

**A SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOIDRATOS E A FADIGA EM PRATICANTES DE ATIVIDADES DE ENDURANCE****Márcio Machado Sobral de Sousa<sup>1</sup>, Francisco Navarro<sup>2</sup>****RESUMO**

Introdução: A fadiga é um fator que limita a performance e pode ser definida como o conjunto de manifestações que diminuem a capacidade de manter, ou continuar, o rendimento esperado. Os carboidratos são importantes para postergar ou evitar a fadiga, já que alguns autores mostraram que a sua ingestão antes, durante e/ou depois da atividade, tem esta capacidade. Objetivo: Confrontar os estudos onde foram utilizados diferentes tipos de carboidratos em praticantes de atividades de endurance. Revisão da Literatura: Os estoques de glicogênio e a glicemia são fatores importantes, relacionados à fadiga. A quantidade, o tipo dos carboidratos e o momento (antes, durante ou depois da atividade) estão relacionados com o resultado desejado. A quantidade de carboidratos vai depender do momento e da intensidade do exercício. Uma mistura de carboidratos de alto, médio e baixo índices glicêmicos para antes e/ou durante a atividade física, tem o intuito de manter os estoques de glicogênio e a glicemia. Os carboidratos de alto índice glicêmico, após o exercício, são para repor os estoques de glicogênio. Porém, o mecanismo para postergar ou evitar a fadiga, ainda é desconhecido. Conclusão: Apesar de todas as evidências da eficácia da ingestão dos carboidratos como forma de evitar ou retardar o processo de fadiga muscular em praticantes em atividades de endurance, o seu mecanismo ainda é desconhecido. Portanto, é importante a realização de novos estudos para maiores esclarecimentos sobre como ocorre este processo.

**Palavras-chave:** Fadiga, Suplementação, Carboidratos, Endurance.

1 - Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho - Bases Nutricionais da Atividade Física: Nutrição Esportiva

2 - Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

**ABSTRACT**

Carbohydrate supplementation and fatigue in practising endurance activities

Introduction: Fatigue is a factor that limits performance and can be defined as the set of events that diminish the ability to maintain or continue, the expected return. Carbohydrates are important to delay or avoid fatigue, as some authors showed that their intake before, during and / or after the activity has this capability. Objective: To compare the studies that were used different types of carbohydrates in practitioners of endurance activities. Literature Review: Glycogen stores and blood glucose are important factors related to fatigue. The amount, type of carbohydrates and timing (before, during or after activity) are related to the desired result. The amount of carbohydrates will depend on the timing and intensity of exercise. A mixture of carbohydrates at high, medium and low glycemic index for before and / or during physical activity, aims to maintain glycogen stores and blood glucose. The carbohydrates with high glycemic index after exercise, are to replenish glycogen stores. However, the mechanism to delay or avoid fatigue, it is still unknown. Conclusion: Despite all the evidence on the effectiveness of the carbohydrates intake as a way to prevent or retard the process of muscle fatigue in practitioners in endurance activities, its mechanism is still unknown. Therefore, it is important to conduct further studies for clarification on how this process occurs.

**Key words:** Fatigue, Supplementation, Carbohydrate, Endurance.

Endereço para correspondência:  
[marcio.sobral@unidadevital.com.br](mailto:marcio.sobral@unidadevital.com.br)

### INTRODUÇÃO

A fadiga é um fator que limita a performance e vai limitar o sucesso do atleta. Quais são os mecanismos que levam a fadiga? A fadiga pode ser inicialmente definida como o conjunto de manifestações produzidas por trabalho ou exercício prolongado, tendo como consequência a diminuição da capacidade funcional de manter, ou continuar, o rendimento esperado. Fisiologicamente, o termo fadiga vem sendo definido, em inúmeros trabalhos, como a “incapacidade para manter o poder de rendimento” tanto em exercícios de resistência como em estados de hiper treinamento (Rossi e Tirapegui, 1999). A fadiga está dividida em fadiga central e fadiga periférica. O meu estudo tem o interesse de focar na fadiga periférica. Quais são os fatores que estão levando a uma maior produção ou uma menor remoção e, por isto, vai levar a um maior acúmulo.

Sabendo que os carboidratos são importantes para postergar ou evitar a fadiga,

já que alguns autores mostraram que os carboidratos administrados antes, durante e/ou depois de uma prova, ou treinamento, tem esta capacidade, então será uma parte, deste estudo de revisão, confrontar os estudos onde foram utilizados diferentes tipos de carboidratos em praticantes de atividades de endurance.

Krogh e Lindhardt (1920), provavelmente foram os primeiros a reconhecer a importância dos carboidratos como fonte de energia durante o exercício. O objetivo do trabalho realizado por eles, executado em um ambiente (Figura 1) especialmente preparado para os testes, foi comparar a quantidade de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> encontrados na respiração de um indivíduo, após este executar um exercício em uma bicicleta ergométrica. A forma e as dimensões foram escolhidas com o intuito de acomodar a bicicleta ergométrica com o ciclista montado e fazendo a máquina funcionar.

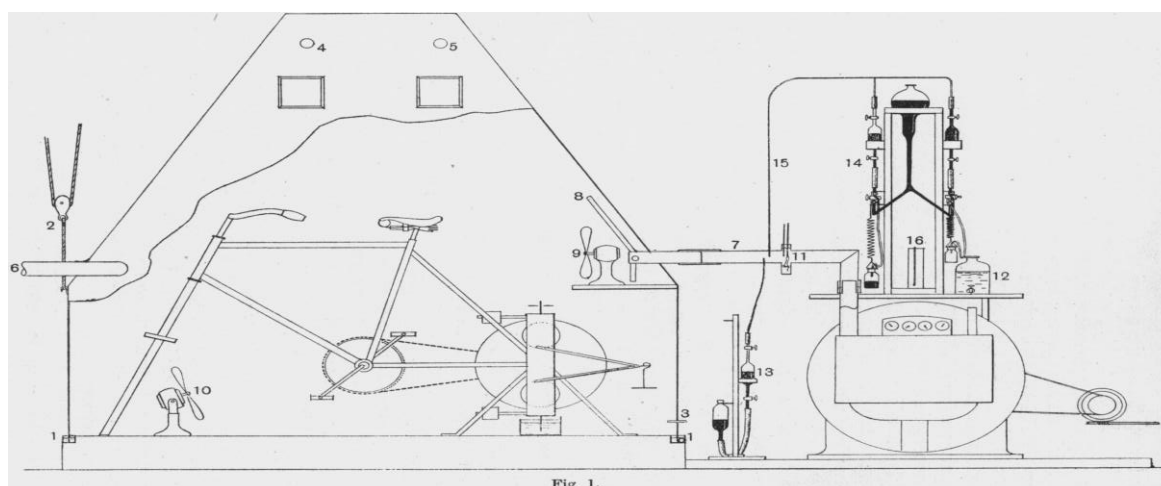


Figura 1. Jaquet respiration chamber.

