata	83	Sorvetes	61	Massa	41
Geléia	80	Mingau	61	Maca	36
Mel	73	Suco de laranja	57	logurte flavorizado	33
Melancia	72	Manga	55	Banana verde	30
Pão branco	70	Banana madura	52	Leite	27
				Lentilha	26

O índice glicêmico expresso na tabela tem como referencia a glicose = 100

FONTE: Adaptado de Foster-Powll e Brand Miller (1995)

Durante a prática regular de atividade física prolongada, o consumo de alimentos de médio índice glicêmico são bem tolerados. O esvaziamento gástrico ocorre com maior facilidade neste grupo de alimentos quando comparados aos de alto índice glicêmico na mesma concentração (Hirschbruch e Carvalho, 2002).

A situação de consumo de carboidratos antes, durante e após o esforço, estimulou o aparecimento de grandes variedades de produtos no mercado visando aos atletas e praticantes de atividade física prolongada em geral. Os produtos orientados ao consumo pré-esforço geralmente são formulados com polímeros de glicose (maltodextrina, por exemplo) e devem respeitar concentrações de até 20%. Isto faz com que o seu consumo não comprometa intensamente o direcionamento do fluxo sanguíneo a musculatura durante o exercício.

Já a mesma concentração, porem com estruturas moleculares menores (glicose, frutose, etc.) provocará grandes alterações da

osmolaridade gástrica, resultando um acentuado direcionamento circulatório para esta região. Ao realizar a contração muscular, então haverá o redirecionamento deste fluxo para a musculatura exercitada, provocando um desconforto gástrico e favorecendo manobras do tipo vomito (Hirschbruch e Carvalho, 2002).

DEPLEÇÃO DAS RESERVAS DE GLICOGÊNIO MUSCULAR.

Muitos estudos, ao longo das últimas décadas, têm demonstrado a relação direta entre os níveis de glicogênio muscular pré-exercício e o tempo de exaustão durante o esforço (Bergström e colaboradores, 1967; Karlsson e Saltin, 1971; Mcconell e colaboradores, 1994 e Mitchell e colaboradores, 1989). Dessa forma, a depleção das reservas de glicogênio muscular tem sido freqüentemente associada à fadiga

em diferentes exercícios físicos (Coggan e Coyle, 1987; Coyle e colaboradores, 1986).

Em esforços prolongados, realizados sob intensidade moderada (60% a 85% do VO₂ máximo), o consumo da glicose é intensificado, principalmente nos estágios mais avançados do esforço, para o fornecimento de energia, visto que, nesse momento, as reservas de glicogênio muscular se encontram reduzidas, o que contribui acentuadamente para a queda do rendimento (Coggan e Coyle, 1987). Portanto, a depleção das reservas de glicogênio muscular apresenta uma forte correlação com a fadiga (Coggan e Coyle, 1987; Costill e Hargreaves, 1992).

Neste sentido, o treinamento de resistência aeróbia realizado de forma regular pode gerar alterações metabólicas importantes, tais como a redução na taxa de depleção do glicogênio muscular, aumento na utilização de triglicérides intramusculares e/ou ácidos graxos livres plasmáticos e, conseqüentemente, protelamento do início da fadiga (Donovan e Sumida, 1997; Kiens e colaboradores, 1993; Phillips e colaboradores, 1995; Phillips e colaboradores, 1996a).

Já em esforços desenvolvidos sob baixa intensidade (inferior a 60% do VO₂ máximo), as reservas de glicogênio muscular se mantêm relativamente altas, visto que, aparentemente, existe um aumento da participação dos AGL para o fornecimento de energia (Donovan e Sumida, 1997). Isso vem demonstrar que, em exercícios de baixa intensidade, outros mecanismos, fora a depleção dos depósitos de glicogênio muscular, têm importante participação no desencadeamento do processo de fadiga muscular (Fitts, 1994).

A taxa de depleção do glicogênio para um determinado músculo, em particular, depende diretamente do tipo, da duração e da intensidade do exercício físico (Abernethy e colaboradores, 1994).

A depleção das reservas de glicogênio muscular pode causar fadiga também em exercícios repetitivos, sob alta intensidade, como nas atividades de musculação ou ginástica com pesos (Fitts, 1994), embora a magnitude dessa redução não seja tão acentuada quanto à observada em exercícios de resistência (Tarnopolsky e colaboradores, 1992).

