

# Carboidratos e exercício

**Prof. Dr. Guilherme G. Artioli**

Universidade de São Paulo

Applied Physiology & Nutrition Research Group

d. Carregar os elétrons retirados dos nutrientes para a cadeia de transporte de elétrons. ✓

Questão 4  
Incorreto  
Atingiu 0,00 de 1,00  
Marcar questão

Servem como estoque de energia em nosso organismo, exceto:

- a. Glicogênio e proteínas.
- b. Estoque de ATP livre. ✗
- c. Lipídeos acumulados nos adipócitos e dentro das células musculares.
- d. Estoque de ATP na corrente sanguínea sendo utilizado como fonte rápida de ATP.

Questão 5  
Incorreto  
Atingiu 0,00 de 1,00  
Marcar questão

Quais vias bioenergéticas levam ao acúmulo de metabólitos, tais como íons  $H^+$  e  $P_i$  (fosfato inorgânico) e podem levar rapidamente à fadiga?

- a. Oxidação de glicogênio muscular.
- b. ATP-CP.
- c. Glicólise. ✗
- d. As alternativas "a" e "b" estão corretas.

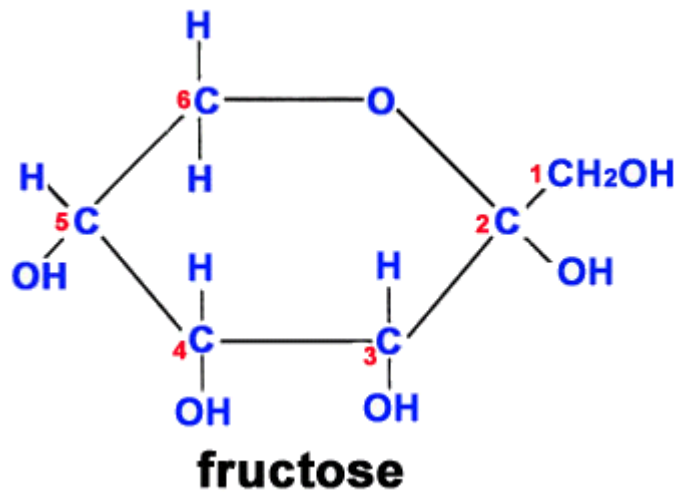
Questão 6

Qual o substrato utilizado na via ATP-CP?

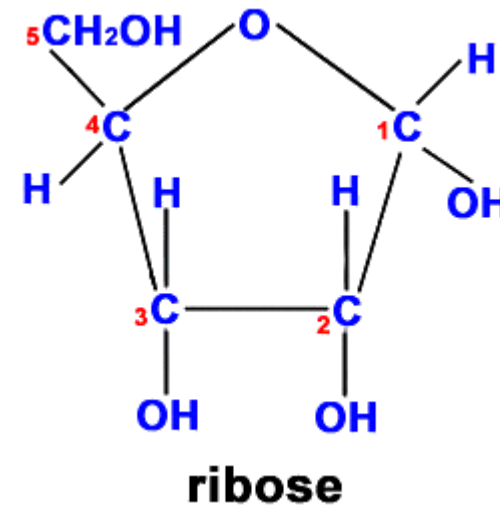
# CARBOIDRATOS - estrutura

- Fórmula geral:  $[C(H_2O)]_n \rightarrow$  hidratos de carbono
- Classificação quanto ao número de carbonos