Levine e Colaboradores (1924) fizeram observações importantes dosando os níveis de glicose sérica dos participantes da Maratona de Boston de 1923. Verificaram, através de exame do sangue de 20 corredores que cruzaram a linha de chegada, que a maioria dos corredores teve a concentração da glicose reduzida após a corrida. O que sugeriu que os baixos níveis de glicemia seriam a causa de fadiga. Para testar esta hipótese, os pesquisadores avaliaram alguns participantes da mesma prova, 01 (um) ano depois, os quais consumiram carboidratos durante a corrida.

Esta prática, em combinação com uma dieta rica em carboidratos antes da prova, preveniu a ocorrência de hipoglicemia e melhorou significativamente a performance durante a prova (i.e., tempo para completar a corrida), (Applegate e Grivetti, 1997).

Christensen (1932) mostrou que conforme aumenta a intensidade do exercício, a utilização de carboidratos aumenta. Bergstrom e Hultman (1966, 1967), na década de 1960, corroboraram com o achado de Christensen, com a introdução da técnica de biopsia muscular. Esses estudos

demonstraram, pela primeira vez, que o aumento dos estoques de glicogênio através de manipulações dietéticas estava relacionado com o aumento da capacidade de endurance. Uma dieta rica em carboidratos (70% da energia da dieta) e elevados níveis de estoque de glicogênio parecem aumentar a performance em atividades de endurance quando comparada com uma dieta normoglicídica (aproximadamente 50%) e uma hipoglicídica (aproximadamente 10%).

No final da década de 1970, e no início da década de 1980, os efeitos da ingestão de carboidratos, durante o exercício, na melhora na performance e no metabolismo foram bastante investigados. Nos anos que se seguiram, vários estudos comprovaram o efeito ergogênico da ingestão de carboidratos durante o exercício, e a prática de consumir carboidratos durante os exercícios foi lentamente se tornando um hábito em vários esportes, especialmente em atividades de endurance. A ingestão de carboidratos durante exercícios prolongados melhora a performance em endurance, algumas vezes prevenindo a hipoglicemia e outras vezes por fatores ainda não esclarecidos, (Fritzsche e Colaboradores, 2000; Ivy e Colaboradores, 1979).

Uma pesquisa com carboidratos levou ao desenvolvimento e aplicação do primeiro produto de nutrição esportiva, *Gatorade*, nos anos 1960. Pesquisas, na Universidade da Flórida, Gainesville, com o objetivo de aumentar a performance do time de *football* "Gators", mostraram que a ingestão de carboidratos pode retardar a fadiga. *Gatorade* é uma mistura de glicose e sacarose em água em uma concentração de 6%, (Applegate e Grivetti, 1997).

A capacidade de realizar uma atividade de endurance por um maior tempo é limitada pelo conteúdo de glicogênio muscular e hepático. Partindo deste pressuposto, surgiu o conceito de se submeter o atleta a uma manipulação dietética, enfatizando uma sobrecarga de carboidratos antes da competição, no intuito de retardar a fadiga. A fadiga se instala no nível periférico em decorrência da redução do conteúdo de glicogênio muscular, (Aoki e Seelaender, 1999).

Os estudos científicos vêm demonstrando que a performance e a saúde de atletas podem ser beneficiadas com a modificação dietética. Pode-se afirmar que o

atleta que deseja otimizar sua performance, antes de qualquer manipulação nutricional, precisa adotar um comportamento alimentar adequado ao seu esforço, em termos de quantidade e variedade, levando em consideração o que está estabelecido como alimentação saudável, (Rodrigues e Colaboradores, 2003).

Descobertas sobre os efeitos da ingestão de carboidratos antes e durante a prática de exercícios têm sido feitas desde o início do Século XX. Durante a década de 1980 as bebidas chamadas *sport drink* começaram a ser comercializadas. Hoje em dia, as bebidas com carboidratos são uma "cultura" nos esportes de endurance, (Jeukendrup, 2004).

O gasto energético para os diferentes tipos de exercícios depende da duração, frequência e intensidade da atividade física, do gênero do atleta, hereditariedade, idade, tamanho do corpo, a massa livre de gordura e a sua situação nutricional antes do exercício. A ingestão inadequada relativa ao gasto energético compromete a performance e afeta negativamente os benefícios do treinamento. Com uma energia limitada, gordura e massa magra são usados como combustível. A perda de massa magra resulta na perda de força e resistência, assim como compromete os sistemas imunológico e endócrino e funções do sistema músculo esquelético. Atividade física, performance atlética e a recuperação são melhorados, após a prática de exercícios, por uma seleção apropriada de alimentos e líquidos, de tempo para a ingestão, da quantidade a ser ingerida e da escolha da suplementação. A quantidade adequada de alimentos e líquidos, contendo carboidratos e eletrólitos, deve ser consumida antes, durante e após o exercício para ajudar a manter a concentração de glicose sanguínea durante o exercício, maximizar a performance, fornecer combustível para os músculos, diminuir o risco de desidratação e melhorar o tempo de recuperação. Atletas precisam consumir a energia adequada durante os períodos de treinamento de alta intensidade e/ou longa duração para manter o peso, a saúde, maximizar os efeitos dos treinos e diminuir os riscos da fadiga, (ADA, 2009).

O presente trabalho tem como objetivo discutir a suplementação de carboidratos como forma de evitar ou retardar o processo

de fadiga muscular em praticantes de atividades de endurance.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho é um estudo de revisão bibliográfica, do tipo narrativo, realizado pela análise de artigos científicos de revistas indexadas publicadas nacional ou internacionalmente, sendo estes: *Journal of the American Dietetic Association*, *Revista de Educação Física*, *Nature*, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *Journal of Sports Sciences*, *Nutrition, Medicine & Science in Sports & Exercise*, *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*, *Journal of Applied Physiology*, *Revista Paulista de Educação Física*, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, *Journal of Nutrition*, *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*, *Scandinavian Archives of Physiology*, *European Journal of Clinical Nutrition*, *International journal of sports physiology and performance*, *Sports Medicine*, *Biochemical Journal*, *Journal Of the American Medical Association*, *Experimental Physiology*, *Acta Physiologica Scandinavica*, *British Journal of Sports Medicine*, *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metababologia*, *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Além desses, foram usados livros textos da área e referências virtuais, sendo estas através das ferramentas de pesquisa de artigos científicos CAPES, PubMed, SciELO e Bireme. Como critério de inclusão, para busca dos artigos, foram utilizadas como palavras-chave fadiga, suplementação, carboidratos, endurance, índice glicêmico e glicogênio. Foram analisados 120 artigos, dos quais 42 serviram de base para este trabalho.

