



ANAIS do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

LORIA–UC, A.E.. Mitos, conceitos e manejo de carboidratos em espeleologia. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.223-233. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_223-233.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

MITOS, CONCEITOS E MANEJO DE CARBOIDRATOS EM ESPELEOLOGIA

MYTHS, CONCEPTS AND CARBOHYDRATES MANAGEMENT IN CAVING

Addy Esther LORIA–UC

Grupo de Espeleologia AJAU, Mérida Yucatán, México.

Contatos: Addyloria77@gmail.com.

Resumo

A literatura de nutrição e de maneira especial sobre manejo de carboidratos (CHO) na atividade espeleológica, na sua maioria, é elaborada para um contexto particular de uma caverna (umidade, temperatura, etc.), não especificando o trabalho a ser desempenhado, sendo assim, não é conveniente generalizar, com base nela, a proporção de carboidratos na dieta a ser consumida por um espeleólogo em outros contextos. É importante conhecer o metabolismo de carboidratos no organismo e levar em conta todas as variáveis que influenciam o consumo de energia durante a atividade na caverna, de modo a estabelecer a contribuição mais adequada para adiar a fadiga, proporcionando um melhor desempenho, prevenindo lesões e acidentes. O objetivo do presente trabalho é apresentar um argumento sobre a importância de uma informação atualizada, tanto da função da utilização dos carboidratos, como da preparação física para otimização da prática espeleológica. Para isso realizou-se uma revisão da literatura, em livros e artigos sobre o metabolismo, bioquímica e fisiologia do esporte, medicina desportiva e conteúdos de programas de formação espeleológica, a fim de que o espeleólogo seja capaz de refletir e determinar o que, quanto e quando é hora correta de ingerir alimentos ricos em carboidratos. Os dados obtidos demonstraram que é fundamental determinar o objetivo da expedição e o contexto da caverna para estabelecer a melhor aporte de CHO. Deve-se consumir alimentos com maior percentual de CHO e que tenham, preferencialmente, Carga Glicêmica (CG) baixa ou média, três ou quatro horas antes de iniciar a expedição. Durante a atividade, deve ser consumido hidroglicoeletrólitos, dependendo principalmente da duração e das condições de umidade, temperatura e grau de dificuldade da caverna, assim como, deve-se evitar jejum de mais de 3 horas. O treinamento físico do espeleólogo deve ser do tipo aeróbico, para aumentar a resistência e de potência anaeróbica, visando aumentar a força. É importante distinguir a exaustão, seguida de cansaço e a confusão mental, causada por desidratação e pelo aumento da temperatura corporal, daquelas causadas por hipoglicemia. Os espeleólogos que otimizem suas reservas de glicogênio, potencializada com uma preparação física adequada, terão mais chance de conseguir sucesso na expedição.

Palavras-Chave: Atividade espeleologia, nutrição, metabolismo de carboidratos, condicionamento físico.

Abstract

The literature on nutrition and especially about carbohydrate management (CHO) in speleological activity are mostly designed for a particular context of a cave and generalize based on it, the proportion of carbohydrates in the diet for the activity to be developed by a caver in other contexts is not convenient. It would be worth knowing the metabolism of carbohydrates in the body and take into account all the variants that influence energy consumption use during the speleological activity, to establish the correct carbohydrate contribution corresponding to each type of work that the caver, thus improving the load muscle glycogen and postponing fatigue, in order to have a better performance and prevent injuries and accidents in the cave. The aim of this paper is to present a case for the importance of an updated both the function and use of carbohydrates, such as physical preparation for optimizing the caving activity, by a consensus of common knowledge bases information, based on an exploratory study through literature review, in books and articles on Metabolism, Biochemistry and Physiology of Sport and Medicine in sports, among others, besides the content analysis in the speleological training programs. In order that the caver be able to reflect and determine what, how much and when is the correct time to eat foods rich in carbohydrates. The data showed that it is important to determine the purpose of the expedition and the cave context to establish the best investment of CHO. The caver should consume foods with higher percentage CHO, preferentially having low or medium glycemic load, three or four hours before starting the expedition. During the activity, hidroglicoelectrolytesbe consumed, mainly depending on the duration and conditions of

humidity and temperature of the cave, and one should avoid fasting over 3 hours. The physical training of the spelunker should be aerobic type, to increase endurance and anaerobic power, to increase the strength. This physical conditioning will prolong the time to reach the state of exhaustion during activity in the cave and increases carbohydrate utilization capacity in less time. It is important to distinguish exhaustion, followed by fatigue and mental confusion caused by dehydration and increased body temperature, those caused by hypoglycemia. The cavers that optimize your glycogen stores, enhanced with adequate physical preparation will have more chance of getting success in the expedition.

Key-words: *Speleological activities, nutrition, metabolism of carbohydrates, physical condition.*

1. INTRODUÇÃO

Desde os primeiros artigos publicados sobre nutrição em espeleologia de âmbito internacional, a importância da discussão sobre a quantidade de carboidratos na dieta é realçada. Michel Le Bret (1966), em seu artigo sobre cavernas calcárias do Brasil menciona: "*Motivo de preocupação para todos os exploradores e visitantes das cavernas é a alimentação*" e aconselha uma dieta composta de 70 a 100g de proteína, 80g de lipídios e 500g carboidratos.

