



Carboidratos e Exercício

Sandra Maria Lima Ribeiro

1. Diferentes tipos de molécula

1. Monossacarídeos --> Glicose
Frutose
Galactose

2. Dissacarídeos --> Sacarose $\xrightarrow{\text{sacarase}}$ Glicose + Frutose | ligação α 1-2

Lactose $\xrightarrow{\text{lactase}}$ Glicose + Galactose | ligação β 1-4

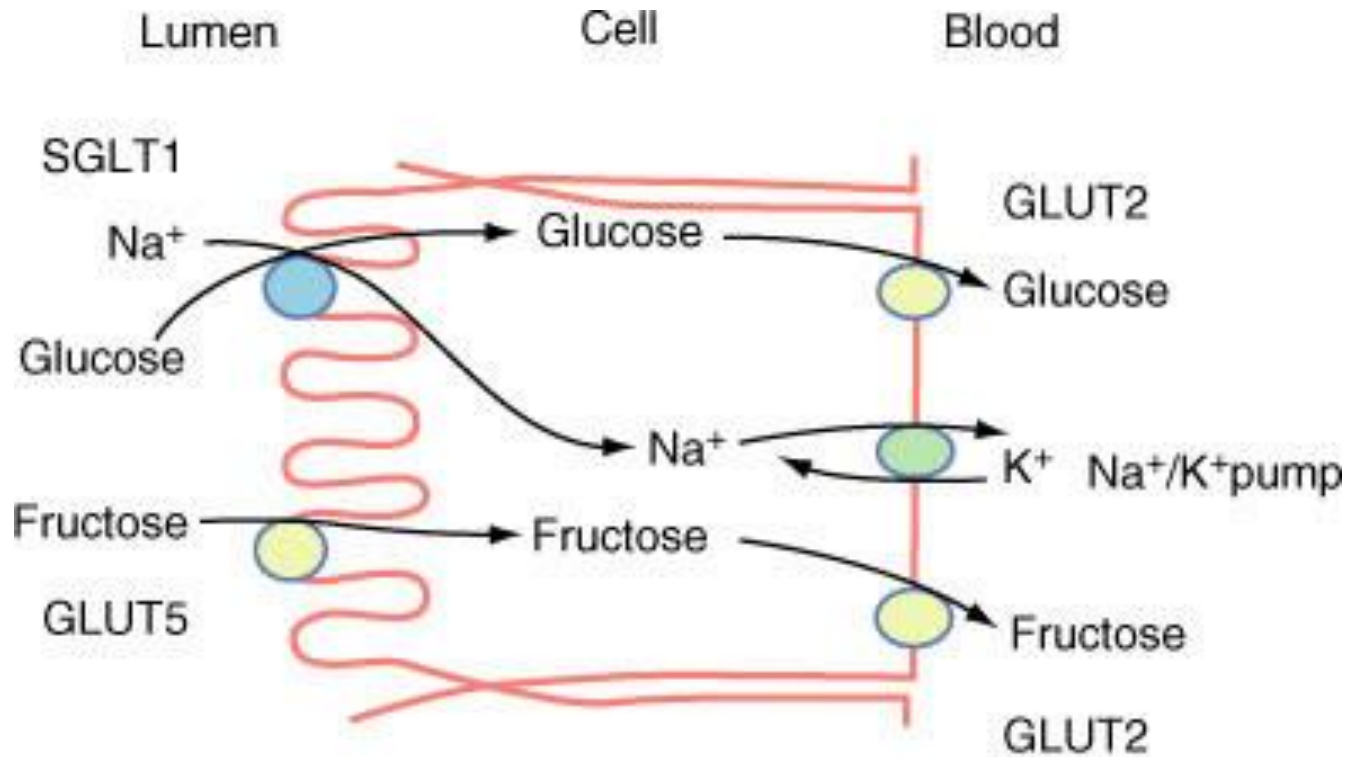
Maltose $\xrightarrow{\text{maltase}}$ 2 moléculas de glicose | ligação α 1-4
Manitol
Sorbitol

3. Oligossacarídeos --> Maltodextrina
Rafinose e estaquinose
Frutooligossacarídeos

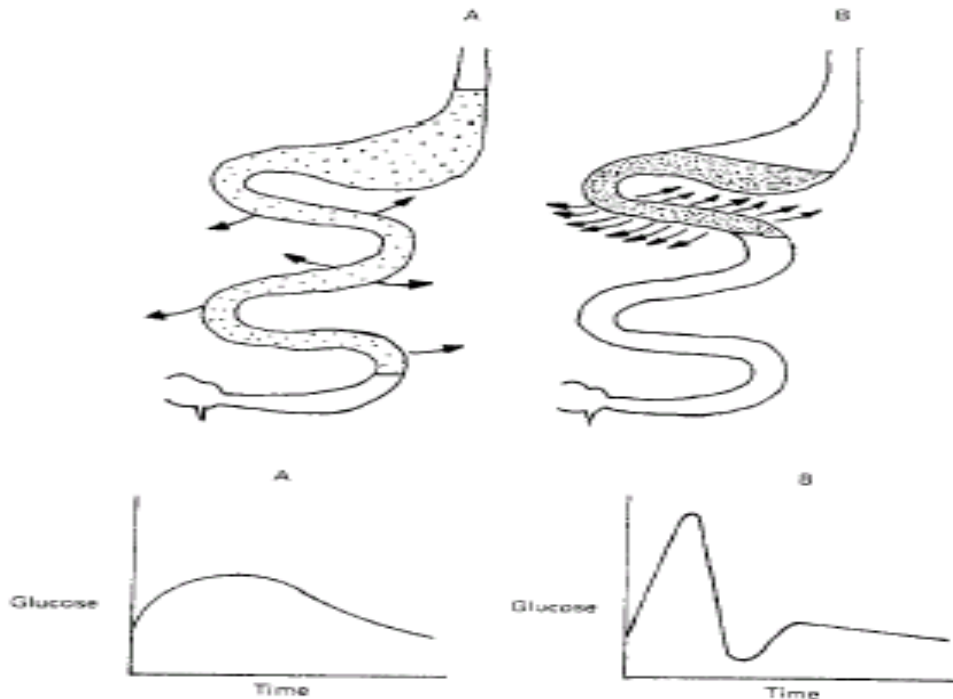
4. Polissacarídeos --> Amido \Rightarrow Amilase | ligação
Amilopectina | ligação α -1-6 e ligação β 1-6
Glicogênio