Durante o exercício de força, existe uma queda de cerca de 25% nos depósitos de

glicogênio muscular nos primeiros trinta minutos de prática, sendo depletadas preferencialmente as fibras de contração rápida (tipo IIb). Essa queda é idêntica à observada em corredores de velocidade após trinta segundos de corrida máxima (sprint) (Tesh e colaboradores, 1986).

Por outro lado, o treinamento de força pode aumentar os depósitos de glicogênio muscular em até aproximadamente 90%, como observado em culturistas quando comparados a indivíduos não treinados. Todavia, esses valores podem ter sido influenciados pela alta taxa de ingestão de carboidratos na dieta, comum em atletas dessa modalidade (Tesh e colaboradores, 1986).

De fato, quando comparamos com indivíduos não treinados, os sinais das fibras musculares treinadas que podem acelerar o metabolismo durante o exercício estão atenuados, portanto, reduzindo a utilização de carboidratos e provavelmente contribuindo para uma economia de glicogênio muscular que é observado em pessoas treinadas (Karlsson e colaboradores, 1972). Essas adaptações metabólicas do músculo favorecem o desempenho de indivíduos treinados para provas de resistência aeróbia (Holloszy e Boot, 1976; Holloszy e Coyle, 1984).

CARBOIDRATOS E EXERCÍCIOS.

Segundo Coyle (2005) os atletas e os não-atletas se interessam por informações sobre alimentação que sejam simples, práticas e fáceis para que consigam atingir seus objetivos físicos. Muitos livros e artigos populares descrevem assuntos contraditórios a respeito de como deve ser a ingestão de carboidratos na prática de atividade física, deixando os praticantes confusos. Os estudos científicos afirmam que a quantidade e o tipo de carboidrato devem variar diretamente com a intensidade e o volume de exercício.

Conforme Coelho e colaboradores, (2004), para uma ressíntese ideal, deve-se observar a taxa ou quantidade, a frequência e o período de ingestão, como também o tipo de carboidrato ingerido. As variáveis a serem controladas dependem da duração e da intensidade do esforço físico (magnitude da

depleção do glicogênio) e do período em que ocorrerá outra sessão de exercício.

De acordo com Ivy (2004), o glicogênio muscular é essencial para o exercício intenso, tanto de forma aeróbica como anaeróbica; e como, os esportes competitivos necessitam de várias sessões de treinamentos diários ou competições em dias consecutivos, é fundamental a aplicação de estratégias de rápida restauração de glicogênio.

Quanto maior a intensidade dos exercícios maior será a participação dos carboidratos como fornecedores de energia. Exercício prolongado reduz acentuadamente a concentração de glicogênio muscular, exigindo constante preocupação com a sua reposição, porém, apesar de tal constatação, tem sido observado um baixo consumo de carboidratos pelos praticantes de atividade física (Carvalho, 2003). A restrição do carboidrato na dieta determina cetose e perda de proteínas musculares (Ferreira, 2000).

Segundo Coyle (2005) indivíduos que ingerem uma dieta pobre em carboidratos devem apresentar uma tolerância reduzida ao exercício, assim como o comprometimento da capacidade de melhorar sua resistência física por meio de treinos. Em um estudo feito com rapazes que praticavam atividade física de 2-4 vezes por semana por sete dias comparando a ingestão de uma dieta rica em carboidratos com uma dieta pobre em carboidratos, verificou-se que a dieta pobre em carboidratos é prejudicial para praticantes de atividade física de longa duração.

Como o gasto energético durante o exercício aumenta em 2 a 3 vezes, a distribuição de macro nutrientes da dieta se modifica nos indivíduos ativos e nos atletas. Os atletas devem consumir mais glicídios do que o recomendado para pessoas menos ativas, o que corresponde a 60 a 70% do VCT (Valor calórico total). É recomendado uma ingestão entre 5 a 10 g/kg/dia de carboidratos dependendo do tipo e duração do exercício físico escolhido e das características específicas do indivíduo; como a hereditariedade, o gênero, a idade, o peso, composição corporal, o condicionamento físico e a fase de treinamento. Em relação às necessidades calóricas, recomenda-se a ingestão entre 37 a 41 kcal/kg de peso por dia, e dependendo dos objetivos, variando entre 30 a 50 kcal/kg de peso por dia (Carvalho, 2003).

A INGESTÃO DE CARBOIDRATOS PRÉ-EXERCÍCIO.