## REVISÃO DA LITERATURA

### O que é fadiga?

Segundo o Dicionário de Etimologia, fadiga é: "Sensação penosa causada pelo esforço ou trabalho intenso; cansaço. Estafa, esgotamento".

A fadiga é um fenômeno integrado de fatores psicológicos e fisiológicos. É definida como o conjunto de manifestações produzidas por exercício prolongado ou incapacidade de manter o rendimento durante exercício físico moderado e prolongado, é um sinalizador de

que a intensidade de treinamento previamente tolerada deve ser reduzida. A fadiga tem sido tradicionalmente atribuída às inibições nos mecanismos de contração do músculo esquelético, em função de depleção de fosfocreatina e acúmulo de prótons e fosfato, resultando em cansaço ou na incapacidade muscular para a realização da tarefa: a denominada fadiga periférica. Em relação à fadiga central, foram propostos diversos experimentos para determinar fadiga subjetiva mediada pela alteração da concentração da serotonina cerebral, cujas atividades estão relacionadas ao sistema nervoso central (SNC). O aumento na produção de serotonina leva ao desenvolvimento da fadiga (cansaço e sono), (Nybo, 2008; Rossi e Tirapegui, 1999 e 2004; Cunliffe e Colaboradores, 1997 e 1998).

A etiologia da fadiga tem caráter multifatorial, podendo ser dividida em dois componentes: fadiga periférica e fadiga central (Figura 2). Essa divisão leva em conta fatores metabólicos interativos, que afetam os músculos (fadiga periférica), e o cérebro (fadiga central), durante a realização de trabalho físico intenso em atletas e outros indivíduos (Rossi e Tirapegui, 1999).

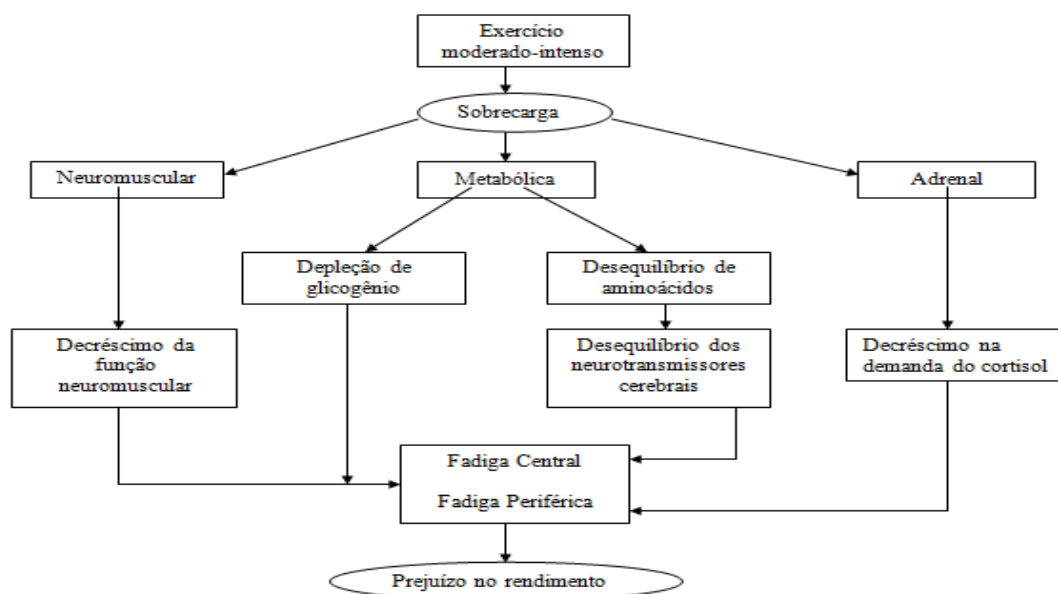
A instalação da fadiga periférica durante uma atividade de endurance está relacionada à redução dos estoques endógenos de carboidratos. Esta fadiga consiste em uma diminuição no rendimento esportivo, ou na contração muscular, cujo complexo processo, pode ser abordado de diversas maneiras, como por exemplo: modo de estimulação (voluntária - elétrica), tipo de contração (isométrica - isotônica; intermitente - sustentada), frequência, intensidade, duração, tipo de músculo e características das fibras musculares (Quadro 1). Disfunção no processo de contração, como impedimentos na transmissão neuromuscular no retículo sarcoplasmático, são características deste tipo de fadiga (Aoki e Seelaender, 1999; Rossi e Tirapegui, 1999).

### Mecanismos que levam a fadiga

A fadiga durante exercícios prolongados também é associada com a depleção do glicogênio muscular e, em função disto, se acredita que altos níveis de glicogênio muscular no pré-exercício são essenciais para otimizar a performance. Ainda existem poucas evidências do mecanismo pelo

qual a depleção do glicogênio favorece a fadiga muscular (Silveira e Colaboradores, 2008; Gillum e Colaboradores, 2006; Jentjens

e Jeukendrup, 2003; Aoki e Colaboradores, 2003).



**Figura 2.** Fatores relacionados com a fadiga central e periférica. (Adaptado de Lehmann e Colaboradores, 1998).

### Quadro 1 – Tipos e características das fibras musculares.

Tipo	Velocidade de Contração	Características
<b>Tipo I</b>	Lenta	- Baixa capacidade glicolítica e alta oxidativa; - Baixo nível de atividade da miosina ATPase; - Alto fluxo sanguíneo; - Mitocôndrias volumosas e numerosas; - Ativas durante o exercício aeróbico prolongado;
<b>Tipo IIa</b>	Intermediária	- Moderada capacidade glicolítica e baixa oxidativa; - Moderado fluxo sanguíneo;
<b>Tipo IIb</b>	Rápida	- Alta capacidade glicolítica e baixa oxidativa; - Alto nível de atividade de miosina ATPase; - Baixo fluxo sanguíneo; - Ativas nas atividades explosivas e rápidas, assim como atividade com paradas, arranques e mudanças de ritmo;
<b>Tipo IIc</b>	Rápida	- Fibra muscular rara e indiferenciada; - Pode participar na reinervação ou transformação as unidades motoras.