5. Polissacarídeos (não amido) --> Fibras alimentares: celulose

2. Diferentes mecanismos de transporte Glicose e frutose



3. Tipo, tamanho e manipulação culinária: Índice Glicêmico

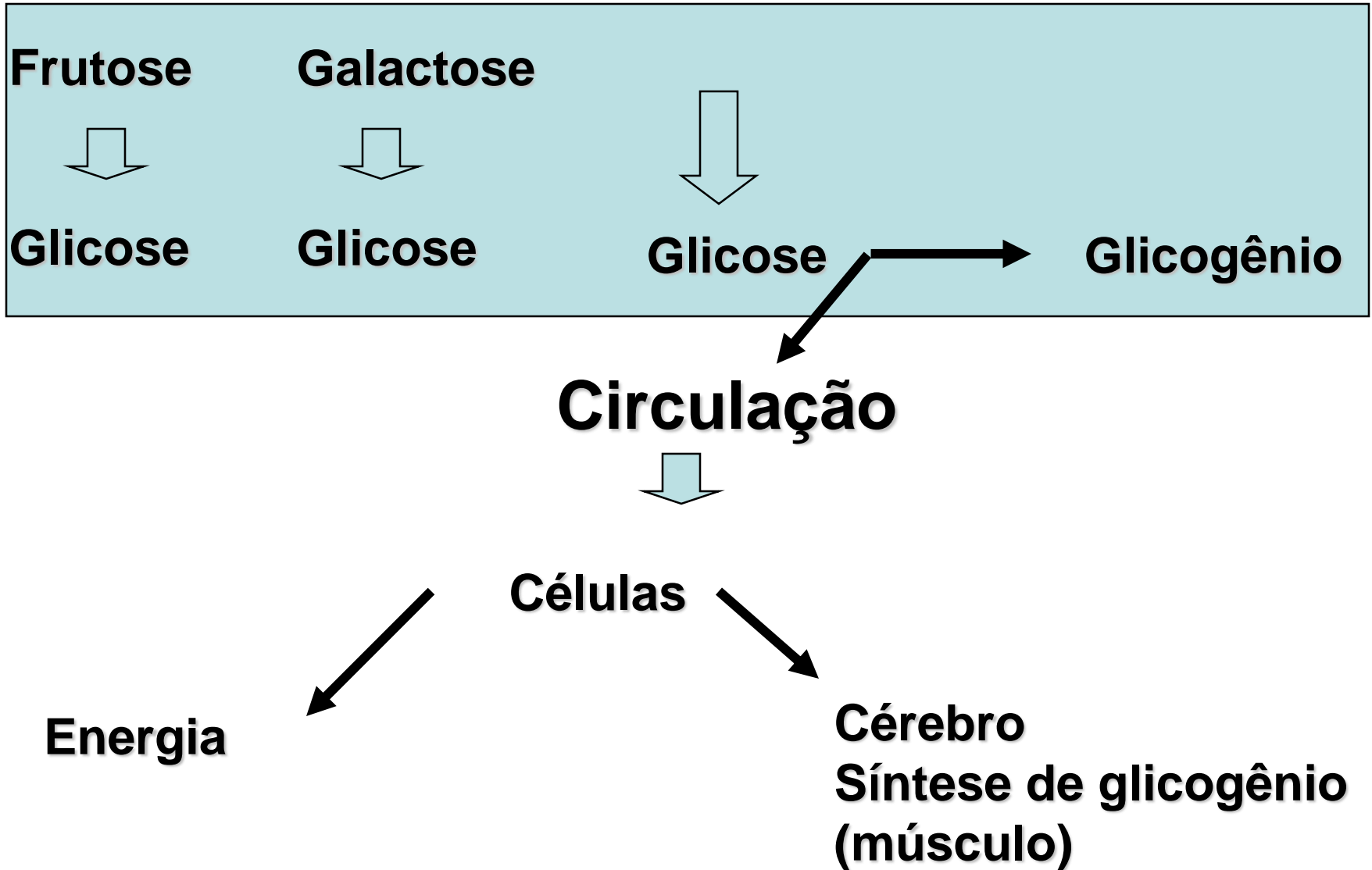


*Tamanho da molécula

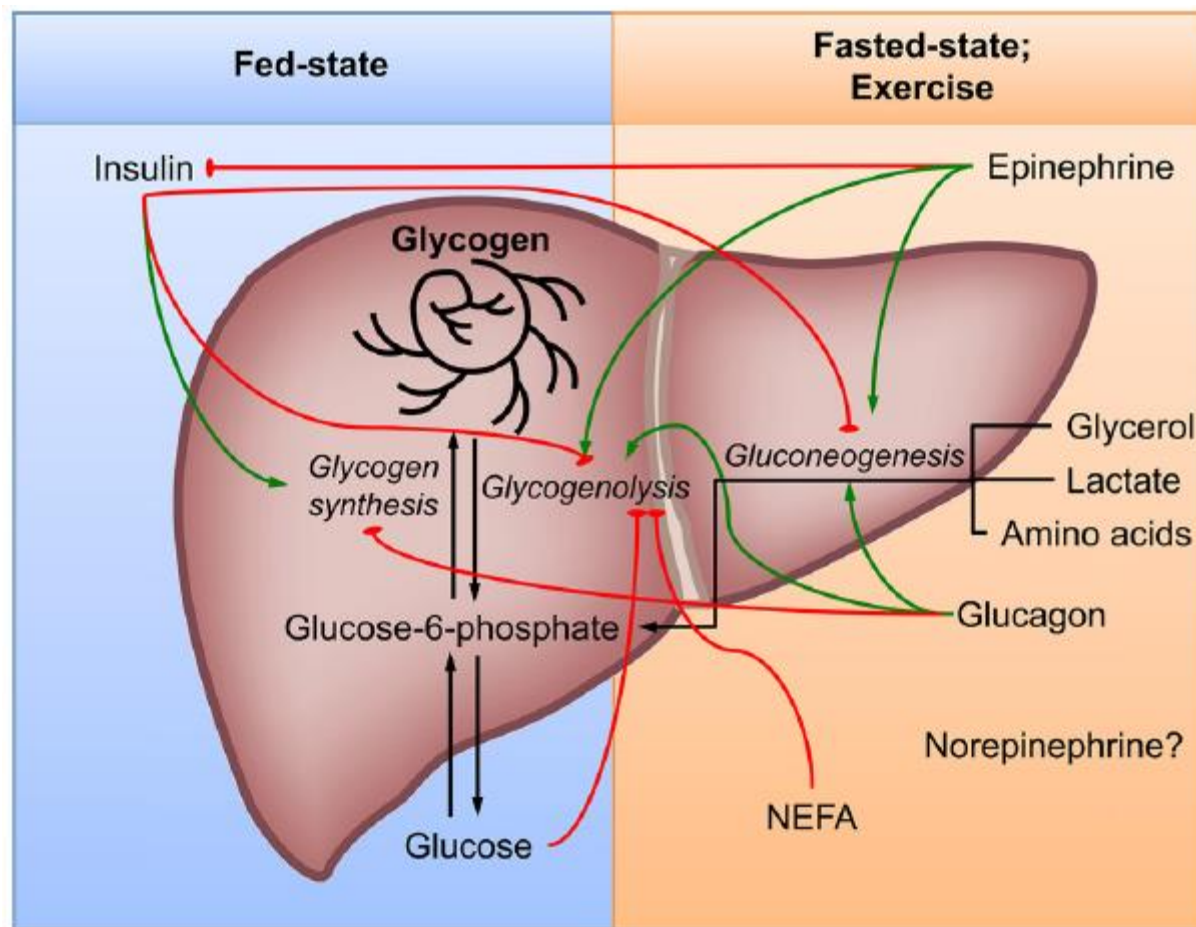
*Tipo de preparo culinário

*Tipo de monossacarídeo

4. Papel do Fígado no metabolismo de carboidratos



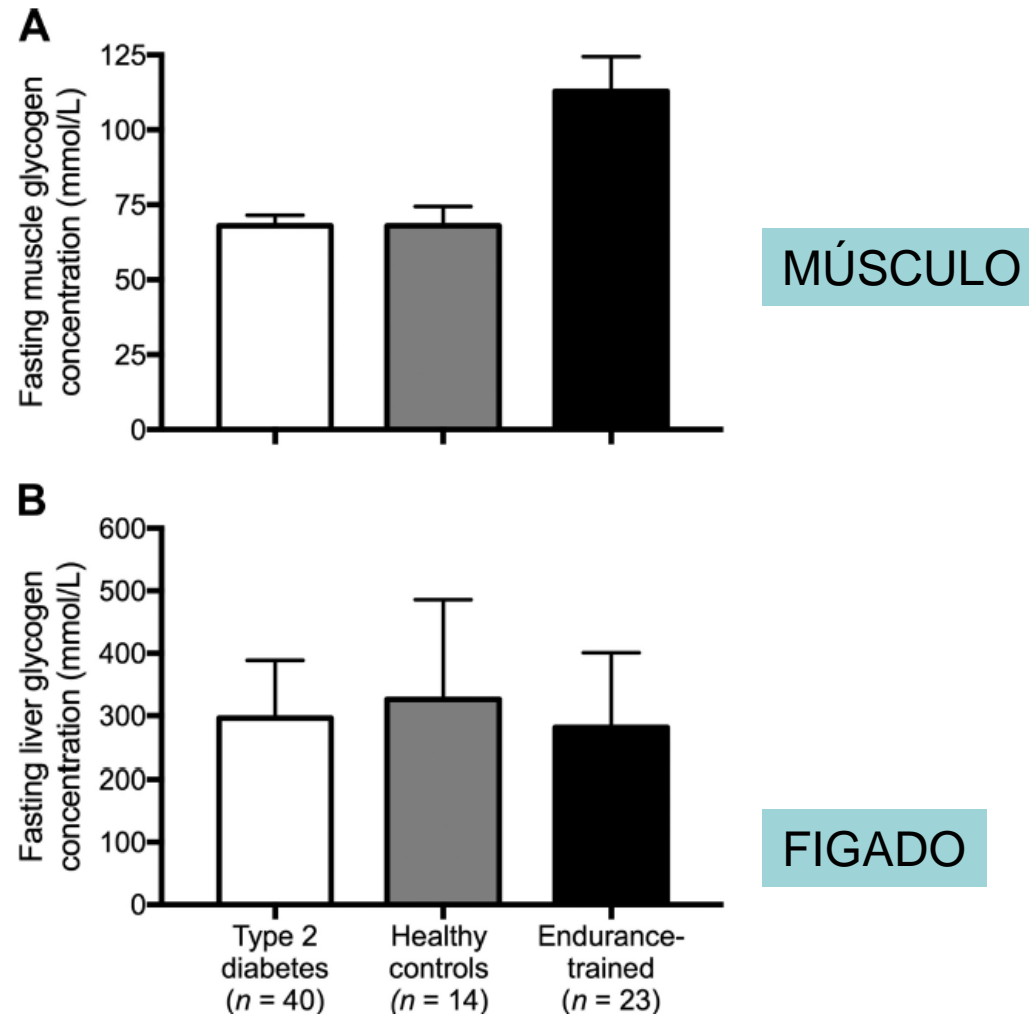
Regulação do glicogênio hepático: no estado alimentado, no jejum ou no exercício físico