## - hexoses



## - pentoses



# CARBOIDRATOS - estrutura

## - Classificação quanto ao número de moléculas

### - monossacarídeos

- Glicose (dextrose)
- Frutose
- Galactose

### - dissacarídeos

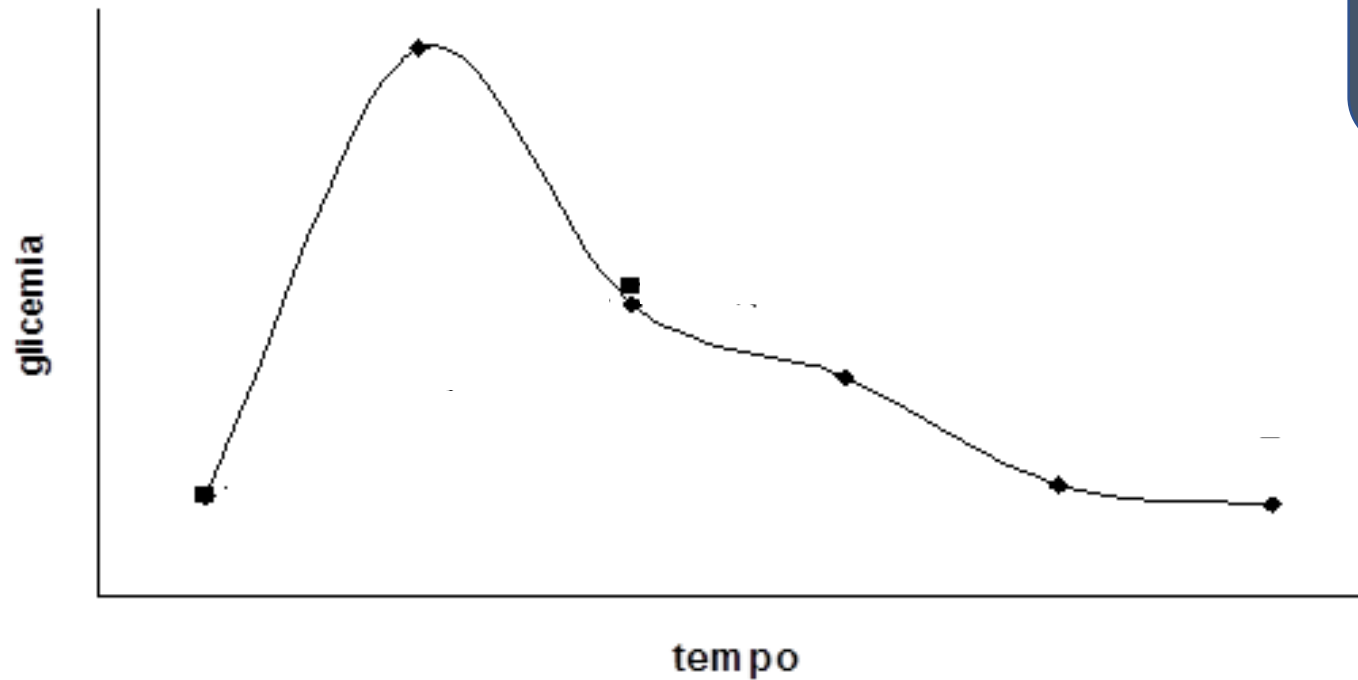
- Sacarose (glicose+frutose)
- Maltose (glicose+glicose)
- Lactose (glicose+galactose)

### - polissacarídeos

- Glicogênio (glicose)
- Amido (glicose)
- Maltodextrina (glicose)
- Celulose (glicose)

# CARBOIDRATOS

Classificação quanto à capacidade de elevar a glicemia

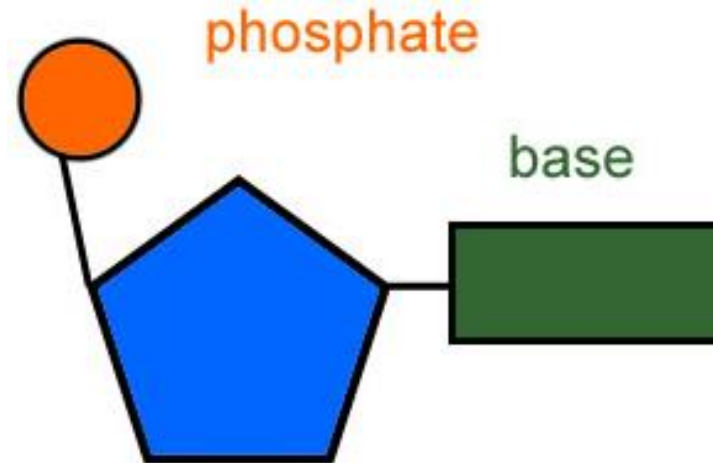


1. Índice glicêmico
2. Carga glicêmica

<b>Alimento</b>	<b>Índice Glicêmico (Pão Branco = 100)</b>
Arroz branco	126
Batata Assada	121
Flocos de Milho	119
Cenoura	101
Pão Branco	100
Sacarose (açúcar comum)	92
Pizza de queijo	86
Macarrão	83
Pipoca	79
Banana	76
Laranja	62
Cereal de fibras	60
Maçã	52
Leite Desnatado	46
Feijão	42
Frutose	32