Antes do treino, uma refeição ou lanche deveria providenciar quantidades suficientes de líquidos para manter a hidratação. Ser relativamente baixo em gorduras e fibras para facilitar o esvaziamento gástrico e minimizar o estresse gastrointestinal. Ser relativamente alto em carboidratos para maximizar a manutenção da glicose sanguínea. Moderado em proteínas e composto por alimentos que o atleta esteja familiarizado, para reduzir os riscos de intolerância (Colégio Americano de Medicina do Esporte, 2000).

Com relação à ingestão de carboidratos pré-exercício, um dos fatores que não pode ser desprezado é o tempo que antecede essa prática. Assim, deve-se tomar bastante cuidado com a administração de alimentos à base de glicose, realizada cerca de 30-60 minutos antes do esforço físico, visto que isso pode levar à hiperinsulinemia, reduzindo as concentrações sanguíneas de glicose e ácidos graxos livres (AGL). Essas alterações metabólicas podem desencadear um aumento da utilização das reservas de glicogênio muscular (glicogenólise) durante os estágios iniciais do exercício físico, comprometendo negativamente o desempenho, particularmente em esforços prolongados (Cyrino e Zucas, 1999).

Existem evidências que a ingestão de carboidratos imediatamente antes e durante o treinamento intenso é benéfico para a performance, independente dos efeitos nos estoques de glicogênio muscular. Vários estudos têm mostrado que o carboidrato ingerido aumenta a performance em atividades em torno de 1h (uma hora) de duração, comparado com água ou placebo, nessas situações o estoque de glicogênio muscular não é o ponto limitante, especialmente se o atleta estiver com as reservas de energia altas antes do treino (Burke e colaboradores, 2005).

A INGESTÃO DE CARBOIDRATOS DURANTE O EXERCÍCIO.

Durante o exercício físico, é importante que a suplementação de

carboidratos ingerida seja rapidamente absorvida para que se mantenham as concentrações da glicose sangüínea, principalmente em esforços realizados por períodos de tempo prolongados, quando os depósitos endógenos de carboidratos tendem a se reduzir significativamente. Desse modo, a administração de carboidratos pode resultar em aumento na disponibilidade da glicose sangüínea, reduzindo a depleção de glicogênio muscular observada nas fases iniciais do desempenho físico. Apesar de todas essas evidências, muitos estudos têm demonstrado que a suplementação de carboidratos melhoram acentuadamente o desempenho físico apenas em esforços extremamente prolongados (superiores a duas horas) (Cyrino e Zucas, 1999).

Durante o exercício, o objetivo primordial para os nutrientes consumidos é repor os líquidos perdidos e providenciar carboidratos (aproximadamente 30 a 60g por hora) para a manutenção das concentrações de glicose. Esse tipo de nutrição é especialmente importante para atividades superiores a uma hora, ou quando o atleta não consome líquidos e nutrientes adequados antes do treino, ou em ambientes hostis (calor, frio, ou altitude) (Colégio Americano de Medicina do Esporte, 2000).

De acordo com Carvalho (2003) o ideal é utilizar uma mistura de glicose, frutose e sacarose. O uso isolado de frutose pode causar distúrbios gastrintestinais. De acordo com Guerra (2002) o consumo de carboidratos durante o exercício com uma duração superior à uma hora assegura o fornecimento de quantidade de energia durante os últimos estágios do exercício.

A reserva de glicogênio muscular é a principal fonte de glicose para o exercício e quando esta reserva está baixa a capacidade do praticante de se manter exercitando diminui. A depleção de glicogênio pode ser um processo gradual que ocorre após dias de treinamento intenso onde a reposição destas reservas não ocorre apropriadamente (Carvalho 2003).

A INGESTÃO DE CARBOIDRATOS APÓS-EXERCÍCIO.

A recuperação após o exercício é um desafio para o atleta, pois ele treina exaustivamente e tem um período que varia de 6 a 24 horas de recuperação entre as sessões de treinamento e a recuperação envolve desde a restauração de glicogênio hepático e muscular até a reposição de líquidos e eletrólitos perdidos no suor (Guerra, 2002).

Depois do treino o principal objetivo da dieta é providenciar energia e carboidratos necessários para a reposição do glicogênio muscular e assegurar uma rápida recuperação. Se um atleta está com o glicogênio depletado após o treino ou a competição, a quantidade de carboidrato ingerido seria em torno de 1,5g/kg de peso corporal durante os primeiros 30 minutos e pode ser repetido dentro das próximas 2 horas até estarem reabilitados os estoques de glicogênio (Colégio Americano de Medicina do Esporte, 2000).