Estado anabólico

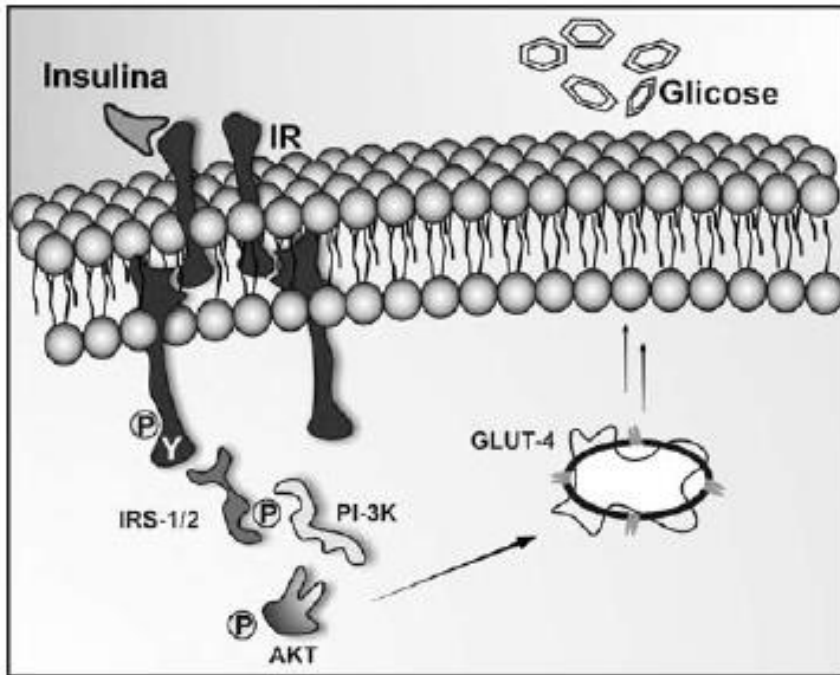
Estado catabólico

Concentração de glicogênio no jejum, comparando sedentários saudáveis, diabetes tipo II e atletas treinados

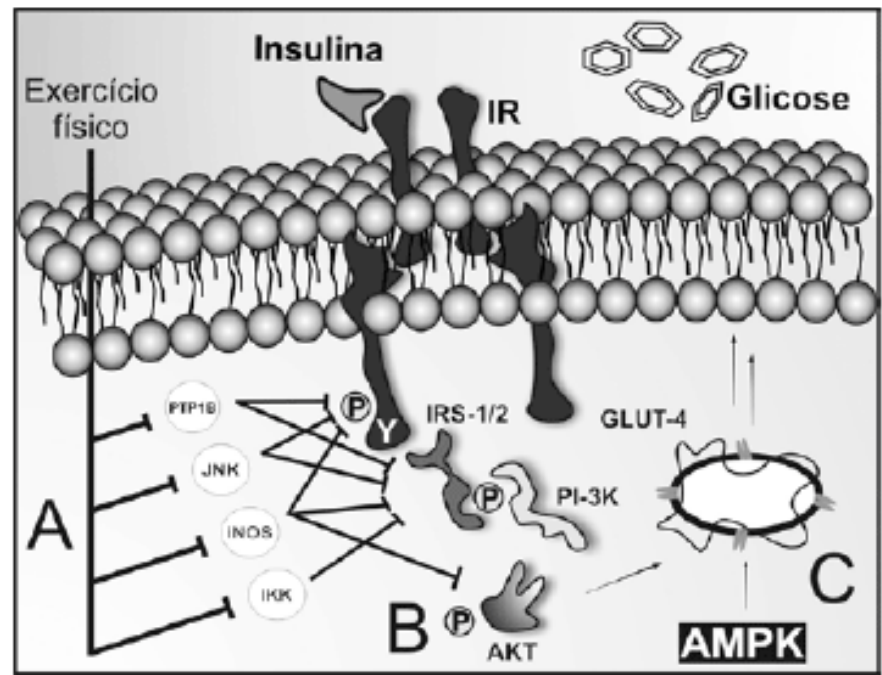


5. Captação de glicose pelo músculo esquelético- GLUT4

Repouso/sem exercício



Resposta ao exercício



OBS. Captação muscular de glicose e diabetes

- Importância da prática regular de atividade física moderada
- Treinamento e multiplicação das isoformas de GLUT4
- Mecanismos de ação independente de insulina (período durante e pós exercício)

6. Captação de glicose pelo músculo esquelético- mudanças com o exercício

Repouso

15-20% da captação periférica.

Exercício

(55-60% VO_2 máx):

80-85% da captação periférica.

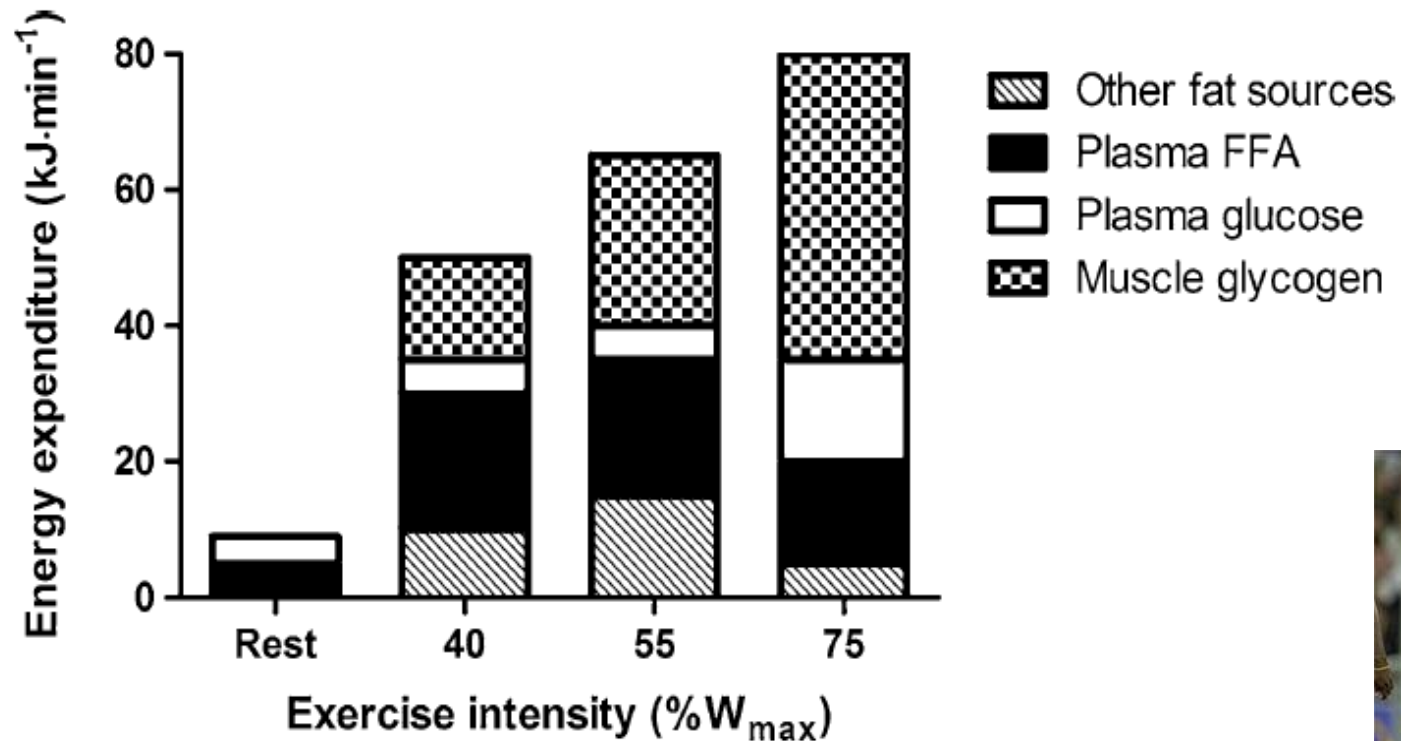
7. Participação da glicose no metabolismo energético durante o exercício

Início: predomínio da via glicolítica

50-65% do VO_2 máximo (*steady-state*): uso predominante de lipídeos

Acima: retomada da via glicolítica, proporcional à intensidade/ tempo

7. Participação da glicose no metabolismo energético durante o exercício





Fadiga- incapacidade da manutenção do exercício físico



FADIGA MUSCULAR OU PERIFÉRICA

Exaustão das reservas corpóreas
Maiores determinante:
#Depleção do glicogênio muscular
#Redução da glicemia