Outras fontes são os cursos para a formação de espeleólogos. Barroso Rodriguez et al. (2009) destacam "*elaboraremos uma dieta que atenda às necessidades de esforços de cada uma das fase de treinamento e da expedição em si. Adaptando o consumo energético de acordo com as demandas que vamos necessitamos em função do momento*" e argumenta que para o início do período geral a dieta deve conter 55% de carboidratos, 10% de proteína e 20% de lipídios. É importante mencionar que as referências apontam para o consumo de uma dieta rica em carboidratos durante a atividade espeleológica, de forma a evitar o esgotamento, que converge na diminuição da capacidade física, letargia, condições que inclusive justificam a maioria dos acidentes em cavernas (LÓPEZ MOLINA, 2000b).

Em sua maioria, os relatos elaborados sobre nutrição em espeleologia estão adaptados com base nos estudos sobre atividades esportivas, que são geralmente realizadas em condições estáveis, o que implica uma diferença do tipo de atividade que ocorre em uma caverna, a qual possui condições instáveis e extremas, condicionadas por características intrínsecas do ambiente, tais como: temperatura, umidade, altitude, escuridão, concentração de dióxido de carbono, a saturação de oxigênio.

A demais, é importante mencionar que cada caverna confere condições ambientais totalmente diferentes e específicas de cada região, e que nunca são as mesmas, inclusive em um mesmo estado de

um país, e o que dizer se pensarmos em países diferentes. Mais do que isso, uma mesma região pode ter cavernas com diferentes graus de dificuldades, inclusive, esses podem aparecer em mesma caverna. O que implica que o contexto de uma caverna é um fator que submete a um desempenho físico particular e que influencia no desenvolvimento da atividade realizada pelo espeleólogo. Como a maioria das publicações são elaboradas para um contexto regional de caverna muito particular, não seria conveniente generalizar com base nelas, a parcela de contribuição de carboidratos nos alimentos envolvidos na dieta para a atividade desenvolvida em outras circunstâncias.

Por isso, é muito importante considerar todos os fatores que influenciam a utilização de energia durante a atividade espeleológica, para estabelecer que tipo, quanto e quando é a hora correta de ingerir os carboidratos para cobrir as necessidades do trabalho na caverna, melhorando assim, a carga de glicogênio muscular e postergando a fadiga, de modo que o espeleólogo tenha um melhor desempenho e evite acidentes nas cavernas.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente trabalho é discutir sobre a importância de uma informação atualizada, tanto da função como da utilização dos carboidratos, assim como da preparação física para otimização da atividade espeleológica, mediante um consenso sobre os fundamentos levantados na literatura.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho constitui em um estudo exploratório de revisão da literatura, em livros e artigos sobre o metabolismo, bioquímica e fisiologia do esporte, medicina desportiva, entre outros, além da análise de conteúdos de programas para formação espeleológica.

Foram realizadas, entre janeiro a junho de 2014, buscas em periódicos da área médica, por

meio do Google Scholar e as próprias fontes bibliográficas mencionadas nos artigos identificados, utilizando os seguintes termos de referência: sistema endócrino e treinamento esportivo, fisiologia do esporte, ácido láctico e exercício, anatomia e fisiologia do sistema musculoesquelético, carboidratos para o exercício físico, exigências nutricionais para um desempenho ótimo, determinação do metabolismo energético, programas de fitness, conselhos para uma alimentação saudável, os carboidratos e desempenho atlético, treinamento em intervalos (aeróbico e anaeróbico).

Também foram analisados livros sobre bioquímica, treinamento espeleológico, alimentação e esportes: tendências atuais, tecnologia, inovação e pedagogia, fisiologia humana.

Os dados obtidos foram analisados de modo a compor uma discussão acerca dos conhecimentos mínimos que deve possuir o espeleólogo para poder determinar a composição e a quantidade adequada de carboidratos para cobrir as necessidades durante suas atividades na caverna.

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

O trabalho realizado, apesar de exploratório, demonstrou lacunas na literatura sobre o assunto. Foram identificados textos de referência em materiais diversos de origem espanhola, norte americana, colombiana, brasileira, sendo 7 artigos de periódicos da área de medicina desportiva, 5 livros sobre bioquímica ou que enfatizavam práticas em espeleologia, 4 apostilas de curso de formação espeleológica, destacando a produção espanhola sobre o assunto e diversos sites de entidades espeleológicas, além da própria vivência da autora na área de saúde e bioquímica.

3.1 Uma visão geral dos carboidratos

3.1.1 Função

Os carboidratos ocupam o primeiro lugar das necessidades diárias de nutrientes, pois eles nos fornecem o combustível necessário para desempenhar as funções orgânicas, físicas e psicológicas do nosso corpo. Uma vez ingeridos, hidrolisam em glicose, que é a substância mais simples entre os carboidratos. A glicose é de

extrema importância para o bom funcionamento do sistema nervoso central e outras funções do corpo. Cada grama de carboidrato fornece 4 Kcal de energia (LAGUNA et al., 2009).