Fonte: Adaptado de McArdle e Colaboradores, 1992.

As atividades de endurance geram uma elevação do gasto energético, com significativo aumento das taxas de oxidação de carboidratos. Muitos estudos objetivaram a investigação de estratégias nutricionais para minimizar os efeitos da fadiga, resultando em várias recomendações benéficas aos atletas de endurance. Uma das estratégias mais

comuns talvez seja o consumo de bebidas esportivas contendo carboidratos e eletrólitos, esta associação promoveria o balanço hídrico, a euglicemia e a melhora da performance durante atividades de endurance de longa duração (Alves e Pierucci, 2008; Saunders, 2007).

Os mecanismos, envolvidos na fadiga, dependem do tipo de exercício, de condições específicas e podem ser diferentes quando comparados exercícios de curta duração com alta intensidade (aproximadamente 1h, com 80 a 85% do  $VO_2$ máx), exercícios de longa duração com intensidade leve a moderada (> 2h, com 60% a 75% do  $VO_2$ máx) e exercícios de alta intensidade (>75% do  $VO_2$ máx) por aproximadamente 1h. A manutenção dos níveis de glicose sérica, altos níveis da oxidação de carboidratos, poupar glicogênio ou sintetizar glicogênio são mecanismos, em função da ingestão de carboidratos durante o exercício, que podem melhorar a performance do endurance (Jeukendrup, 2004).

### **Ingestão de carboidratos e exercícios**

Os primeiros estudos mostrando que a ingestão de carboidratos melhora a performance em exercícios prolongados (>90 min) para prevenir a hipoglicemia, foram feitos em um número de corredores nas Maratonas de Boston em 1923 e 1924. Estas observações em campo foram depois confirmadas no *Harvard Fatigue Laboratory* em Boston (Dennis e Colaboradores, 1997).

Fielding e Colaboradores (1985), em um estudo, verificaram que a ingestão de 22g de carboidratos/h tem um benefício na performance, entretanto a ingestão de 11g de carboidratos/h não apresentou efeitos. E Maughan e Colaboradores (1996) verificaram que a ingestão de 16g de glicose/h resultou em um aumento na capacidade de endurance de 14% quando comparada com a ingestão de água.

Estudos de Coyle e Colaboradores (1986) mostraram que a ingestão de carboidratos durante exercícios em 70% do  $VO_2$ máx previne a queda da glicose sérica do que quando é ingerida apenas água. Com a alimentação de carboidratos a euglicemia foi mantida e o grupo de praticantes da atividade continuou por 4h na mesma intensidade, dando sustentação à idéia que a glicose plasmática é um importante substrato para exercícios prolongados.

Flynn e Colaboradores (1987) verificaram que a ingestão de 40 a 75g de carboidratos/h apresentaram benefícios na performance e que a ingestão acima de 75 g de carboidratos/h não apresentaram

benefícios na performance quando comparado com o uso de 40 a 75g de carboidratos/h.

A combinação da ingestão de carboidratos antes e durante o exercício tem um efeito mais positivo na performance quando comparado com a ingestão de carboidratos acontece apenas antes da atividade ou apenas depois (Fairchild e Colaboradores, 2002; Febbraio e Colaboradores, 2000).

A alimentação adequada em termos de oferta de carboidratos contribui para a manutenção do peso corporal e a adequada composição corporal, maximizando os resultados do treinamento e contribuindo para a manutenção da saúde. A ingestão de carboidratos durante o exercício prolongado melhora o desempenho e pode retardar a fadiga nas modalidades esportivas que envolvem exercícios intermitentes e de alta intensidade, prevenindo a queda da glicemia após duas horas de exercício (Rodrigues e Colaboradores, 2003).

É provável que a melhora de performance esteja relacionada com a manutenção de uma alta taxa de oxidação de carboidratos e a prevenção da hipoglicemia. Se não são observadas diferenças de performance, isto pode estar relacionado com a forma como ocorreu a evolução da performance ou com o tipo e a quantidade de carboidratos fornecidos (Jeukendrup, 2004).

Pesquisas no campo do metabolismo e da performance durante exercícios prolongados têm mostrado uma forte relação entre o status das reservas de carboidratos corpóreos (glicose sérica, glicose hepática e glicogênio muscular) e a capacidade de executar exercícios de endurance (Claassen e Colaboradores, 2005).

Vários estudos usando protocolos de exercícios intermitentes têm mostrado que a ingestão de glicose, baseada em soluções de carboidratos, antes e durante o exercício aumenta a capacidade de endurance. É bem sabido que uma dieta rica em carboidratos após exercícios prolongados aumenta os estoques de glicogênio muscular e hepático e aumenta a capacidade para executar exercícios submáximos quando comparada com o consumo de uma dieta mista normal (Foskett e Colaboradores, 2008).

Os estoques corporais de carboidratos são as maiores fontes de combustível para o trabalho muscular, levando-se em

consideração que estes representam 50% do consumo energético, durante exercícios sub-máximos ( $< 70\% \text{VO}_2\text{máx}$ ), e a maior parte deste consumo em atividades de intensidade igual ou superior a 70% do  $\text{VO}_2\text{máx}$ . Quando a concentração de glicose se encontra abaixo dos valores fisiológicos normais, o rendimento diminui rapidamente. Neste momento, o atleta apresenta dificuldade em manter a intensidade normal do exercício e aqueles que não consomem quantidades suficientes de carboidratos são os primeiros a sofrerem as conseqüências. É imprescindível o consumo adequado de carboidratos para minimizar o risco da fadiga crônica associada à depleção acumulativa de glicogênio muscular (Alves e Pierucci, 2008).

#### **Antes do exercício**

Pesquisas têm documentado que o consumo de carboidratos 2-4 horas antes do exercício aumenta a performance. Recentes desenvolvimentos em nutrição pré-evento têm sido observados o uso emergente de carboidratos em gel. Estes produtos semi-sólidos são sacarose ou polímeros de glicose que os atletas podem usar antes ou durante o exercício (Applegate e Grivetti, 1997).

No pré-exercício, a ingestão de alimentos com baixo índice glicêmico (LGI - *low glycemic index*) aumentam o tempo de endurance quando comparada com alimentos de alto índice glicêmico (HGI - *high glycemic index*). Alguns autores sugerem que a alimentação baixo índice glicêmico tem vantagem, sobre a alto índice glicêmico, por manter altos níveis de concentração da glicose sérica durante exercícios prolongados (Sparks e Colaboradores, 1998).