Reservas de carboidrato no organismo humano

Fígado- aproximadamente 100g

Músculo- aproximadamente 350-700g,
dependente do grau de treinamento



5% da reserva energética
do organismo



PORÉM; exercício prolongado,
intensidade moderada a alta- CHO
corresponde a quase 50% das
necessidades energéticas!
RISCO DE FADIGA

Exercício prolongado (superior a 2h)- estratégias de
fornecimento de CHO exógeno

8. Fornecimento de carboidratos

Tipo de carboidrato

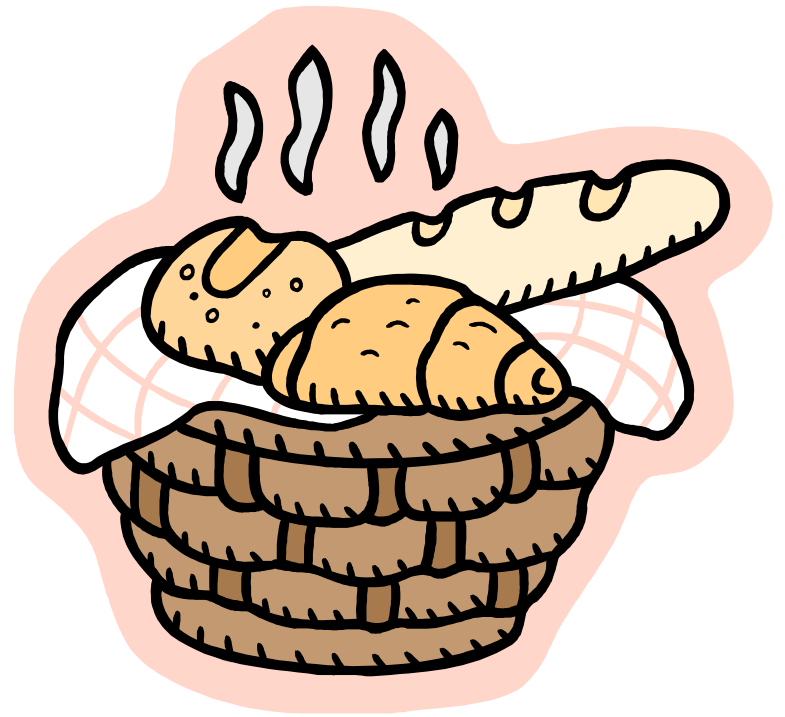
Quantidade ingerida

Momento da ingestão

Antes

Durante

Após



Momentos para manipulação de carboidratos na dieta

- ✓ Abastecimento agudo (para o exercício):
- ✓ Exercício aeróbio (longa duração, até 75% do VO₂ max)

Oportunidades:

- ✓ Dia anterior e/ou momentos anteriores
- ✓ Durante a atividade

✓ Exercício anaeróbio (>75% do VO₂ max e <1h de duração). Oportunidades:

- ✓ Dia anterior e/ou momentos anteriores

Dieta anterior ao evento

Dia anterior

✓ Oportunidade para abastecimento do glicogênio muscular (e hepático)

Bergstrom & Hultman, 1966- uso da biópsia muscular

Conteúdo de glicogênio muscular x capacidade de executar exercícios de longa duração, intensidade média a alta

Início das discussões sobre supercompensação de glicogênio- aumento em 2 a 3% no rendimento no exercício

✓ PROPOSTA DA SUPERCOMPENSAÇÃO DE CARBOIDRATOS

✓ 6-7 dias

✓ 6º, 5º, e 4º dias: alto treino. Baixo carboidrato

✓ Dias subsequentes: diminuição do treino, elevação gradual dos carboidratos na dieta

Conteúdo normal de glicogênio: 15g/Kg de músculo

Após supercompensação: até 40g/Kg.

Ganho de até 1,8 Kg!

Alterações emocionais pela baixa ingestão de CHO

Atualmente

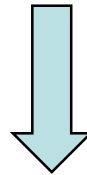
#Aumento apenas dos carboidratos e do repouso, no máximo 3 dias antes do evento

Dieta anterior ao evento

Horas anteriores (refeição de espera)

✓ Tempo antes do evento

4 a 1 hora antes
1 hora (ou menos) antes



Riscos a serem evitados:

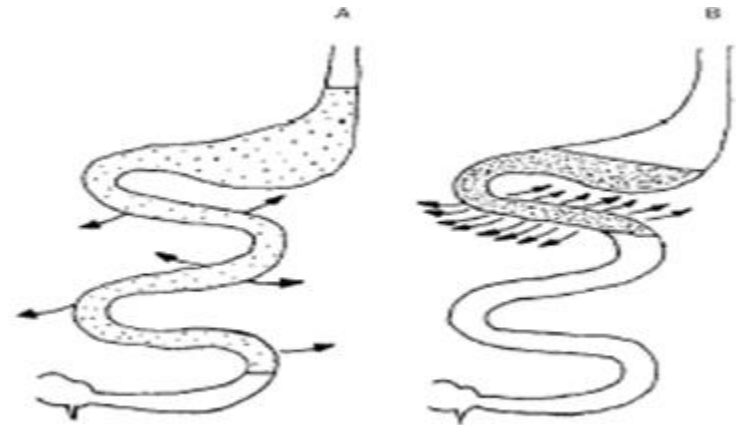
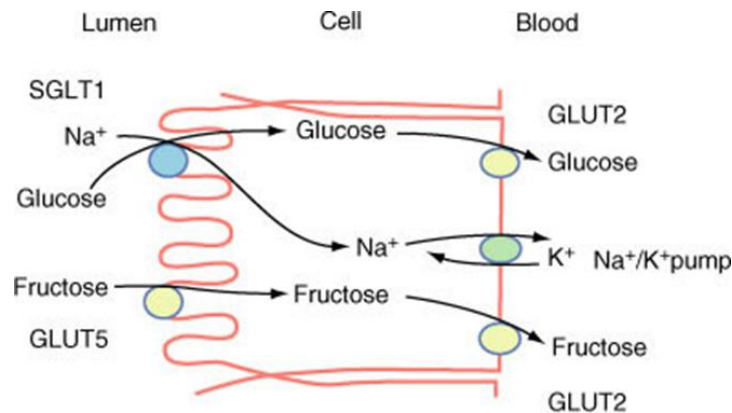
- Hipoglicemia pela resposta insulínica
- Bloqueio/Redução da oxidação de ácidos graxos pela maior disponibilidade de carboidratos

Dieta anterior ao evento

Horas anteriores (refeição de espera)

Combinação de carboidratos com diferentes mecanismos de transporte (glicose, frutose, galactose)

Combinação de carboidratos com diferentes índices glicêmicos (maltodextrina, amidos modificados-Waxy)



Maior tempo para a resposta glicêmica
Ex.: glicose + frutose
Só frutose e/ou galactose