Conforme Laguna et al. (2009) as funções principais dos carboidratos são:

- Ω Assegurar o funcionamento do sistema nervoso central (SNC). Todos os dias, o nosso cérebro usa cerca de 100 g glicose.
- Ω Reserva de energia como glicogênio no fígado e no músculo.
- Ω Regular o metabolismo das gorduras e evitar a formação de corpos cetônicos.
- Ω Ajuda o metabolismo de proteínas, impedindo sua oxidação.
- Ω Necessário na formação de ácidos nucleicos e outros nutrientes essenciais, tais como enzimas e hormônios.
- Ω Ajuda a manter os níveis normais de glicose, colesterol e triglicerídeos.
- Ω Formam parte da estrutura de certas proteínas e vitaminas.
- Ω A fermentação da lactose ajuda a proliferação da flora bacteriana intestinal favorável.
- Ω Agem como lubrificantes das articulações esqueléticas e coesão entre as células.
- Ω Polímeros insolúveis são elementos estruturais e de proteção.
- Ω Eles têm ação laxativa.
- Ω Adicionam sabor e cor aos alimentos e bebidas.

3.1.2 Classificação dos carboidratos

Os carboidratos podem ser classificados em simples, como os monossacarídeos, entre os quais podemos citar a glicose e frutose, que são responsáveis pelo sabor doce de muitos frutos, e os complexos (polissacarídeos), que são formados por várias moléculas. Entre eles, se incluem a celulose, que forma a parede e o suporte dos vegetais; o amido, presente em tubérculos (ex: batata); e glicogênio, presente nos músculos e no fígado dos animais. (LAGUNA et al., 2009) (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação dos CHO(LAGUNA et al., 2009).

Tipo de carboidrato	Componentes	Fontes alimentares
Monossacarídeos	Glicose	açúcar do corpo, hidrólise da sacarose, lactose e maltose
	Fructose	frutas, sucos e mel
	Galactose	leite e derivados
Dissacarídeos	Sacarose	açúcar refinado, açúcar mascavado, mel
	Lactose	leite e derivados
	Maltose	beterraba, cereais e sementes
Oligossacarídeos	Maltodextrina	derivado do milho e da mandioca
	Fruto-oligossacarídeos, rafinose e estaquiose	feijão , grão de bico, ervilha, lentilha
Polissacarídeos	Amido	milho, cereais, pães, massas, batata, feijão , ervilha a raízes
	Glicogênio	musculo, fígado e cérebro
	Celulose	verduras, frutas, legumes, cereais integrais

3.1.3 Absorção e digestão de carboidratos

Os carboidratos consumidos, digeridos e absorvidos são primeiro transportados através da corrente sanguínea para o fígado, onde pode seguir vários caminhos: a) conversão para gordura; b) armazenamento na forma de glicogênio; c) liberação de novo na corrente sanguínea para abastecer outros tecidos, tais como cérebro e músculo. (LAGUNA et al., 2009).

70), *moderado* (59 a 60), ou *baixo* (menos de 55)IG, de acordo com o seu tempo de digestão, a absorção e a conversão do CHO no fígado em glicose que entra na circulação. Na atualidade, o conceito de carga glicêmica (CG) é considerado mais prático e útil do que o índice glicêmico isolado. CG é o produto do índice glicêmico pela quantidade de carboidrato absorvíveis contidos em uma porção de alimento. Se classifica em CG *alto* (maior a igual a 20), CG *media* (11 a 19), CG *baixa* (menor o igual a 10). (MINUCHIN, 2002) (Figura 1 e Tabela 2).

3.1.4 Conceito de índice e carga glicêmica

O índice glicêmico (IG) permite classificar os diferentes tipos de carboidratos em *alto* (acima de