A ingestão de carboidratos antes do exercício tem demonstrado um aumento nos estoques de glicogênio, tanto muscular quanto hepático e também aumenta a performance na atividade (Febbraio e Colaboradores, 2000).

Se alimentar antes do exercício, em oposição a se exercitar em jejum, tem mostrado uma melhora na performance. Os alimentos devem ser relativamente baixos em gordura e fibras para facilitar o esvaziamento gástrico, minimizar desconforto gastrointestinal, ser rico em carboidratos para manter a glicose sérica e maximizar os estoques de glicogênio, ser moderada em proteínas e familiar ao atleta. Pequenas

porções, próximo ao início do evento, para permitir o esvaziamento gástrico e porções maiores dependendo do tempo antes do exercício ou da competição, (ADA, 2009).

#### **Durante o exercício**

Durante exercício físico intenso e prolongado, a fadiga se relaciona, principalmente, com a hipoglicemia, pois, tanto a glicose como a proporção da oxidação de carboidratos diminui. A suplementação de carboidratos durante estes exercícios previne a queda da concentração da glicose sérica, o que facilita a alta taxa de oxidação de carboidratos nos estágios tardios do exercício retardando o início da fadiga, permitindo que seja mantida a sustentação da intensidade do exercício e que resulte em aumento na performance, (Andrews e Colaboradores, 2003; Febbraio e Colaboradores, 2000; Rossi e Tirapegui, 1999).

A ingestão de carboidratos durante exercícios a 70–75% do  $\text{VO}_2\text{máx}$  aumenta o tempo até a exaustão. Este aumento é entendido como associado à manutenção da glicose sérica, a uma maior taxa de liberação de glicose muscular e a oxidação dos carboidratos mais tarde quando os níveis de glicogênio muscular estão baixos. O mecanismo que melhora a performance durante as atividades de alta intensidade, ainda não é muito claro, na maioria dos casos é aceito que os carboidratos ingeridos durante a atividade física podem melhorar a capacidade de trabalho por um período longo (até a exaustão) e a performance durante um exercício prolongado ( $> 2\text{h}$ ) (Jeukendrup, 2004; McConell e Colaboradores, 2000).

#### **Após o exercício**

A combinação de carboidratos e proteína é mais efetiva do que apenas carboidratos na reposição do glicogênio muscular durante as 04h imediatamente após o exercício. É sugerido que a maior taxa de estoque de glicogênio muscular foi o resultado de uma maior resposta insulínica quando são usados carboidratos junto com proteínas. Também é sugerido que se os carboidratos forem fornecidos de forma adequada, a adição de proteínas não trará benefícios na recuperação do glicogênio muscular. A reposição dos estoques do glicogênio

muscular após um exercício exaustivo é provavelmente o fator mais importante para determinar o tempo necessário para a recuperação. Dependendo da extensão da depleção do glicogênio e do consumo suficiente dos carboidratos a completa reposição do glicogênio muscular pode ocorrer em 24 horas. (Jentjens e Jeukendrup, 2003; Ivy e Colaboradores, 2002).

O tempo e a composição da alimentação, ou lanche pós-exercício ou pós-competição, depende da extensão, de quanto intenso foi a sessão do exercício e de quando acontecerá o próximo exercício intenso. O consumo de carboidratos 30 minutos após o exercício (1,0 a 1,5g de carboidratos/kg de peso a cada 02 horas até atingir 06 horas, é o recomendado) resulta em altos níveis de glicogênio quando comparado com o mesmo consumo 02 horas após o exercício. Esta prática não é necessária para os atletas que descansam 01 dia, ou mais, entre as sessões de treinos intensos (ADA, 2009).

### **Glicogênio e glicemia**

Christensen (1932) mostrou que conforme aumenta a intensidade do exercício, aumenta a utilização de carboidratos. Bergstrom e Hultman (1966, 1967), na década de 1960, corroboraram com o achado de Christensen com a introdução da técnica de biopsia muscular. Esses estudos demonstraram, pela primeira vez, que o aumento dos estoques de glicogênio através de manipulações dietéticas estava relacionado com o aumento da capacidade de endurance. Uma dieta rica em carboidratos (70% da energia da dieta) e elevados níveis de estoque de glicogênio parecem aumentar a performance em atividades de endurance, quando comparada com uma dieta normoglicídica (aproximadamente 50%) e uma hipoglicídica (aproximadamente 10%).

A depleção do glicogênio intramuscular e a hipoglicemia têm sido associados à fadiga durante o exercício prolongado e está bem estabelecido que a suplementação de carboidratos durante o exercício pode retardar a fadiga. Uma hipótese bastante aceita para explicar a fadiga periférica, envolve a deficiência de energia para o trabalho muscular, conhecida também como "Hipótese da Depleção de Glicogênio",

(Rossi e Tirapegui, 1999; Sparks e Colaboradores, 1998).

O glicogênio muscular, fonte essencial de combustível para exercícios de moderada para alta intensidade, é a chave moduladora da duração do exercício, da performance e do retardo do início da fadiga. Porém, os estoques de glicogênio muscular estão presentes em quantidades limitadas, com a sua depleção ocorrendo rapidamente durante exercício aeróbico de alta intensidade. Uma vez depletado, a capacidade de performance da intensidade destes exercícios é perdida ou severamente limitada. Portanto, quanto mais rápido os estoques de glicogênio muscular forem repostos após o exercício mais rápido é o processo de recuperação e teoricamente maior é o retorno da capacidade de performance (Shearer e Graham, 2004; Fairchild e Colaboradores, 2002; Ivy e Colaboradores, 2002).

Estudos mostram baixas taxas de síntese de glicogênio muscular na ingestão de frutose (baixo índice glicêmico) quando comparada com a glicose (alto índice glicêmico). A causa pode ser a baixa taxa de absorção da frutose pelo intestino e que esta precisa ser convertida à glicose, pelo fígado, para ser metabolizada pelo músculo. A glicose é preferida à frutose para a reparação do glicogênio muscular. A frutose é importante na síntese do glicogênio hepático. A ingestão de carboidratos é conhecida para produzir um aumento nos estoques do glicogênio muscular, freqüentemente permitindo que o exercício seja prolongado e/ou uma melhora na performance. A ingestão de carboidratos 2 horas após a atividade física diminui entre 45 a 50% a taxa de síntese do glicogênio muscular quando comparada com a ingestão imediatamente após a atividade. As maiores taxas de síntese de glicogênio muscular têm sido reportadas quando grandes quantidades de carboidratos (de 1,0-1,85 g/kg/h) são consumidas imediatamente após o exercício e em 15-60 minutos de intervalos pelas próximas 05 horas. Havendo a depleção de glicogênio, por exercício ou por jejum, o aumento da insulina induzido por uma refeição rica em carboidratos vai direcionar uma parte substancial da glicose para a reposição dos estoques de glicogênio, (Andrews e Colaboradores, 2003; Jentjens e Jeukendrup, 2003; Nielsen e Richter, 2003).