Efeitos da ingestão de amidos modificados pré-exercício na performance

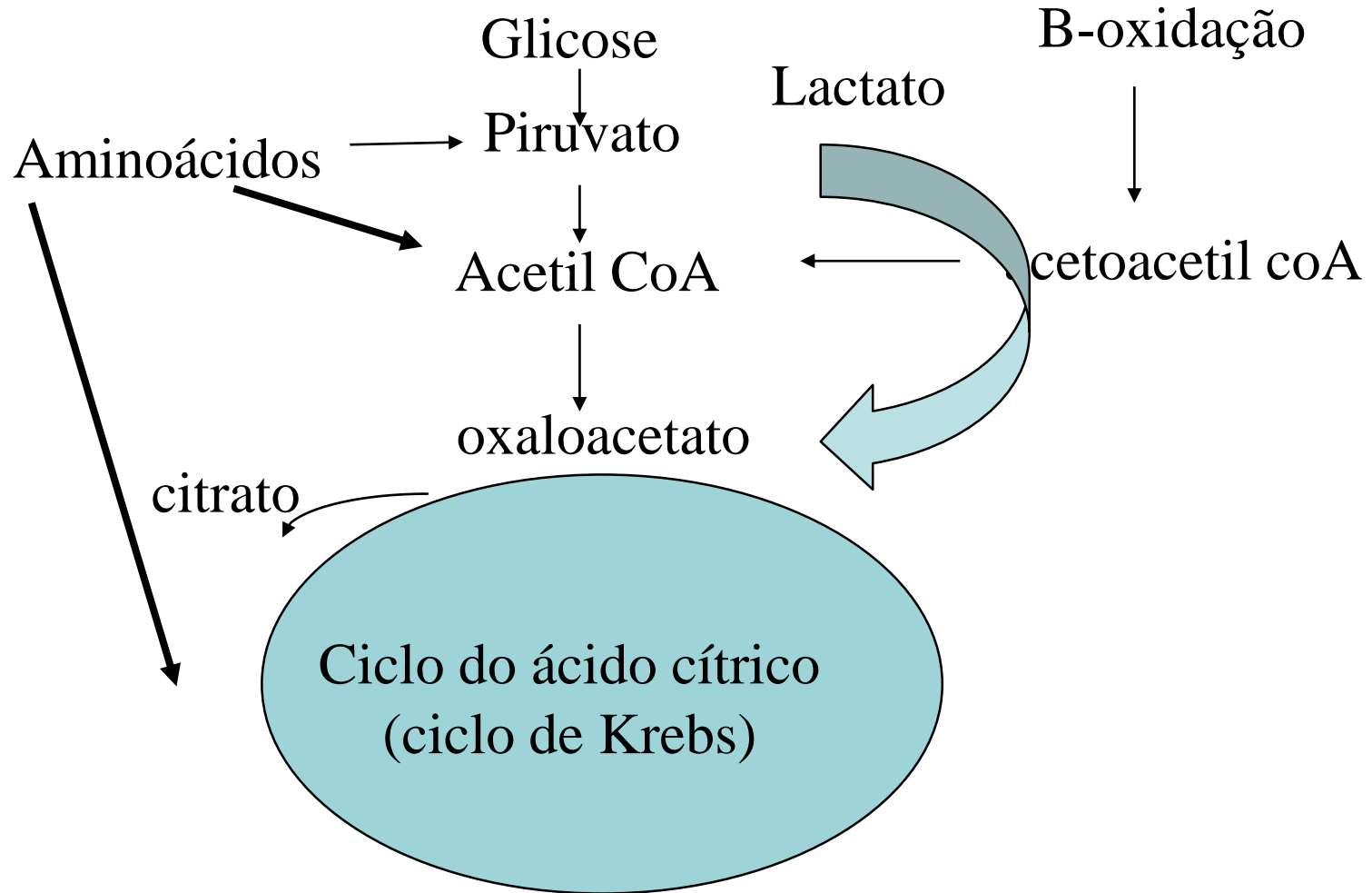
Study	<i>n</i>	Starch Type	Treatments	Timing Prior	Protocol	Results	Performance
Slow-Digesting							
Roberts <i>et al.</i> [83]	9	Waxy (95% amylopectin), hydrothermally modified	1 g/kg BM MS, 1 g/kg MD	30 min	150 min cycling 70% VO _{2max} , TTE 100% VO _{2max}	125 s (MS) vs. 136 s (MD) 434 kJ (G) vs. 403 kJ (P)	↔ ↑
Goodpaster <i>et al.</i> [82]	10	Waxy (100% amylopectin) or resistant (100% amylose)	1 g/kg BM WMS, RMS, G or P	30 min	90 min cycling 66% VO _{2max} , 30 min TT	428 kJ (WMS) vs. 403kJ (P) 418 kJ (RMS) vs. 403 kJ (P) G vs. WMS vs. RMS	↑ ↔ ↔
Jozsi <i>et al.</i> [69]	8	Waxy (100% amylopectin) or resistant (100% amylose)	3,000 kcal (65:20:15% carbohydrate, fat and protein); CHO consisting of WMS, RMS, G or MD	Post-exercise consumption over 12 h	60 min cycling 75% VO _{2max} , 6 × 1 min at 125% VO _{2max} , 24 h rest, 30 min TT	422 kJ (WMS), 413 kJ (RMS), 431 kJ (G), and 423 kJ (MD)	↔
Fast-Digesting							
Stephens <i>et al.</i> [84]	8	Low molecular weight and high molecular weight glucose polymers	100 g LMS or HMS, P	Post-exercise feeding 2 h prior to second bout	TTE cycling 73% VO _{2max} , 2 h rest, 15 min TT	149 kJ (LMS) vs. 138 kJ (P) 164 kJ (HMS) vs. 138 kJ (P) 164 kJ (HMS vs. 149 kJ (LMS)	↑ ↑ ↑

Notes: BM, body mass; MS, modified starch; MD, maltodextrin; TTE, time to exhaustion; WMS, waxy modified starch; RMS, resistant modified starch; G, glucose; P, placebo; TT, time trial; kJ, kilojoule; LMS, low molecular weight modified starch; HMS, high molecular weight modified starch; VO_{2max}, maximal oxygen consumption.

Combinação de alimentos/nutrientes para melhor rendimento- outras propostas

- Dieta alta em lipídeos (aguda e cronicamente)
- Adição de proteínas/ aminoácidos aos carboidratos
- Adição de cafeína
- Suco de beterraba

Assunto controverso- Metabolismo lipídico e relação com glicólise. Lado A

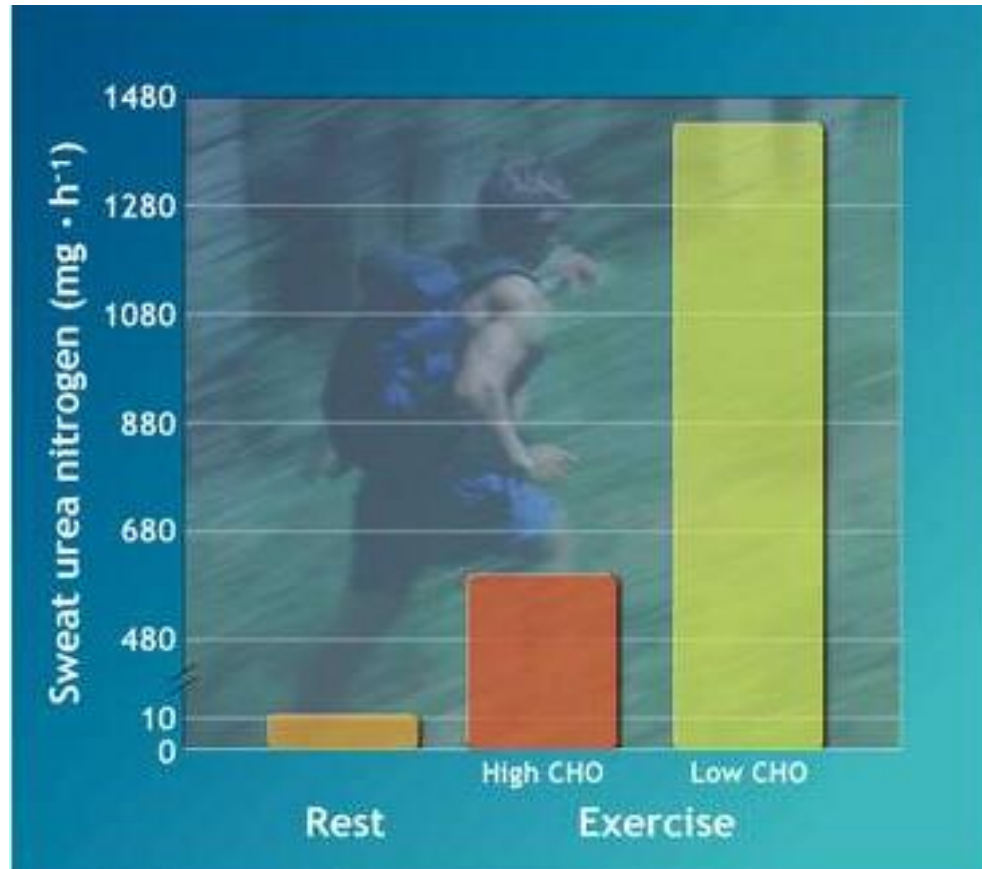


Assunto controverso- Metabolismo lipídico e relação com glicólise. Lado B

- Treinamento físico- aumento da capacidade de oxidar ácidos graxos, sobrepondo-se à oxidação de carboidratos
 - Dieta baixa em carboidratos- favorecimento da oxidação de AGL
 - Dieta hiperlipídica antes da atividade- aumento da disponibilidade de AGL
 - Estudos com mecanismos agudos e crônicos

Ainda há necessidades de maiores estudos relacionando manipulação dietética (redução de carboidratos ou aumento de lipídeos) e consequências à performance e/ou saúde

Baixo carboidrato e utilização de proteínas: excreção de uréia no suor no repouso e durante o exercício após dois esquemas de ingestão de carboidratos



```
graph TD; A([Carboidratos]) --- B([Lipídeos]); A --- C([Proteínas]); B --- D([Proteínas]);
```