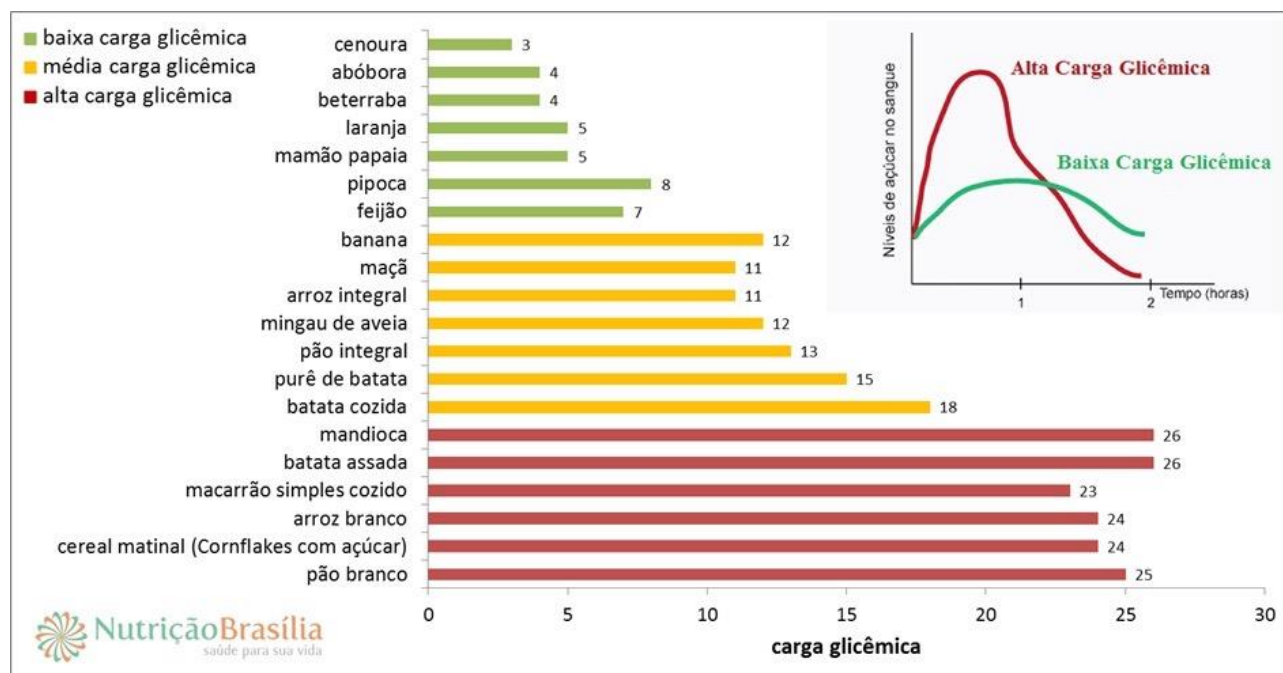


Figura 1. Índice glicêmico (IG).

Tabela 2. Valores de CG e IG.

Classificação	IG do alimento %	CG do alimento (g)	CG diária (g)
Baixo	< ou igual 55	< ou igual 10	< 80
Médio	56 a 69	11 a 19	–
Alto	> 70 ou mais	> 20 ou igual	>

(Fonte: Adaptado de Bran-Miller e cols. apud Silva et al., 2009)

3.1.5 A entrada de glicose na célula

Até recentemente, pensava-se que este mecanismo dependia exclusivamente da insulina e do seu receptor na membrana. Hoje, sabemos que o exercício pode estimular o transporte de glicose no interior da célula muscular por uma cascata de ativação diferente da insulina e sem a sua presença, durante o exercício e por um determinado período pós-exercício. (MINUCHIN, 2002).

A maioria das células captam a glicose e outros açúcares através de proteínas transportadoras nas membranas celulares, denominadas GLUT (Glucose Transporters, transportador de glicose). As distintas isoformas de GLUT diferem na sua localização nos tecidos, nas suas características cinéticas e na sua dependência ou não à insulina. (MINUCHIN, 2002) (Tabela 3).

Tabela3. Transportadores de glicose. (MINUCHIN, 2002).

Transportador	Tecidos
GLUT1	Todos ou tecidos
GLUT2	Fígado e pâncreas
GLUT 3	Cérebro
GLUT 4 (ativado por insulina)	Músculo, coração, gordura
GLUT 5	Intestino, testículos, rim, eritrócitos
GLUT 6, GLUT 9	Bazo, leucócitos,
GLUT 7	cérebro
GLUT 8, GLUT XI	Fígado
GLUT 9, GLUT X	Testículos, cérebro
GLUT 10	Fígado, rim
GLUT 11, GLUT 10	Fígado, pâncreas
GLUT 12, GLUT 8	Coração, músculo
Pseudogén, GLUT 6	Coração, próstata
	Inativo

Durante muito tempo se tentou encontrar os mecanismos que regulam a captação de glicose pelas células musculares. Hoje, já se sabe que existem muitos sinais celulares e ainda não se conhece todos, mas a insulina não é o único sinal que permite a entrada da glicose na célula como se pensava antigamente. O exercício, por mecanismos de cascata de ativação diferentes, como a ativação de AMPK, produto da contração muscular produz um aumento no transportador de membrana, promovendo a entrada de glicose na célula com

menos necessidades de insulina e permitindo maior formação de glicogênio muscular para satisfazer as necessidades energéticas demandadas. (Figura 2).

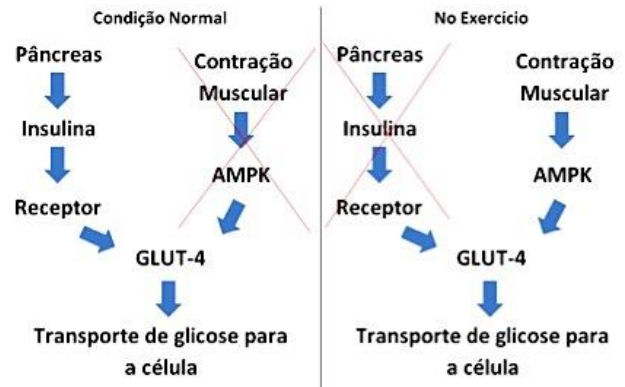


Figura 2. Aumento de GLUT 4, causado por o exercício. (Machado, 1998).