O processo de recuperação envolve a restauração dos estoques de glicogênio hepático e muscular. Após o término do exercício é necessário que a ingestão do glicogênio muscular seja completa, não comprometendo assim a recuperação do praticante (Guerra 2002).

Alimentos ricos em carboidratos como batatas, massas, aveia e bebidas esportivas com índice glicêmico moderado e alto são boas fontes de carboidratos para a síntese de glicogênio muscular e devem ser a primeira escolha de carboidratos nas refeições de recuperação (Coyle 2005).

Se o praticante de atividade física for bem nutrido, o treino não imporá nenhuma demanda especial de qualquer nutriente. Os estoques corporais de carboidratos e gorduras satisfazem as exigências de energia da maior parte das atividades com duração inferior a uma hora (Williams 2002).

Quadro 3: Comparativo das indicações de ingestão de carboidrato pós treino.

Tarnapolsky e colaboradores (1997)	0,7 a 1,5 g/kg/h	Por 4 horas
CAME (2000)	1,5 g/kg/h	Por 2 horas
Jentjens e Jeukendrup (2003)	1,0 – 1,85 g/kg/h	Por 5 horas
Ivy (2004)	0,7 a 1,5 g/kg/h	Por 2 horas

Foi proposto por Ivy (2004), que quantidades menores (menos que 0,7 g/kg de peso corporal por hora) reduzem a taxa de reposição, enquanto concentrações elevadas (mais que 1,5 g/kg de peso corporal por hora) parecem não otimizar a ressíntese.

Caso não ocorra reposição de carboidratos nas primeiras horas após o exercício, a ressíntese pode ser diminuída em aproximadamente 50% (Jentjens e Jeukendrup, 2003).

No que diz respeito à escolha dos alimentos ricos em carboidratos a serem administrados pós-exercício, essa deve ser feita tomando-se como base o índice glicêmico dos mesmos. Haja vista que, na fase de recuperação, os alimentos de alto índice glicêmico promovem uma reposição dos depósitos de glicogênio muscular de maneira muito mais eficiente (rápida) do que aqueles de baixo índice glicêmico. No entanto, a escolha deve recair sobre os alimentos à base de glicose, visto que esses promovem uma reposição mais rápida dos depósitos de glicogênio muscular do que os alimentos à base de frutose (Cyrino e Zucas, 1999).

Estudos sugerem não haver diferença entre o tipo de carboidrato de alto índice glicêmico ingerido pós treino, na tentativa de otimizar o anabolismo (Kreider e colaboradores, 2007).

Alguns estudos têm demonstrado que a gliconeogênese contribui para a ressíntese do glicogênio nos momentos que sucedem o fim do esforço intenso, tendo em vista que é estimado que 13% a 27% do lactato acumulado durante o exercício é reconvertido em glicogênio durante os períodos de recuperação (Cyrino e Zucas, 1999).

Então, após o exercício físico, a ingestão de carboidratos faz-se extremamente necessária para a reposição das reservas de glicogênio muscular depletadas durante a prática (Cyrino e Zucas, 1999).

ESTUDOS DE CAMPO ENVOLVENDO O USO DE CARBOIDRATOS E A PRÁTICA DE EXERCÍCIO FÍSICO.

Foram analisados 18 artigos de campo sendo 17 internacionais e 1 nacional, publicados entre 1999 e 2007 encontrados nos sites www.googleacademic.com e www.scielo.org.br. As palavras-chave para a busca dos artigos foram: carboidrato, treino, intensidade, estratégias. Os critérios de inclusão dos artigos foram: a utilização de carboidratos, a sua relação direta com o resultado dos treinos ou obtenção de fatores relacionados à saúde.

De todos os artigos analisados as amostras eram constituídas em 89% dos casos por homens e 11% são mistos, somando um total de 304 sujeitos. A faixa etária foi entre 18 e 36 anos de idade.

Dentre os 18 artigos analisados, 13 apresentaram modificações positivas no desempenho atlético, ou no metabolismo, ou nas substâncias liberadas na corrente sanguínea; os outros estudos não apresentaram modificações. Nenhum dos estudos demonstraram resultados negativos, apenas em Burke (2005) o carboidrato em gel utilizado apresentou desconforto gástrico para alguns atletas, mas não alterou a performance.