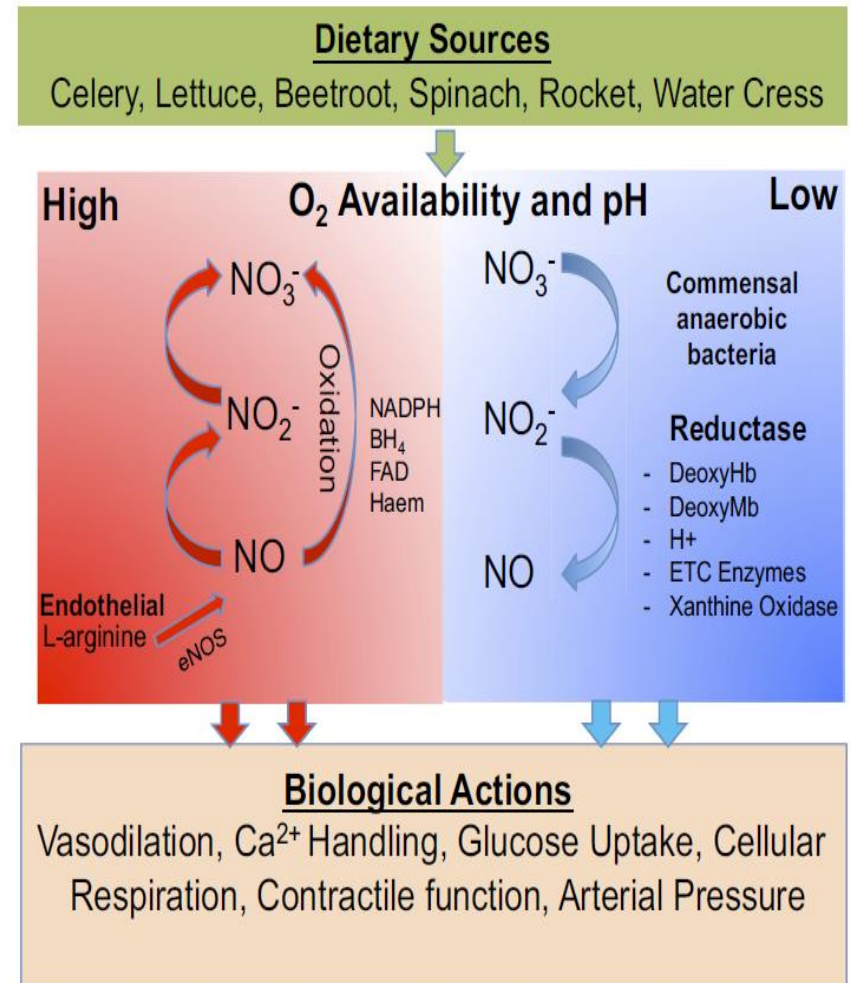
Carboidratos

Lipídeos

Proteínas

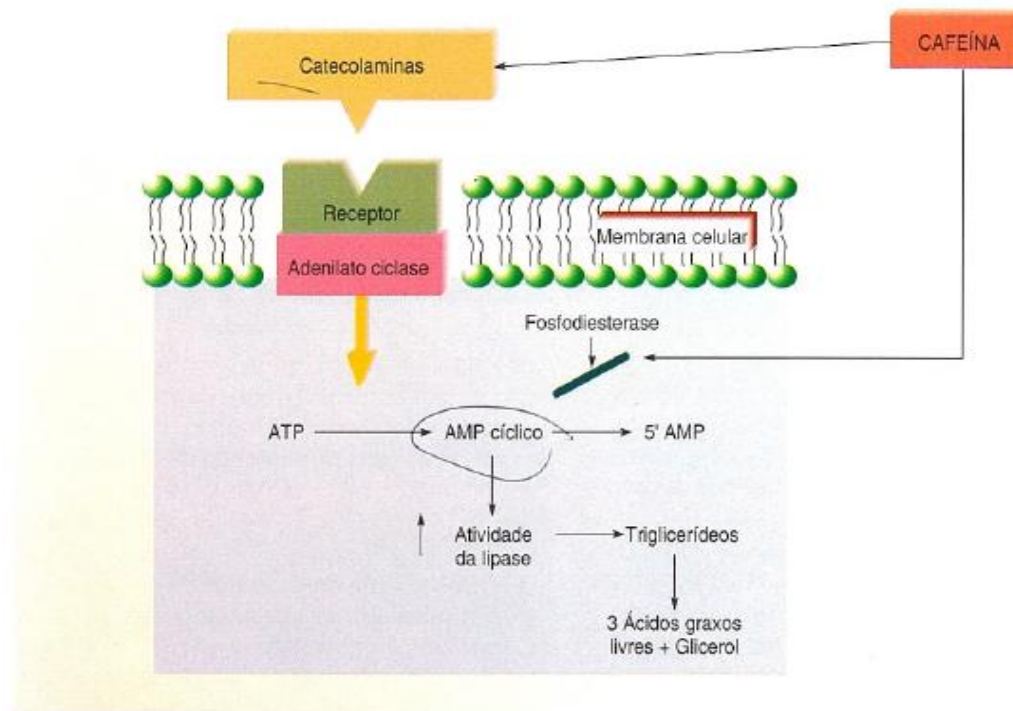
Combinação de alimentos/nutrientes para melhor rendimento- outras propostas

Suco de beterraba



Combinação de alimentos/nutrientes para melhor rendimento- outras propostas

- Adição de cafeína



CHO antes = CHO durante?

CHO antes: prolonga o tempo para exaustão (sobrecarga de glicogênio muscular)

CHO durante: diminui neoglicogênese hepática, poupa glicogênio muscular, e portanto retardam a fadiga

Os mecanismos são diferentes, porém o objetivo final é o mesmo, retardar o aparecimento da fadiga

Formas de ingestão de carboidratos durante o evento

- Carboidratos em solução líquida
- Carboidratos em Gel
- Carboidratos em forma sólida

Estudos argumentam que a forma não significa diferença nos efeitos ergogênicos

Regra geral- avaliação individual do melhor esvaziamento gástrico e melhor combinação com o esquema de hidratação

(Hargreaves et al, Murdoch et al, Pfeifer et al,

Ingestão de carboidrato durante o evento

Tipo de carboidrato (polímeros, mecanismos de transporte)

Concentração (6-8%)

Intervalos ingestão (a cada 15min)



Carboidratos durante exercícios de alta intensidade

Quais os mecanismos? Não há tempo suficiente para melhorar a oxidação de lipídeos ou para alguma forma de “poupar” glicogênio muscular

Carter JM, Jeukendrup AE, Mann CH, Jones DA. The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(9):1543-50.

Objetivos: investigar o efeito de uma infusão de glicose na cinética de glicose e na performance

6 ciclistas de endurance (VO₂ máx. 61,7 ± 2,0 mL/Kg/min)

2 testes onde foram instruídos a completar o mais rápido possível

Os participantes receberam:

Teste 1. Solução de 20% de glicose em salina (1g/min)

Teste 2. Somente solução salina (0,9% NaCl)

Hipótese- sem diferença, pois o tipo de teste é garantido pelas reservas endógenas de CHO

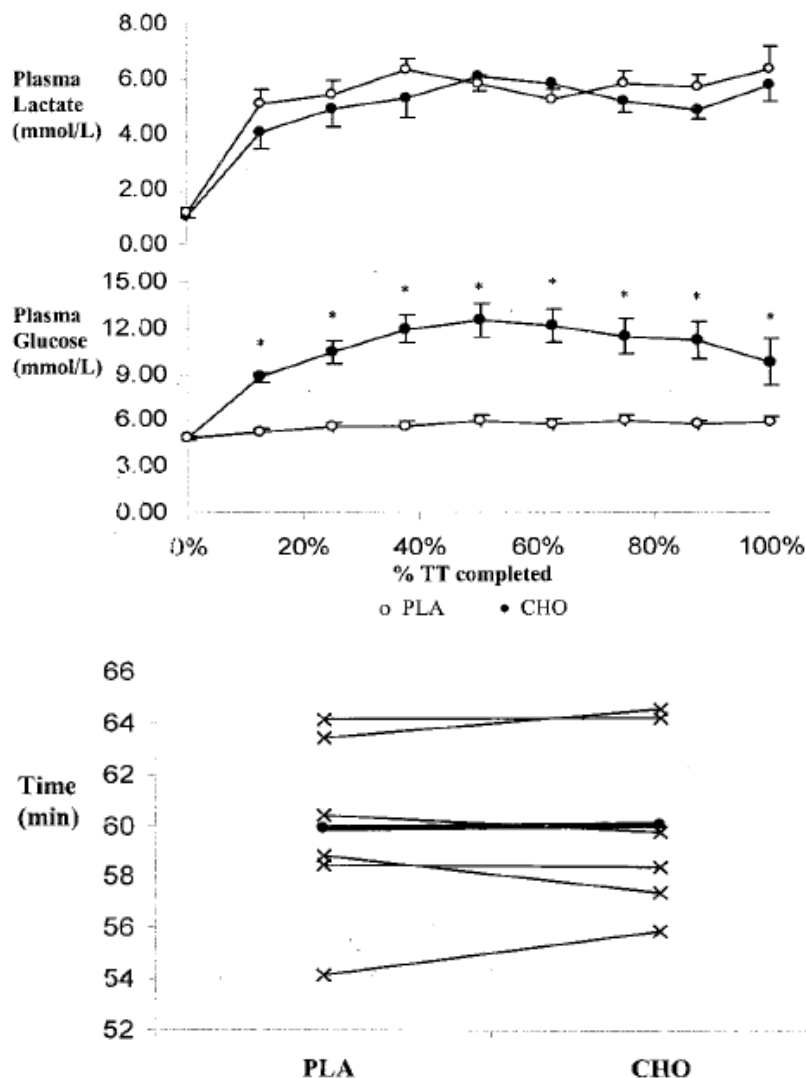


FIGURE 5—Individual and mean performance times in the PLA and CHO trials. Solid line indicates mean time ($P > 0.773$, $N = 6$).