3.1.6 Metabolismo do glicogênio hepático e a glicose sanguínea durante o exercício

O gasto calórico diário em uma expedição depende da intensidade e duração da atividade e da quantidade de músculo ativo. As fontes de energia são a glicose no sangue, ácidos graxos e glicogênio muscular e hepático. Após 30 min de exercício, a reserva muscular de glicogênio diminui rapidamente (anaeróbico), enquanto que para 40 a 60 min seguintes, o fazem mais lentamente (aeróbico), porque a glicose no sangue e as gorduras são usadas. Se o esforço continua o glicogênio diminui até desaparecer (Figura 3).

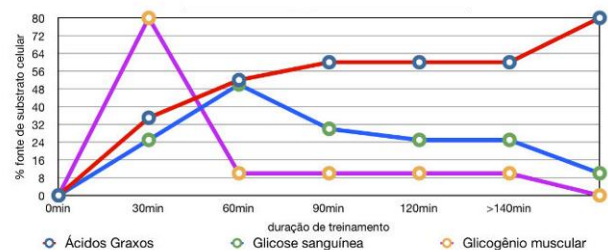


Figura 3. Fontes de energia para la atividade muscular aerobica e anaeróbica.

3.2 Fatores que afetam a utilização da energia durante a atividade espeleológica

3.2.1 A intensidade do esforço

Em relação à intensidade durante o exercício de resistência de baixa intensidade (aeróbica), há uma predominância da contribuição dos lipídios para o metabolismo energético. Durante o exercício físico de ritmo estável, a contribuição de lipídios e carboidratos tem relação com a intensidade e a duração de atividade. No entanto, a medida que a intensidade aumenta, gradualmente aumenta o aporte de carboidratos para o metabolismo energético e glicogênio hepático é esgotado.

Na atividade intensa de força, considerada anaeróbica, o fornecimento de energia provém principalmente da degradação de glicogênio muscular com a produção de ácido láctico, que é um intermediário importante em numerosos processos metabólicos e combustível particularmente móvel para o metabolismo aeróbico. (GLADDEN, 2004).

Estudos recentes têm demonstrado que a produção de lactato, mesmo na presença de oxigênio e mecanismo reversível que permite a reutilização do lactato em energia em diferentes grupos musculares, coração, fígado e, inclusive, em células cerebrais. Este transporte e reutilização do lactato é conhecido como "lactates shuttle" ou "mecanismo ponte de transporte de lactato". (MAZZA, 1997). Alguns exercícios alta intensidade em espeleologia são marcados por escaladas, descidas, passagens estreitas, agachamentos, rastejamento, além do peso do equipamento (Figura 4 e 5).



Figura 4. Espeleólogo durante escalada com corda na caverna.



Figura 5. Espeleólogo durante rastejamento na caverna.

3.2.2 Duração da Atividade

Durante os exercícios de intensidade constante as concentrações de glicose no sangue permanecem estáveis durante mais de duas horas, devido à taxa de liberação de glicose hepática ser compatível ao consumo de glicose muscular. Ao continuar com a mesma intensidade, a taxa de consumo se mantém, no entanto, a taxa de liberação hepática diminui. O metabolismo do glicogênio muscular aumenta em forma exponencial ao aumento da intensidade da atividade, surgindo a fadiga como produto da depleção de glicogênio. O exercício de intensidade constante em uma caverna pode ser executado, por exemplo, por um espeleobiólogo trabalhando por muitas horas caminhando, procurando e agachando para fazer coleta de animais na caverna (Figura 6 e 7).



Figura 6. Espeleobiólogo atuando em campo, atividade que pode ter longa duração.



Figura 7. Espeleobiólogo em campo, atividade que pode ter longa duração em ambiente úmido.



Figura 8. Treinamento de técnicas verticais como preparação do espeleólogo.

3.2.3 Nível de treinamento

A diminuição de glicogênio muscular devido ao esforço produz uma elevada atividade do complexo enzimático que sintetiza e armazena o glicogênio no músculo. A taxa de síntese de glicogênio após fazer exercício intenso está relacionada, em parte, com a atividade do complexo enzimático produtor de glicogênio, ao teor de CHO em alimentos e ao trauma muscular experimentado durante o exercício (O'REILLY et al., 1989). Se não há diminuição parcial do glicogênio muscular não há uma ativação do complexo enzimático ou se produz pouco armazenamento de glicogênio.

Além disso, uma dieta rica em CHO não vai aumentar as reservas de glicogênio muscular acima do normal, a não ser que seja precedido por uma diminuição glicogênica e ao mesmo tempo, por um aumento da atividade do complexo enzimático (PIEHL, 1974 apud COSTILL, 1994). Assim um espeleólogo com maior treinamento (trauma muscular por exercícios intensos) terá maior capacidade de armazenar glicogênio muscular o que aumenta sua capacidade de atividade, prolonga o tempo de exaustão e aumenta a capacidade de recuperação com CHO na dieta. O objetivo da preparação física na espeleologia é demonstrar que o maior grau de treinamento favorece a super compensação, que é um estado no qual a condição física inicial é mais elevada do que a da sessão anterior (CANCINO LOPEZ, 2011), permitindo ao espeleólogo aumentar o seu rendimento físico (Figura 8).