Importantes observações foram feitas, medindo a glicose sérica em alguns participantes da Maratona de Boston em 1923. Foi verificado que a maioria dentre estes corredores teve uma redução nas concentrações da glicose sérica após a prova. Nestas observações, inferiu-se que a baixa glicemia era a causa de fadiga. Para validar esta hipótese, os pesquisadores encorajaram os participantes desta mesma prova, no ano seguinte, a consumir carboidratos durante a corrida. Esta prática combinada com uma dieta rica em carboidratos antes da corrida, preveniu a hipoglicemia e melhorou significativamente a performance dos corredores (i.e., tempo para completar a corrida), (Jeukendrup, 2004).

O glicogênio muscular contribui com aproximadamente 85% do total de oxidação de carboidratos no início do exercício, mas com o aumento da duração do exercício o glicogênio muscular é depletado. A depleção do glicogênio muscular, em alguns estudos, tem sido aceita para explicar a fadiga desenvolvida em sujeitos alimentados que se exercitam até a exaustão em exercícios de moderada a alta intensidade por longos períodos. A concentração de glicogênio muscular no início do exercício é um importante determinante da glicogenólise muscular durante o exercício. Quanto maior os estoques iniciais de glicogênio muscular, os sujeitos terão maior capacidade para realizar o exercício com uma carga específica, por que os grandes estoques vão sustentar mais a atividade até as concentrações criticamente baixas nas quais se atinge à fadiga. A suplementação exógena de carboidratos, especialmente quando as concentrações de glicogênio muscular são baixas, podem manter a glicose sérica e o total de oxidação de carboidratos e retardar o início da fadiga (Claassen e Colaboradores, 2005; Rauch e Colaboradores, 2005).

Os estoques de glicogênio muscular podem ser manipulados de várias formas e existe uma associação direta entre a quantidade de glicogênio muscular e a capacidade de resistir à fadiga durante exercícios submáximos de longa duração. O glicogênio muscular é o substrato mais importante para a contração muscular durante exercícios de moderada a alta intensidade. Os estoques de glicogênio são limitados, uma dieta antes da atividade pode aumentar estes estoques, um treino apropriado pode atenuar o seu uso e a alimentação durante o evento

pode diminuir a taxa de depleção do glicogênio muscular (Green e Colaboradores, 2007; Gillum e Colaboradores, 2006).

A manutenção da glicemia durante o exercício prolongado é essencial para o melhor desempenho do músculo esquelético, elevando a capacidade do atleta de realizar atividade física de longa duração. O fígado, através de seu estoque de glicogênio, é o único órgão capaz de manter constante as concentrações de glicose sanguínea por um certo período de tempo. A concentração de glicose circulante é determinada pelo balanço entre a taxa de liberação de glicose pelo fígado e a taxa de consumo desta pelos outros tecidos. Porém, a quantidade de glicogênio estocada no fígado é muito baixa (aproximadamente 100 g) em relação ao requerimento diário de glicose pelo organismo (>300 g/dia). Isto requer disponibilidade elevada de glicogênio muscular e de glicose plasmática para a manutenção da performance durante a atividade muscular prolongada. Há evidências de que o aumento da performance durante o exercício está associado com a manutenção da glicemia e com uma maior taxa de oxidação de glicose no estágio final do exercício prolongado, quando os estoques de glicogênio estão reduzidos. Confirmando a hipótese de que a fadiga durante o exercício prolongado coincide com a redução dos estoques intracelulares de glicogênio, vários estudos têm sugerido que a suplementação de carboidratos é fundamental para a maior produção oxidativa de energia durante a atividade física de longa duração, (Silveira e Colaboradores, 2008).

### **Formas de ingestão de carboidratos**

Algumas dietas são baseadas em grandes quantidades de batatas, arroz e grão, e alguns atletas reclamam, por ser uma alimentação monótona e enjoativa, da incapacidade de comer o suficiente para manter o balanço energético, (Applegate e Grivetti, 1997).

Os carboidratos mantêm os níveis de glicose sérica durante o exercício e repõem o glicogênio muscular. Os carboidratos fornecidos devem ser uma mistura de glicose, frutose e sacarose. O seu consumo é muito importante nas situações que atletas não tiveram uma carga de carboidratos, não consumiram alimentos no pré-exercício, têm

uma restrição calórica para a perda de peso ou se o atleta está se exercitando em um ambiente extremo (calor, frio ou altas altitudes). O total requerido depende do total de energia despendida pelo atleta, do tipo do esporte, gênero e as condições ambientais. O consumo de uma dieta rica em carboidratos (>60% do VET), durante o período de treinamento e na semana anterior à competição, resulta em aumento nos estoques do glicogênio muscular e/ou um significativo aumento na performance atlética. A recomendação do fracionamento, da dieta, em três a cinco refeições diárias deve considerar o tempo de digestão necessária para a refeição pré-treino ou prova e a escolha dos alimentos, assim como a preparação da refeição que antecede o evento esportivo, deve respeitar as características gastrintestinais individuais dos atletas. A recomendação de ingestão de carboidratos para atletas é entre 6 a 10 g / Kg de peso ou entre 200 a 300g por refeição consumida de 03 a 04 horas antes do exercício. A refeição que antecede os treinos deve ser pobre em gorduras e fibras para facilitar o esvaziamento gástrico, rica em carboidratos (60 a 70% do aporte calórico diário) para manter a glicemia e maximizar os estoques de glicogênio, moderada na quantidade de proteína e deve fazer parte do hábito alimentar do atleta. Uma bebida com carboidratos deve ser conter até 6% de carboidrato. O exercício prolongado reduz acentuadamente o nível de glicogênio muscular, exigindo constante preocupação com sua reposição. Bebidas esportivas (6 a 8% de carboidratos), ingeridas durante a atividade, trazem benefícios para a performance em atividades de endurance em eventos de 01 hora ou menos, especialmente para atletas que se exercitam pela manhã, quando os níveis de glicogênio hepático estão diminuídos. O fornecimento de carboidratos exógenos, durante o exercício, ajuda a manter os níveis da glicose sérica e aumenta a performance. Para provas longas, os atletas devem consumir entre 0,7 e 0,8g/kg de peso / hora ou 30 a 60g de carboidratos / hora, para cada hora de exercício, o que evita hipoglicemia, depleção de glicogênio, fadiga e aumenta a performance em endurance. Já uma dieta contendo de 8 a 10g carboidratos/kg de peso/dia é indicada para atletas que participam de atividades intensas (acima de 70% VO<sub>2</sub>máx), durante várias horas. Porém,