Foram utilizados vários instrumentos e protocolos para aferição e coletas de dados, sendo eles: avaliação antropométrica, peso hidrostático, teste de carga máxima, bioimpedância, teste de VO₂ máximo, exames de sangue e lactato.

Muitos tipos de exercícios físicos foram utilizados em protocolos variados, sendo testadas várias estratégias alimentares envolvendo carboidratos, com objetivo de alguma melhora, seja no desempenho atlético ou da saúde.

A variedade de protocolos torna impossível um comparativo confiável entre todos os estudos, mas a maioria (13 estudos), obtiveram algum tipo de alteração positiva com a utilização de carboidratos.

Nota-se a pequena quantidade de estudos com mulheres, uma variedade muito grande de protocolos e estratégias nutricionais adotadas pelos autores.

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

QUADRO 4: Comparativo entre os estudos de campo envolvendo carboidratos e a prática de exercícios físicos.

ESTUDO	AMOSTRA	PROTOCOLO	EFEITOS
MEYER e colaboradores, 2003	14 Homens	0%, 6% ou 12% carboidrato, durante de 4 horas de ciclismo.	Inibição da lipólise e aumento da glicólise
GREEN e colaboradores, 2007	8 Homens	Dieta de alto e baixo carboidrato por 3 dias e 30 min de bicicleta ergométrica.	Aumento em 40% o tempo para fadiga na dieta de alto carboidrato
ACHTEN e colaboradores, 2003	7 Homens	Dieta de 8,5 g/Kg/dia carboidrato comparada a 5,4 g/Kg/dia para corredores.	Dieta com mais carboidrato melhorou a performance e o estado de humor.
FAIRCHILD e colaboradores, 2001	7 Homens	130s de bicicleta ergométrica a 130% do VO ₂ máximo seguido de 24 horas de alto carboidrato.	Aumento do glicogênio muscular.
BOCK e colaboradores, 2007	8 Homens	2 Sessões de 2h de bicicleta ergométrica a 75% do VO ₂ máximo com intervalo de 3 semanas, uma com carboidrato antes e durante e outra com carboidrato depois.	Nos dois tipos de ingestão de carboidrato foi observado pouca reserva de glicogênio nas fibras musculares do tipo IIa.
MOURTZAKIS e colaboradores, 2006	6 Homens	1 sessão de bicicleta ergométrica a 44% do VO ₂ máximo até a exaustão, com acompanhamento de piruvato, ácidos graxos e amino ácidos circulantes.	A redução gradual de piruvato foi relacionado a redução da oxidação de carboidrato.
JEUKENDRUP e colaboradores, 1999	6 Homens	3 sessões de 120 min na bicicleta ergométrica a 50% do VO ₂ máximo, com uma solução de 6% ou 22% de glicose.	Oxidação do glicogênio muscular não foi reduzida com altas taxas de carboidrato.
JEUKENDRUP e colaboradores, 2006	8 Homens	3 sessões de 5 horas na bicicleta ergométrica a 58% do VO ₂ máximo, com uma solução de glicose ou de glicose mais frutose.	Glicose mais frutose aumentou a oxidação de carboidrato exógeno comparado a somente glicose.
LI e colaboradores, 2004	8 Homens	3 sessões de 90 min de corrida após refeição com alto e baixo índice glicêmico.	O índice glicêmico influenciou nos Leucócitos circulantes e na glicose plasmática