3.2.4 Frequência com que se pratica

A frequência com que é praticado o treinamento favoreceu desenvolvimento de uma capacidade de resistência aeróbica (ou de fundo), acrescentando o nível muscular das fibras tipo I, lentas ou vermelhas, que utilizam oxigênio para queimar glicose e ácidos graxos, produzindo uma contração lenta, mas capaz de ser repetida por um longo período de tempo, permitindo desenvolver um trabalho de longa duração (igual ou superior a 45 min) e de intensidade mediana. Este treinamento é o mais importante para o espeleólogo, já que se considera que 80% do trabalho realizado na caverna é do tipo aeróbico. (FERRERAS SOTO, 1998; LÓPEZ MOLINA, 2000a).

É importante considerar, no entanto, que a atividade espeleológica inclui exercícios de intensidade incrementais que não ocorrem em condições de estado estável e é necessário, além de resistência aeróbica, força e potência (resistência anaeróbia) para se desenvolvam as fibras do tipo II, rápidas ou brancas. Elas contêm pouco oxigênio, porque empregam, sobre tudo, a via anaeróbia e degradam a glicose por excelência, já que os ácidos graxos não são utilizados nesta via. De tal forma as fibras tipo II (anaeróbicas) são essenciais para atividades intensas e de curta duração, tais como subir em cordas, condutos estreitos, escalar blocos. Considera-se que um espeleólogo desempenha 20% do trabalho anaeróbio (Figura 9). (FERRERAS SOTO, 1998; LÓPEZ MOLINA, 2000a).

O treinamento requerido para a atividade espeleológica deve ser considerado do tipo aeróbio e anaeróbio, resistência e força. (FERRERAS SOTO, 1998; LÓPEZ MOLINA, 2000a).



Figura 9. Exercícios anaeróbicos em corda são muito frequentes e importantes.

3.2.5 Fatores ambientais

A aclimatação do espeleólogo às mudanças na temperatura do ambiente está ligada basicamente à dissipação de calor quando a temperatura está elevada e manutenção da temperatura se a do ambiente for baixa (DEL ROSSO, 2007) (Figuras 10 e 11).

Conforme Del Rosso (2007), os efeitos a serem considerados da umidade e da temperatura durante a atividade espeleológica, são:

- Ω Aumento de utilização de glicogênio muscular em altas temperaturas, causando fadiga;
- Ω Calor e alta umidade relativa dificultam a evaporação do suor, causando desidratação.
- Ω Competição por fluxo de sangue entre os músculos em atividade e a pele para facilitar a perda de calor, causando uma redução do desempenho.
- Ω As funções do Sistema Nervoso Central (SNC) e as funções mentais são suscetíveis a altas temperaturas, ocasionando fadiga, tonturas e comportamento confuso.



Figura 10. Aclimatação do espeleólogo às mudanças na temperatura da caverna.



Figura 11. Condições variáveis de umidade na caverna e necessidade de hidratação constante.

3.2.6 Resposta hormonal ao exercício

Existem processos hormonais importantes que permitem que o corpo se adapte ao stress de exercício (BUVINIC RADIC, 2010) (Tabela 4).

3.2.7 Dieta prévia à atividade espeleológica

Estudos recentes utilizando glicose marcada com isótopos radioativos permitiram uma determinação da contribuição energética fornecidas por fontes exógenas de CHO. Eles sugerem que a glicose ingerida está prontamente disponível para a oxidação, durante uma sessão de exercícios (PIRNAY et al. *Apud* COSTILL, 1994). Há um consenso geral de que a ingestão de CHO durante exercícios exaustivos de resistência, com duração de uma hora ou mais, melhora o desempenho (Tabela 5).

Tabela4. Ação hormonal durante o exercício (adaptado de Buvinic R., 2010).

Ação hormonal durante o exercício	Hormônios
Controle glicêmico priorizando a entrada de energia para o SNC e os músculos	<ul style="list-style-type: none"> hormônios hiperglicêmicos, adrenalina, glucagon, hormônio do crescimento (GH) e cortisol. hormônios hipoglicemiantes: insulina.
Melhora os parâmetros cardiovasculares e respiratórios	Aumento da secreção de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) e ação de sensibilização pela GH e cortisol
Aumento da massa muscular	Aumento de GH e testosterona
Regulação da retenção de água e eletrólitos para evitar a desidratação	Aumento da vasopressina (ADH) e de sistema renina-angiotensina, aldosterona

Tabela 5. Efeito do consumo de CHO pré-exercício sobre a glicose no sangue, utilização de glicogênio muscular e desempenho (adaptado de Jandrain et al., 1984).

CONDIÇÃO	GLICOSE NO SANGUE	GLICOGÊNIO MUSCULAR	ATUAÇÃO
Glicose 30-40min antes do exercício	diminuição	nenhuma mudança	diminuição
Frutose 30-40min antes do exercício	nenhuma mudança	nenhuma mudança	- Diminuição - Nenhuma mudança
Glicose, frutose, ou "Snack" de CHO, 0-5 min. antes do exercício	- nenhuma mudança - aumento	nenhuma mudança	aumento
Refeição com glicose o outro de tipo CHO, 3-4 horas antes do exercício	- nenhuma mudança - aumento	nenhuma mudança	aumento

Existe evidência substancial indicando que a ingestão de CHO, quer como uma única porção no início do exercício, ou como consumo frequente ao longo da atividade, contribuem fortemente para a oxidação de CHO durante o mesmo (COSTILL, 1994).