Objetivo: investigar a possível função de receptores de CHO na boca na performance do exercício intenso

7 homens e 2 mulheres ciclistas de endurance ($VO_2 \text{ max} = 63,2 \pm 2,7 \text{ mL/kg/min}$) completaram dois testes, o mais rápido possível.

Teste 1. 6.4% solução de maltodextrina enxaguando a boca a cada 12,5% da prova completada (guspindo após 5s, proibido engolir)

Teste 2. Água administrada da mesma maneira



Possível mecanismo central relacionado à motivação, e não metabólico

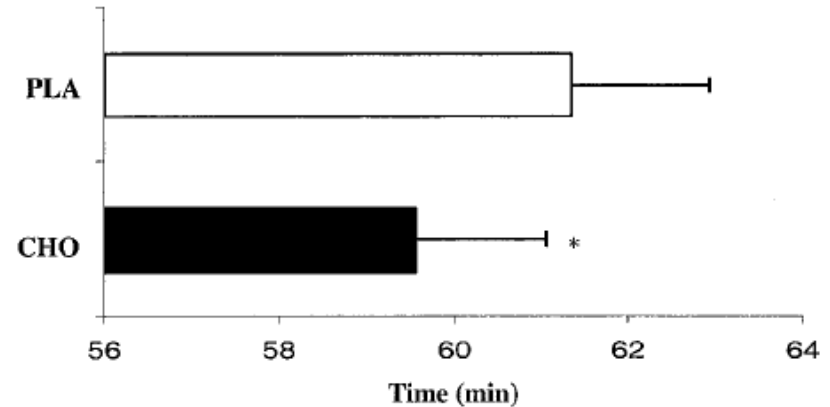


FIGURE 1—Mean performance time in the CHO and PLA trials. * Indicates significantly different from PLA ($P = 0.011$, $N = 9$).

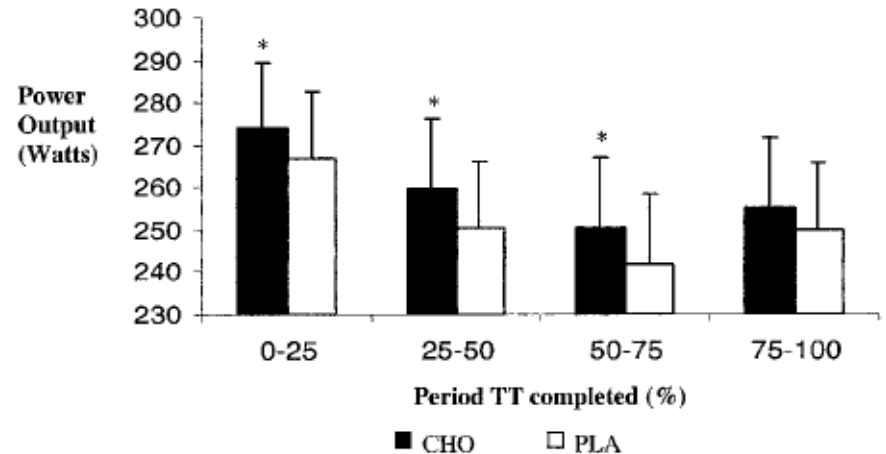


FIGURE 3—Mean power output during the four quarters of the CHO and PLA trials. * Indicates a significant difference from PLA ($P < 0.005$, $N = 9$).

Carboidrato em exercícios intermitentes/mistos

Esportes de campo (futebol, rúgbi, hockey, etc.) = taxa de esforço em torno de 70-80 VO₂ máx.

Similar a exercícios de endurance em alta intensidade

Necessidade aumentada de glicogênio muscular, para suprir a demanda de ATP

Pela característica dos exercícios, solução de carboidratos é a estratégia mais possível

ATIVIDADES MUITO LONGAS/ ULTRAENDURANCE



- Contrações de fome
- Sólidos ou gel
- Importância da água
- Outros alimentos



Ingestão desejada de carboidratos a partir de soluções líquidas

Conc. da solução (%)	Volume de líquido necessário			
	30g/h (mL)	40g/h (mL)	50g/h (mL)	60g/h (mL)
6	500	667	833	1000
7,5	400	533	667	800
10	300	400	500	600
20	150	200	250	300
50	60	80	100	120
75	40	53	67	80

Recomendado: 30-60g/h ou 0,5 a 1g/min. Coyle,1992

RECOMENDAÇÕES PARA INGESTÃO DE CHO DURANTE EXERCÍCIOS DE DIFERENTES DURAÇÕES

Event	Exercise duration	CHO required	Amount of CHO recommended	Type of CHO recommended	Single CHO	MT CHO
Very short, high-intensity exercise	<0.5 h	None	NA	NA	NA	NA
Short, high-intensity exercise	0.5–1.25 h	Very small amounts	Mouth rinse	Most forms	Yes	Yes
Intermittent/team sports, short duration	0.5–1.25 h	Very small amounts	Mouth rinse	Most forms	Yes	Yes
Intermittent/team sports, moderate duration	1–1.5 h	Moderate amounts	Up to 60 g·h ⁻¹	Fast-oxidizing CHO	Not optimal	Recommended
Intermittent/team sports, long duration	>2 h	Large amounts	Up to 90 g·h ⁻¹	MT CHO only	No	Yes
Endurance-type exercise	1–3 h	Moderate amounts	Up to 60 g·h ⁻¹	Fast-oxidizing CHO	Not optimal	Recommended
Prolonged endurance-type exercise	>2.5 h	Large amounts	Up to 90 g·h ⁻¹	MT CHO only	No	Yes
Starting exercise with suboptimal CHO	>2 h	Large amounts	Up to 90 g·h ⁻¹	MT CHO only	No	Yes
Recovery for multi-day competition	<24 h recovery	Large amounts	1.2 g CHO·kg ⁻¹ ·h ⁻¹	Fast-oxidizing CHO	Not optimal	Recommended
Recovery for multi-day competition with suboptimal CHO intake during recovery	<24 h recovery	Large amounts	0.8 g CHO·kg ⁻¹ ·h ⁻¹ + 0.4 g PRO·kg ⁻¹ ·h ⁻¹	Fast-oxidizing CHO + fast protein	Not optimal	Recommended

CHO Carbohydrate, MT CHO multiple transportable carbohydrates, NA not applicable, PRO protein

^a These guidelines are intended for athletes exercising at >moderate intensity (>4 kcal/min) who wish to optimize their performance. If the absolute exercise intensity is below moderate, carbohydrate intake should be adjusted downwards accordingly

Importância da recuperação

Ressíntese de glicogênio (glicogênio sintetase)

Baixa concentração glicogênio

Disponibilidade de glicose sanguínea/insulina

Dieta adequada.