se o atleta se exercitar nesta intensidade, por uma hora ou menos, uma dieta que forneça 6g de carboidratos/kg de peso/dia é suficiente para repor os estoques de glicogênio muscular, depletados durante o exercício. Para otimizar a recuperação muscular, e para o restabelecimento dos estoques de glicogênio, recomenda-se que o consumo de carboidratos esteja entre 6 a 10g/kg de peso/dia. Após o exercício exaustivo, recomenda-se a ingestão de carboidratos simples entre 0,7 e 1,5g/kg peso no período de quatro horas, ou 0,8-1,85 g / Kg de peso/h é ingerido, em intervalos de 15 a 60 minutos, por 3 a 4 horas no período de recuperação ou 1,2-1,6 g / Kg de peso/h, em intervalos iguais ou menores que 30 minutos, pelo mesmo período, para a ressíntese plena de glicogênio muscular. O açúcar simples, a glicose e a sacarose parecem ter efeitos parecidos quando consumidos a taxa de 1,0 a 1,5 g/kg de peso corpóreo por 02 horas. O consumo de carboidratos de alto índice glicêmico resulta em maiores níveis de glicogênio muscular, 24 horas após a depleção por exercício, quando comparado com a mesma quantidade de carboidratos de uma alimentação com baixo índice glicêmico. A ingestão de carboidratos junto com alguma proteína, ou aminoácidos, pode aumentar ainda mais esta taxa. (ADA, 2009; Alves e Pierucci, 2008; Jentjens e Jeukendrup, 2003; Rodrigues e Colaboradores, 2003).

A utilização de diferentes tipos de carboidratos (glicose e frutose) tem mostrado melhores resultados na taxa de oxidação destes nutrientes. Atletas são aconselhados a ter uma dieta rica em carboidratos, consumir carboidratos antes do exercício, garantir uma ingestão adequada de carboidratos durante o exercício e repor os estoques de carboidratos logo após os exercícios. Durante a década de 1980 as bebidas chamadas *sport drink* começaram a ser comercializadas. Hoje em dia, as bebidas com carboidratos são uma "cultura" nos esportes de endurance. A forma como o carboidrato é fornecido durante o exercício (sólido ou líquido) não parece afetar o potencial ergogênico. Foi observada uma melhora na capacidade de *sprint* após 4h de exercício sobre os efeitos da ingestão de uma barra de doce (43 g de carboidratos, 9 g de gordura e 3 g de proteína) quando comparada com a ingestão de placebo. Estes achados foram confirmados e foi reportado que a

ingestão de carboidratos líquido e sólido aumentaram a performance, em exercícios, no mesmo grau (Jeukendrup, 2004).

## CONCLUSÃO

Em relação à fadiga, a ingestão de carboidratos deve ser feita antes, durante e após a atividade física.

Em cada um destes momentos, o tipo e a quantidade de carboidratos tem importância bem definida. Uma mistura de glicose, frutose e sacarose têm se mostrado eficiente na manutenção da performance e intensidade do exercício. Cada momento, em relação ao exercício, tem um objetivo específico.

No pré-exercício, tem o intuito de iniciar a atividade com uma reserva maximizada de glicogênio e uma boa glicemia.

Durante é para sustentar a performance e a intensidade da atividade, mantendo a glicemia e preservando os estoques de glicogênio muscular e hepático.

No pós-exercício, tem a intenção de recuperar os estoques de glicogênio.

Estas práticas são eficazes para atividades de alta intensidade (aproximadamente 01 hora, com 80 a 85% do  $VO_2$ máx), exercícios de longa duração com intensidade leve a moderada (> 02 horas, com 60% a 75% do  $VO_2$ máx) e exercícios de alta intensidade (>75% do  $VO_2$ máx) por aproximadamente 01 hora.

Apesar de todas as evidências da eficácia da ingestão dos carboidratos como forma de evitar ou retardar o processo de fadiga muscular em praticantes em atividades de endurance, o seu mecanismo ainda é desconhecido. Portanto, é importante a realização de novos estudos para maiores esclarecimentos sobre como ocorre este processo.

## REFERÊNCIAS

1- ADA. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*. Vol. 109. 2009. p. 509-527.

2- Alves, L.A.; Pierucci, A.P. Influência da ingestão de bebidas contendo carboidrato e

proteína sobre a performance e a recuperação muscular pós-exercício de endurance. *Revista de Educação Física*. Rio de Janeiro. Núm. 141. 2008. p. 34-43.

3- Andrews, J.L.; Sedlock, D.A.; Flynn, M.G.; Navalta, J.W.; Ji, H. Carbohydrate loading and supplementation in endurance-trained women runners. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 95. 2003. p. 584-590.

4- Aoki, M.S.; Seelaender, M.C.L. Suplementação lipídica para atividades de "endurance". *Revista Paulista de Educação Física*. São Paulo. Vol. 13. Núm. 2. jul./dez. 1999. p. 230-38.

5- Aoki, M.S.; Pontes Júnior, F.L.; Navarro, F.; Uchida M.C.; Bacurau, R.F.P. Suplementação de carboidrato não reverte o efeito deletério do exercício de endurance sobre o subsequente desempenho de força. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 9. Núm. 5. Set/Out, 2003.

6- Applegate, E.A.; Grivetti, L.E. Symposium: nutrition and physical performance: a century of progress and tribute to the modern olympic movement. *Journal of Nutrition*. Vol. 127. 1997. p. 869S-873S.

7- Bergstrom, J.; Hultman, E. Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized in muscle cells in man. *Nature*. Vol. 210. 1966. p. 309-310.

8- Bergstrom, J; Hultman, E. A study of glycogen metabolism during exercise in man. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*. Vol. 19. Núm. 3. 1967. p. 218-228.

9- Christensen, E.H. Der stoffwechsel und die respiratorischen funktionen beischerer koörperlicher arbeit. *Scandinavian Archives of Physiology*. Vol. 81. 1932. p. 160.

10- Claassen, A.; Lambert, E.V.; Bosch, A.N.; Rodger, I.M.; Gibson, A.S.T.; Noakes, T.D. Variability in exercise capacity and metabolic response during endurance exercise after a low carbohydrate diet. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 15. 2005. p. 96-116.