É importante notar que a absorção de uma grande dose de glicose provoca uma hiperglicemia temporária, pode promover a formação de ácidos graxos livres e colesterol e, em curto prazo, hipoglicemia. Os carboidratos complexos (Figuras 12 e 13), tais como amido, reduzem esse risco, porque eles causam um menor aumento da glicose no sangue e de insulina (COSTILL, 1994), ou seja, de carga glicêmica (CG) baixa.



Figuras 12 e 13. Feijão tropeiro e bolo de milho (produtos feitos no nordeste de Goiás), exemplos de comida contendo carboidratos complexos.

4. CONCLUSÕES

Com base na revisão da literatura sobre a função e utilização de carboidratos, bem como da preparação física para a otimização da atividade espeleológica, podemos estabelecer as seguintes conclusões:

- Ω É importante reconhecer o objetivo da expedição e o contexto da caverna para determinar o que, quanto e quando deve ser o consumo de carboidratos.
- Ω Para a atividade espeleológica, consumir preferencialmente carboidratos de baixo ou mediano índice glicêmico.
- Ω Não consumir alimentos ricos em carboidratos de alta CG durante a expedição, de modo a não causar hipoglicemia, por estimulação à elevação dos níveis de insulina.
- Ω Estabelecer medidas para distinguir a exaustão e a confusão mental causada pela desidratação e aumento da temperatura daquela causada pela falta de CHO.

- Ω Suplementação de carboidratos durante e após o exercício aumentam os níveis de glicogênio muscular.
- Ω Consumir alimentos com uma porcentagem mais elevada de CHO (de preferência de baixa ou média CG), 2-3 horas antes de iniciar a expedição. Se as condições de temperatura e umidade são elevadas, ingerir hidroglicoeletrólitos durante a atividade.
- Ω Evite jejum por mais de duas horas durante a atividade espeleológica, a fim de não acabar o glicogênio hepático e desencadear hipoglicemia, que pode causar confusão mental, aumentando as chances de conflitos e decisões equivocadas, levando às situações de risco e aos acidentes nas cavernas.
- Ω O treinamento físico do espeleólogo deve ser do tipo aeróbico (resistência) e anaeróbico (força), dada as características e as condições instáveis que acontecem nas cavernas.
- Ω O treinamento físico regular aumenta a capacidade de atividade física, posterga o tempo para se alcançar o esgotamento e aumenta a capacidade de recuperação com os CHO na dieta.
- Ω A prática constante de exercício produz um aumento do transportador de glicose GLUT4 na

membra celular independente da insulina, condicionando uma melhor taxa de glicose para ser armazenada em glicogênio muscular e diminuindo a hiperglicemia a produção de insulina.

- Ω Os espeleólogos que otimizam suas reservas glicogênicas, associada à preparação física apropriada, terão mais chance de alcançar o êxito na expedição.

Observa-se que na prática espeleológica ainda estamos muito presos a mitos relacionados ao consumo nutricional em atividades nas cavernas. É fundamental repensarmos nossa forma de realizar o treinamento dos espeleólogos, visando melhorar sua performance física, maximizando sua atividade e reduzindo os riscos à saúde e de acidentes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a cooperação com a revisão de conteúdo, formatação e tradução ao português do presente artigo realizada por Afonso Figueiredo. Ao Grupo de Espeleologia Ajau por impulsionar-me a fazer o presente estudo, especialmente a Majose Gomez, Mariu Paredes e Fátima Tec Pool.

BIBLIOGRAFIA

- BARROSO RODRÍGUEZ, M.; VILA GÓMEZ, B.; ARES VÁZQUEZ, C. **Necesidades de entrenamiento, fisiológicas y nutricionales en espeleología: curso monitores deportivos nivel II**. [s. l.; s. e], 2009.
- BUVINIC RADIC, S. **Regulación de la temperatura durante el ejercicio**. Santiago de Chile: Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, 2008. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/Pauli.olivares/regulacin-de-temperatura-en-el-ejercicio>>. Acesso em abril 2014.
- BUVINIC RADIC, S. **Cambios hormonales durante el ejercicio**. Santiago de Chile: Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, [s.d]. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/canocappellacci/cambios-hormonales-durante-el-ejercicio>>. Acesso em abril 2014.
- COSTILL, D. L. Carboidratos para el ejercicio: demandas en la dieta para el óptimo rendimiento. **Actualización en Ciencias del Deporte**, v. 2, n.7, p. 31-54, 1994. Disponível em: <<http://g-se.com/es/nutricion-deportiva/articulos/carbohidratos-para-el-ejercicio-demandas-en-la-dieta-para-un-rendimiento-ptimo-142>>. Acesso em maio 2014.
- DEL ROSSO, S. Regulación térmica y ejercicio; hidratación y ejercicio. In: **Curso a distancia de Ciencias del Ejercicio nivel II**. 2007. Disponível em: <[file:///C:/Users/Addy/Downloads/C22+-+Nutrici%C3%B3n+Deportiva+2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Addy/Downloads/C22+-+Nutrici%C3%B3n+Deportiva+2%20(1).pdf)>. Acesso em maio 2014.
- FERRERAS SOTO, R. **Fundamentos de teoría del entrenamiento aplicado a la espeleología**. Barcelona, España: Federación Española de Espeleología, 1998.