Exercícios de vários dias (Ex.: Tour de France)

Grande depleção de glicogênio ao final de cada etapa

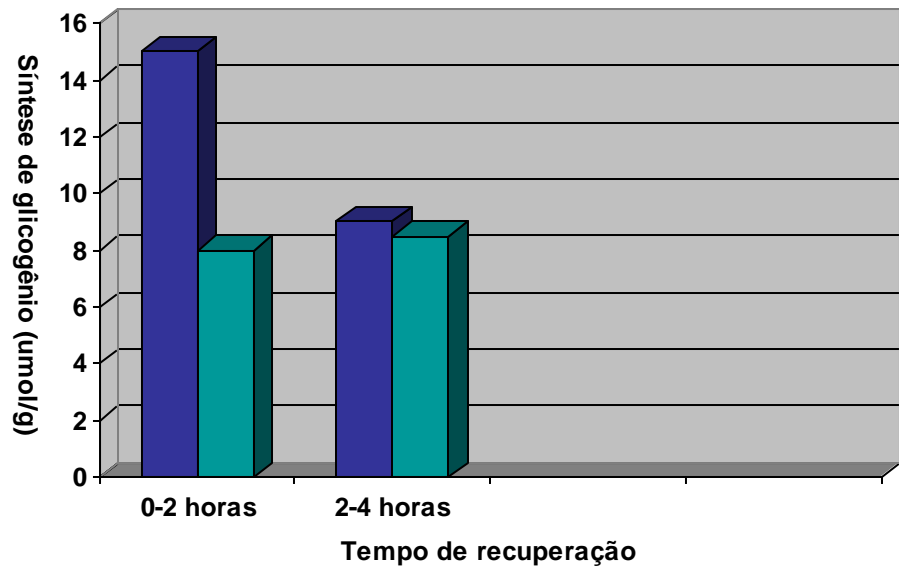
Necessidade de recuperação rápida e o mais plena possível

A taxa ótima de repleção de glicogênio parece ocorrer a não mais que 1,2g/kg/h
Ingestão a cada 2h
Refeição mista

Início da reposição o mais rápido possível após o término do evento



Ressíntese de glicogênio com a ingestão de carboidrato imediata ou tardia



Ivy et al, 1988.

■ Imediatamente após
■ 2 horas após

- ❑ Ressíntese ótima de glicogênio após o exercício: 0,7 a 1,0 g/Kg/h
Sólido e/ou gel e/ou líquido
- ❑ Recuperação: 500- 600g de CHO em 24h após a competição

Ingestão de CHO e glicogênio hepático

- Muito menor quantidade de estudos
- Ingestão somente de glicose (simples ou polímeros)- reposição de aprox. 4g de glicogênio hepático/h, independente do intervalo de ingestão (0,25-1,5g/Kg/h)
- Ingestão de refeição mista pós exercício- parece aumentar a ressíntese (precursores neoglicogênicos)
- Frutose e galactose- metabolismo no fígado- possível aumento da ressíntese

Relação entre carboidratos e hipertrofia muscular

Carboidratos após a atividade de força

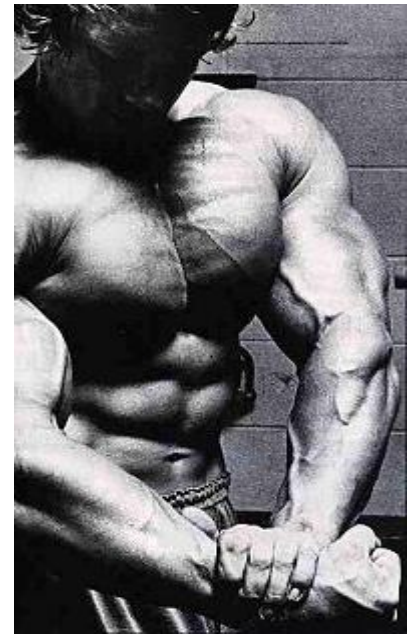


Insulina



GH, IGF-1

Substrato energético
para incorporação de
Aminoácidos
(Glicogênio, glicose
sanguínea)



SPECIAL COMMUNICATIONS

**AMERICAN COLLEGE
of SPORTS MEDICINE[®]**

ACADEMY OF NUTRITION AND DIETETICS
DIETITIANS OF CANADA

JOINT POSITION STATEMENT

Nutrition and Athletic Performance

TABLE 2. Summary of guidelines for carbohydrate intake by athletes.³⁶

	Situation	Carbohydrate Targets	Comments on Type and Timing of Carbohydrate Intake
DAILY NEEDS FOR FUEL AND RECOVERY			
<p>1. The following targets are intended to provide high carbohydrate availability (ie, to meet the carbohydrate needs of the muscle and central nervous system) for different exercise loads for scenarios where it is important to exercise with high quality and/or at high intensity. These general recommendations should be fine-tuned with individual consideration of total energy needs, specific training needs and feedback from training performance.</p> <p>2. On other occasions, when exercise quality or intensity is less important, it may be less important to achieve these carbohydrate targets or to arrange carbohydrate intake over the day to optimise availability for specific sessions. In these cases, carbohydrate intake may be chosen to suit energy goals, food preferences, or food availability.</p> <p>3. In some scenarios, when the focus is on enhancing the training stimulus or adaptive response, low carbohydrate availability may be deliberately achieved by reducing total carbohydrate intake, or by manipulating carbohydrate intake related to training sessions (eg, training in a fasted state, undertaking a second session of exercise without adequate opportunity for refuelling after the first session).</p>			
Light	<ul style="list-style-type: none"> Low intensity or skill-based activities 	3–5 g/kg of athlete's body weight/d	<ul style="list-style-type: none"> Timing of intake of carbohydrate over the day may be manipulated to promote high carbohydrate availability for a specific session by consuming carbohydrate before or during the session, or in recovery from a previous session.
Moderate	<ul style="list-style-type: none"> Moderate exercise program (eg, ~1 h per day) 	5–7 g/kg/d	<ul style="list-style-type: none"> Otherwise, as long as total fuel needs are provided, the pattern of intake may simply be guided by convenience and individual choice.
High	<ul style="list-style-type: none"> Endurance program (eg, 1–3 h/d mod-high-intensity exercise) 	6–10 g/kg/d	<ul style="list-style-type: none"> Athletes should choose nutrient-rich carbohydrate sources to allow overall nutrient needs to be met.
Very High	<ul style="list-style-type: none"> Extreme commitment (eg, >4–5 h/d mod-high intensity exercise) 	8–12 g/kg/d	
ACUTE FUELLING STRATEGIES – these guidelines promote high carbohydrate availability to promote optimal performance in competition or key training sessions			
General fuelling up	<ul style="list-style-type: none"> Preparation for events < 90 min exercise 	7–12 g/kg per 24 h as for daily fuel needs	<ul style="list-style-type: none"> Athletes may choose carbohydrate-rich sources that are low in fiber/residue and easily consumed to ensure that fuel targets are met, and to meet goals for gut comfort or lighter 'racing weight'.
Carbohydrate loading	<ul style="list-style-type: none"> Preparation for events > 90 min of sustained/intermittent exercise 	36–48 h of 10–12 g/kg body weight per 24 h	
Speedy refuelling	<ul style="list-style-type: none"> <8 h recovery between 2 fuel demanding sessions 	1–1.2 g/kg/h for first 4 h then resume daily fuel needs	<ul style="list-style-type: none"> There may be benefits in consuming small regular snacks Carbohydrate rich foods and drink may help to ensure that fuel targets are met.
Pre-event fuelling	<ul style="list-style-type: none"> Before exercise > 60 min 	1–4 g/kg consumed 1–4 h before exercise	<ul style="list-style-type: none"> Timing, amount and type of carbohydrate foods and drinks should be chosen to suit the practical needs of the event and individual preferences/experiences. Choices high in fat/protein/fiber may need to be avoided to reduce risk of gastrointestinal issues during the event. Low glycemic index choices may provide a more sustained source of fuel for situations where carbohydrate cannot be consumed during exercise.
During brief exercise	<ul style="list-style-type: none"> <45 min 	Not needed	
During sustained high intensity exercise	<ul style="list-style-type: none"> 45–75 min 	Small amounts including mouth rinse	<ul style="list-style-type: none"> A range of drinks and sports products can provide easily consumed carbohydrate. The frequent contact of carbohydrate with the mouth and oral cavity can stimulate parts of the brain and central nervous system to enhance perceptions of well-being and increase self-chosen work outputs.
During endurance exercise including 'stop and start' sports	<ul style="list-style-type: none"> 1–2.5 h 	30–60 g/h	<ul style="list-style-type: none"> Carbohydrate intake provides a source of fuel for the muscle to supplement endogenous stores. Opportunities to consume foods and drinks vary according to the rules and nature of each sport. A range of everyday dietary choices and specialised sports products ranging in form from liquid to solid may be useful The athlete should practice to find a refuelling plan that suits their individual goals including hydration needs and gut comfort.
During ultra-endurance exercise	<ul style="list-style-type: none"> >2.5–3 h 	Up to 90 g/h	<ul style="list-style-type: none"> As above. Higher intakes of carbohydrate are associated with better performance. Products providing multiple transportable carbohydrates (Glucose:fructose mixtures) achieve high rates of oxidation of carbohydrate consumed during exercise.

Individualidade

A despeito de todos os estudos publicados, a tolerância individual é muito variada e deve ser testada em treinos

FIM