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

SÁ e PORTELA, 2001	10 Homens	Testes progressivos máximos, com dieta normal ou hiperglicídica.	Não apresentou modificação na performance.
MCANULTY e colaboradores, 2005	30 Homens	2 horas de exercícios com pesos, usando carboidrato ou Placebo.	Sem diferença no estresse oxidativo ou no potencial oxidativo do plasma.
MILLER e colaboradores, 2003	6 Homens e 4 Mulheres	10 série de 10 repetições no leg press e 8 séries de 8 repetições no extensor de joelhos com carboidrato ou aminoácido ou carboidrato mais aminoácido.	A união de carboidrato com aminoácido mostrou melhores resultados na síntese de proteína muscular.
BURKE e colaboradores, 2000	8 homens	Dieta de alto carboidrato ou dieta hipocalórica com alto padrão de gordura antes de 2h de bicicleta ergométrica a 70% do VO ₂ máximo.	Demonstrou adaptações metabólicas a altas taxas de gordura.
SOUSA e colaboradores, 2007	15 Homens	Corrida 12 tiros de 800 metros ingerindo carboidrato ou Placebo nos intervalos.	Suplementação com carboidrato resultou em mais lactato associado com a supressão da lipólise.
KREIDER e colaboradores, 2007	19 Homens 21 Mulheres	Musculação, 9 exercícios com 3 séries de 10 repetições, usando carboidrato com Proteína ou Placebo.	As diferentes formas de carboidrato utilizadas junto com a Proteína apresentaram resultados muito parecidos ou iguais.
BIRD e colaboradores, 2005	32 Homens	Musculação, 13 exercícios com 3 séries de 10 repetições. Usando carboidrato ou Amino ácido essencial ou o MIX (carboidrato mais aminoácido essencial) ou Placebo.	O Mix (carboidrato mais aminoácido) mostrou mais efeitos anticatabólicos do que apenas uma das substâncias separadamente.
BURKE e colaboradores, 2005	18 Homens	Meia-maratona utilizando carboidrato em gel ou Placebo.	Sem diferença na performance, apenas desconforto gástrico de alguns atletas.
DUHAMEL e colaboradores, 2006	9 Homens	Bicicleta ergométrica a 60% do VO ₂ máximo até a exaustão seguida de uma dieta de baixo carboidrato.	Observou-se perda da eficiência e da performance.

CONCLUSÃO

A manutenção de concentrações elevadas de glicogênio muscular é extremamente importante, principalmente em atletas de esportes de alto rendimento, onde o desempenho máximo é exigido constantemente.

O treinamento físico regular, bem como uma alimentação adequada e balanceada pode influenciar positivamente no aumento das reservas de glicogênio muscular.

Ao contrário do que ocorre com atletas de endurance, dietas ricas em carboidratos são pouco comuns entre fisiculturistas e atletas com treinamento de força e potência, talvez isso possa ser explicado por fatores como a escolha por dietas hiperproteicas, ou a carência de estudos relacionando treinos de alta intensidade com papel dos carboidratos, mas o consumo de carboidratos durante e após o exercício causa alterações hormonais que são benéficas para a reposição do glicogênio muscular e promoção de outros processos anabólicos.

REFERÊNCIAS

- 1- ABERNETHY, P.J.; e colaboradores. Acute and chronic response of skeletal muscle to resistance exercise. *Sports Medicine*. 17(1): 22-38, 1994.
- 2- American College of Sports Medicine, the American Dietetic Association, and the Dietitians of Canada. Nutrition and Athletic Performance. *Can J Diet Prac Res* 2000; 61:176-192.
- 3- Achten, J.; e colaboradores. Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. *J Appl Physiol* 96:1331-1340, 2004.
- 4- Bacurau, R.F. Nutrição e suplementação esportiva. 5ª ed. São Paulo: Phorte, 2007.
- 5- Bergström, J.; e colaboradores. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*. 71: 140-150, 1967.
- 6- Biesek, S.; Alves, L.A.; Guerra, I. Estratégias de nutrição e suplementação no esporte. Editora Manole, 1ª ed. Brasileira – 2005.
- 7- Bird, S.P.; Tarpenning K.M.; Marino F.E. Liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion during a short-term bout of resistance exercise suppresses myofibrillar protein degradation. School of Human Movement Studies, Charles Sturt University, Bathurst, Australia, doi:10.1016/j.metabol.2005.11.011. 2005.
- 8- Bock, K.; e colaboradores. Fiber type-specific muscle glycogen sparing due to carbohydrate intake before and during exercise. *J Appl Physiol* 102: 183–188, 2007.
- 9- Burke, L.M.; e colaboradores. Effect of fat adaptation and carbohydrate restoration on metabolism and performance during prolonged cycling. *Sports Science and Sports Medicine*. 89: 2413–2421. 2000.
- 10- Burke, L.M.; e colaboradores. Effect of Carbohydrate Intake on Half-Marathon Performance of Well-Trained Runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15, 573-589. 2005.
- 11- Carvalho, T. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Niterói, v. 9, n. 2, p. 43-56, mar./abr. 2003.
- 12- Chromiak, J.A.; e colaboradores. Effect of a 10-Week Strength Training Program and Recovery Drink on Body Composition, Muscular Strength and Endurance, and Anaerobic Power and Capacity. *Nutrition* 2004;20:420–427. Elsevier Inc. 2004.
- 13- Clark, N. Guia de nutrição desportiva; 2ª Ed. Editora Artmed; 1998.
- 14- Coelho, C.F.; Sakzenian, V.M.; Burini, R.C. Ingestão de carboidratos e desempenho físico. *Revista Nutrição em Pauta*. v. 4.nº 67. p. 51-56. 2004.
- 15- Coggan, A.R.; Coyle, E.F. Reversal of fatigue during prolonged exercise by