- 11- Coyle, E.F.; Coggan, A.R.; Hemmert, M.K.; Ivy, J.L. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 61. 1986. p. 165.
- 12- Cunliffe, A.; Obeid, O.A.; Powell-Tuck, J. Post-prandial changes in measures of fatigue: effect of a mixed or a pure carbohydrate or pure fat meal. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 51. 1997. p. 831-838.
- 13- Cunliffe, A.; Obeid, O.A.; Powell-Tuck, J.A placebo controlled investigation of the effects of tryptophan or placebo on subjective and objective measures of fatigue. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 52. 1998. p. 425-30.
- 14- Dennis, S.C.; Noakes, T.D.; Hawley, J.A. Nutritional strategies to minimize fatigue during prolonged exercise: fluid, electrolyte and energy replacement. *Journal of Sports Sciences*. 1997. p. 305-313.
- 15- Fairchild, T.J.; Fletcher, S.; Steele, P.; Goodman, C.; Dawson, B.; Fournier, P. A. Rapid carbohydrate loading after a short bout of near maximal-intensity exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 34. Núm. 6. 2002. p. 980-986.
- 16- Febbraio, M.A.; Keenan, J.; Angus, D.J.; Campbell, S.E.; Andrew, P.G. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 89. 2000. p. 1845-1851.
- 17- Febbraio, M.A.; Chiu, A.; Angus, D.J.; Arkinstall, M.J.; Hawley, J.A. Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 89. 2000. p. 2220-2226.
- 18- Fielding, R.A.; Costill, D.L.; Fink, W.J.; King, D.S.; Hargreaves, M.; Kovaleski, J.E. Effect of carbohydrate feeding frequencies and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 17. 1985. p. 472.
- 19- Flynn, M.G.; Costill, D.L.; Hawley, J.A.; Fink, W.J.; Neuffer, P.D.; Fielding, R.A.; Sleeper, M.D. Influence of selected carbohydrate drinks on cycling performance and glycogen use. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 19. 1987. p. 37.
- 20- Foskett, A.; Williams, C.; Boobis, L.; Tsintzas, K. Carbohydrate availability and muscle energy during intermittent running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 40. Núm. 1. 2008. p. 96-103.
- 21- Fritzsche, R.G.; Switzer, T.W.; Hodgkinson, B.J.; Lee, S.H.; Martin, J.C.; Coyle E.F. Water and carbohydrate ingestion during prolonged exercise increase maximal neuromuscular power. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 88. 2000. p. 730-737.
- 22- Gillum, T.L.; Dumke, C.L.; Ruby, B.C. Muscle glycogenolysis and resynthesis in response to a half Ironman triathlon: a case study. *International journal of sports physiology and performance*. Vol. 1. Núm. 4. 2006. p. 408-13.
- 23- Green, H.J.; Ball-Burnet, M.; Jones, Sx.; Farrance, B. Mechanical and metabolic responses with exercise and dietary carbohydrate manipulation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 39. Núm. 1. 2007. p. 139-148.
- 24- Ivy, J.L.; Costill, D.L.; Fink, W.J.; Lower, R.W. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 11. Núm. 1. 1979. p. 6-11.
- 25- Ivy J.L.; Goforth, H.W.; JR.; Damon, B.M.; Mccayley, T.R.; Parsons, E.C.; Price, T.B. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 93. 2002. p. 1337-1344.
- 26- Jentjens, R.; Jeukendrup, A.E. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*. Vol. 33. Núm. 2. 2003. p. 117-144.
- 27- Jeukendrup, A.E. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*. Vol. 20. 2004. p. 669-677.

# 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](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbne.com.br](http://www.rbne.com.br)

- 28- Krogh, A.; Lindhard, J. The relative value of fat and carbohydrate as sources of muscular energy. *Biochemical Journal*. Vol. 14. 1920. p. 290.
- 29- Lehmann, M.; Foster, C.; Dickhuth, H. H.; Gastmann, U. Autonomic imbalance hypothesis and overtraining syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol.30. Núm. 7. 1998. p.1140-1145.
- 30- Levine, S.A.; Gordon, B.; Derick, C.L. Some changes in chemical constituents of blood following a marathon race. *Journal Of the American Medical Association*. Vol. 82. 1924. p. 1778-1779.
- 31- Maughan, R.J.; Bethell, L.R.; Leiper, J.B. Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabolic responses to prolonged exercise in man. *Experimental Physiology*. Vol. 81. 1996. p. 847.
- 32- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 3ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1992.
- 33- McConell, G.K.; Canny, B.J.; Daddo, M.C.; Nance, M.J.; Snow, R.J. Effect of carbohydrate ingestion on glucose kinetics and muscle metabolism during intense endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 89. 2000. p. 1690–1698.
- 34- Nielsen, J.N.; Richter, E.A. Regulation of glycogen synthase in skeletal muscle during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*. Vol. 178. 2003. p. 309–319.
- 35- Nybo, L. Hyperthermia and fatigue. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 104. 2008. p. 871–878.
- 36- Rauch, H.G.L.; St Clair Gibson, A.; Lambert, E.V.; Noakes, T.D. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 39. 2005. p. 34-38.
- 37- Rodrigues, T.; Meyer, F.; Lancha Júnior, A. H.; De Rose, E.H. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 9. Núm. 2. 2003.
- 38- Rossi, L.; Tirapegui, J. Aspectos atuais sobre exercício físico, fadiga e nutrição. *Revista Paulista de Educação Física*. São Paulo. Vol. 13. Núm. 1. jan/jun 1999. p. 67-82.
- 39- Rossi, L.; Tirapegui, J. Implicações do sistema serotoninérgico no exercício físico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*. Vol. 48. Núm. 2. Abril 2004. p. 227-23.
- 40- Shearer, J.; Graham, T.E. Novel aspects of skeletal muscle glycogen and its regulation during rest and exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Vol. 32. Núm. 3. 2004. p. 120–126.
- 41- Silveira, L.R.; Hirabara, S.M.; Lambertucci, R.H.; Leandro, C.V.; Fiamoncini, J.; Pinheiro, C.H.J.; D'Angelo, A.C.A.; Bassit, R.A.; Pithon-Curi, T.C.; Curi, R. Regulação metabólica e produção de espécies reativas de oxigênio durante a contração muscular: efeito do glicogênio na manutenção do estado redox intracelular. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 14. Núm. 1, 2008. p. 57-63.
- 42- Sparks, M.J.; Selig, S.S.; Febbraio, M.A. Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 30. Núm. 6. 1998. p. 844-849.

Recebido para publicação em 10/12/2010  
Aceito em 15/01/2011