- GARCÍA GUIJARRO, F.J. Nutrición en espeleología. **I Curso de técnicos deportivos en espeleología - nivel I**. Murcia, España: Federación de Espeleología de la Región de Murcia, [s.d.].
- GLADDEN L. B. Lactate metabolism: a new paradigm for third millennium. **The Journal of Physiology**, v. 558, n.1, p. 5-30, 2004. [doi:10.1113/jphysiol.2003.058701]. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/jphysiol.2003.058701/pdf>>. Acesso em abril 2014.
- JANDRAIN, B.; KRZENTOWSKI, G.; PIRNAY, F.; MOSORA, F.; LACROIX, M.; LUYCKX, A.; LEFEBVRE, P. Metabolic availability of glucose ingested 3 h before prolonged exercise in humans. **J Appl Physiol**; n. 56, p. 1314-1319, 1984. Disponível em: <<http://jap.physiology.org/content/56/5/1314>>. Acesso em abril 2014.
- LAGUNA, J.; PIÑA, E.; MARTINEZ MONTES, F.; PARDO VAZQUEZ, J. P.; RIVERO ROSAS, H. **Bioquímica**. 6. ed. Ciudad México (México): UNAM, Manual Moderno, 2009.
- LE BRET, M. Grutas Calcáreas. **Bol. Instituto Geográfico e Geológico**, (47), p. 97-98, 1966.
- LIZARRAGA DALLO, A.; BARBANY CAIRÓ, J. R.; PONS SALAS, V.; PASABÁN LIZARRIBAR, E.; CAPDEVILA AUGUETS, L. **Alimentación y deporte: tendencias actuales, tecnología, innovación y pedagogía**. Madrid: Instituto Tomás Pascual, 2010. Disponível em: <http://www.institutotomaspascualsanz.com/descargas/formacion/publi/Libro_Alimentacion_Deporte.pdf>. Acesso em abril 2014.
- LÓPEZ MOLINA, M. Elementos básicos de fisiología aplicados a la espeleología. In: CUENCA RODRÍGUEZ, J. **Técnica y formación en espeleología**. Madrid, España: Federación Española de Espeleología, 2000a. Disponível em: <[http://www.speleo.lt/speleo/aidas/knyga/Tecnica%20y%20formacion%20en%20espeleologia%20\[ES\].html#49](http://www.speleo.lt/speleo/aidas/knyga/Tecnica%20y%20formacion%20en%20espeleologia%20[ES].html#49)>. Acesso em: abril 2014.
- LÓPEZ MOLINA, M. Elementos básicos de nutrición. In: CUENCA RODRÍGUEZ, J. **Técnica y formación en espeleología**. Madrid, España: Federación Española de Espeleología, 2000b. Disponível em: <[http://www.speleo.lt/speleo/aidas/knyga/Tecnica%20y%20formacion%20en%20espeleologia%20\[ES\].html#49](http://www.speleo.lt/speleo/aidas/knyga/Tecnica%20y%20formacion%20en%20espeleologia%20[ES].html#49)>. Acesso em: abril 2014.
- MACHADO, U. F. Transportadores de glicose. **Arq. Bras. Endocrinologia e Metabologia**, v. 42, n. 6, p. 413-421, dez. 1998.
- MAZZA, J.C. Ácido láctico y ejercicio (parte I). **Actualización en Ciencia del Deporte**, v. 5, n.14, 1997. Disponível em: <<http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/cido-lactico-y-ejercicio-parte-i-130>>. Acesso em maio 2014.
- MAZZA, J.C. **Aspectos destacados al sistema endocrino ligado al deporte**. [s.l.; s.e.; s.d.]. Disponível em: <<http://www.fecna.com/wp-content/uploads/2011/08/6-2-Sistema-Endocrino-y-Entrenamiento-Deportivo-II.pdf>>. Acesso em maio 2014.
- MINUCHIN, P.S. Transportadores de glucosa y ejercicio físico. **Revista Conexión Abierta (UAI)**, 4(8), mayo, 2002. Disponível em: <[http://www.patriciaminuchin.com.ar/publicado/12transportadores_de_glucosa_y_ejercicio\(resumen\).htm](http://www.patriciaminuchin.com.ar/publicado/12transportadores_de_glucosa_y_ejercicio(resumen).htm)>. Acesso em maio 2014.
- RAMÓN SUÁREZ, G. Bases neurológicas del movimiento humano. **Apuntes de la Asignatura Conocimiento Corporal II**. Medellín, Colômbia: Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia, maio 2008.
- SILVA, F. M.; STEEMBURGO, T.; AZEVEDO, M. J.; MELLO, V. Papel do índice glicêmico e da carga glicêmica na prevenção e no controle metabólico de pacientes com diabetes melito tipo 2. **Arq. Bras. Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 560-571, 2009.