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

- carbohydrate infusion. *Journal of Applied Physiology*. 63(6): 2388- 2395, 1987.
- 16- Costill, D.L.; Hargreaves, M. Carbohydrate, nutrition and fatigue. *Sports Medicine*. 13(2): 86-92, 1992.
- 17- Coyle, E.F.; e colaboradores. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *Journal of Applied Physiology*. 61(1): 165-172, 1986.
- 18- Coyle, E.F.; Mountain, S.J. (1992). Benefits of fluid replacement with carbohydrate during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24, pp. S324.
- 19- Coyle, E.F. Altos e baixos das dietas à base de carboidratos. *Eports Science Exchange*. São Paulo. Jan./Fev./Mar. 2005.
- 20- Cyrino, E.S.; Zucas, S.M.. Influência da ingestão de carboidratos sobre o desempenho físico. *Revista da Educação Física/UEM* 10(1):73-79, 1999.
- 21- Donovan, C.M.; Sumida, K.D. Training enhanced hepatic gluconeogenesis: the importance for glucose homeostasis during exercise. *Medicine & Science in Sports and Exercise*. 29(5): 628-634, 1997.
- 22- Duhamel, T.A.; e colaboradores. Comparative Effects of a Low Carbohydrate Diet and Exercise Plus a Low Carbohydrate Diet on Muscle Sarcoplasmic Reticulum Responses in Males. *American Physiological Society* doi:10.1152/ajpcell.00643. 2006.
- 23- Fairchild, T.J.; e colaboradores. Rapid carbohydrate loading after a short bout of near maximal-intensity exercise. *American College of Sports Medicine*. 0195-9131/02/3406-0980. 2001.
- 24- Ferreira, C.P. *Bioquímica básica*. 4ª edição. São Paulo: ed. Revisada e ampliada, 2000.
- 25- Fitts, R.H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiology Reviews*. 74: 49-94, 1994.
- 26- Guerra, I. Importância da alimentação do atleta visando a melhora da performance. *Revista Nutrição em Pauta*. v. 4. p. 63-66. 2002.
- 27- Green, H.J.; e colaboradores. Mechanical and Metabolic Responses with Exercise and Dietary Carbohydrate Manipulation. *American College of Sports Medicine*. DOI: 10.1249/01.mss.0000241644.20843.b9. 2007.
- 28- Hargreaves, M.; e colaboradores. Effect of pre-exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. *Medicine & Science in Sports and Exercise*. 19(1): 33-36, 1987.
- 29- Hirschbruch, M.D.; Carvalho, J.R. *Nutrição esportiva (uma visão pratica)*. Editora Manole, 1 edição brasileira – 2002.
- 30- Holloszy, J.O.; Booth, F.W. Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Ann. Rev. Physiol*. 38:273-291. 1976.
- 31- Holloszy, J.O.; E.F. Coyle. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences, *J.Appl. Physiol*. 56: 831-838. 1984.
- 32- Ivy, J.L. Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *Journal of Sports and Medicine*. n 3. p. 131-138. 2004.
- 33- Jeff, S. Volek. *Strength Nutrition*. *Current Sports Medicine Reports*, 2:189–193. 2003.
- 34- Jentjens, R.; Jeukendrup, A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*. v. 33. nº 2. p. 117-144. 2003.
- 35- Jeukendrup, A.E.; e colaboradores. Carbohydrate ingestion can completely suppress endogenous glucose production during exercise. *American Physiological Society*, 0193-1849. 1999.
- 36- Jeukendrup, A.E.; e colaboradores. Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. *J Appl Physiol* 100:1134-1141, 2006.
- 37- Karlsson, J.; Saltin, B. Diet, muscle glycogen and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*. 31(1): 203-206, 1971.

38- Karlsson, J.; e colaboradores. Muscle lactate, ATP, and CP levels during exercise after physical training in man. *J.App. Physiol.* 33:199-203. 1972.

39- Kiens, B.; e colaboradores. Skeletal muscle substrate utilization during submaximal exercise in men: effect of endurance training. *Journal of Physiology.* 469: 459-478, 1993.

40- Kreider, R.B.; e colaboradores. Effects of ingesting protein with various forms of carbohydrate following resistance-exercise on substrate availability and markers of anabolism, catabolism, and immunity. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* doi:10.1186/1550-2783-4-18. 2007.

41- Li, T.; e colaboradores. The Effects of Pre-Exercise High Carbohydrate Meals With Different Glycemic Indices on BloodLeukocyte Redistribution, IL-6, and Hormonal Responses During a Subsequent Prolonged Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*,14, 647-656. 2004.

42- Matsudo, S. M. Nutrição, atividade física e desempenho. *Revista Nutrição em Pauta.* v. 2. p. 31-37. 2001.

43- Maughan, R.; e colaboradores. *Bioquímica do exercício e do treinamento.* Tradução de Elisabeth de Oliveira. São Paulo: Manole, 2000. 241p.

44- Mcanulty, S.R.; e colaboradores. Effect of resistance exercise and carbohydrate ingestion on oxidative stress. *Free Radical Research*, November,39(11): 1219–1224. 2005.

45- McConell, G.; e colaboradores. Effect of carbohydrate ingestion on glucose kinetics during exercise. *Journal of Applied Physiology.* 77(4): 1537-1541, 1994.

46- Meyer, T.; e colaboradores. Metabolic profile of 4 h cycling in the field with varying amounts of carbohydrate supply. *Eur J Appl Physiol* 88: 431–437 DOI 10.1007/s00421-002-0712-3. 2003.

47- Miller, S.L.; e colaboradores. Independent and Combined Effects of Amino Acids and

Glucose after Resistance Exercise. *American College of Sports Medicine*
DOI: 10.1249/01.MSS.0000053910.63105.45. 2003.

48- Mitchell, J.B.; e colaboradores. Influence of carbohydrate dosage on exercise performance and glycogen metabolism. *Journal of Applied Physiology.* 67(5): 1843-1849,1989.

49- Mourão, D.M.; e colaboradores. Alimentos modificados e suas implicações no metabolismo energético. *Revista de Nutrição de Campinas*, 18(1):19-28, 2005.

50- Mourtzakis, M.; e colaboradores. Carbohydrate metabolism during prolonged exercise and recovery: interactions between pyruvate dehydrogenase, fatty acids, and amino acids. *J Appl Physiol* 100: 1822–1830, 2006.

51- Murray, R.K.; e colaboradores. (Ed.) *Harper's Biochemistry*, p.171-8. Norwalk: Appleton & Lange, 1990.

52- Phillips, S.M.; e colaboradores. Decrease glucose turnover following short-term training is unaccompanied by changes in muscle oxidative potential. *American Journal of Physiology.* 269: E222-230, 1995.

53- Phillips, S.M.; e colaboradores. Effects of training duration on substrate turnover and oxidation during exercise. *Journal of Applied Physiology.* 81(6): 2182-2191, 1996a.

54- Rogatto, G.P. Hidratos de carbono: aspectos básicos e aplicados ao exercício físico. <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 8 - N° 56 - Enero de 2003.

55- Sá, C.A.; Portela, L.O. A manipulação de carboidratos na dieta e o diagnóstico da performance. *Rev. Bras. Ciên. e Mov. Brasília* v. 9 n. 1 p. 13 - 24 janeiro. 2001.

56- Sharon, L.; e colaboradores. Independent and Combined Effects of Amino Acids and Glucose after Resistance Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 35, No. 3, pp. 449-455, 2003.

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

57- Soares, E.A.; Ferreira, A.M.D.; Ribeiro, B.G. Consumo de carboidratos e lipídios no desempenho em exercícios de ultra-resistência. Rev. bras. med. esporte;7(2):67-74, mar.-abr. 2001.

58- Sousa, M.V.; e colaboradores. Effects of acute carbohydrate supplementation during sessions of high-intensity intermittent exercise. Eur J Appl Physiol 99:57-63, 2007.

59- Tarnopolsky, M.A.; e colaboradores. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. Journal of Applied Physiology. 73(5): 1986-1995, 1992.

60- Tesh, P.A.; e colaboradores. Muscle metabolism during intensive heavy-resistance exercise. European Journal of Applied Physiology. 55: 362-366, 1986.

61- Williams, M.H. Nutrição para saúde, condicionamento físico e desempenho esportivo. 5ª edição. Barueri: Manole, 2002.

Recebido para publicação em 23/08/2008

Aceito em 10/09/2008