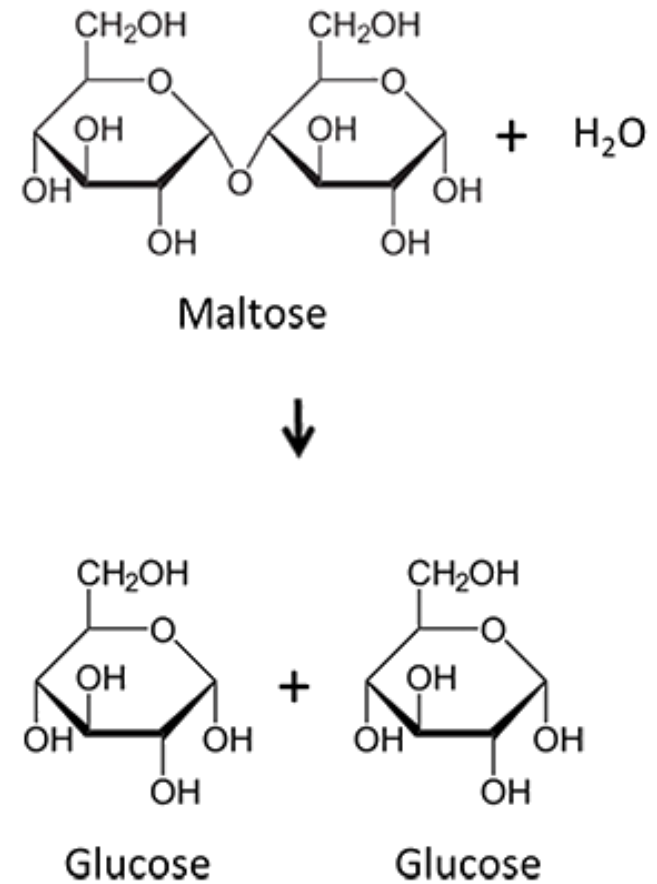
# CARBOIDRATOS – funções

1. Energia (armazenamento e transferência)
2. Estrutura (ácidos nucleicos, glicoproteínas, TAG, etc.)

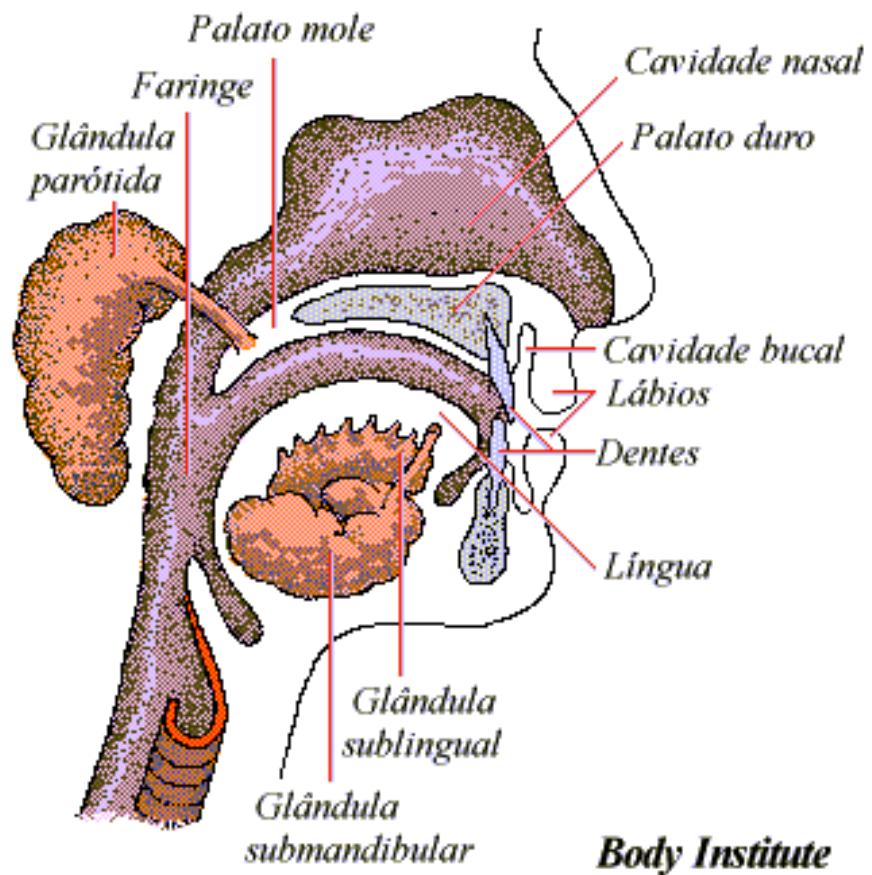


# CARBOIDRATOS – digestão e absorção

**HIDRÓLISE** → processo básico da digestão





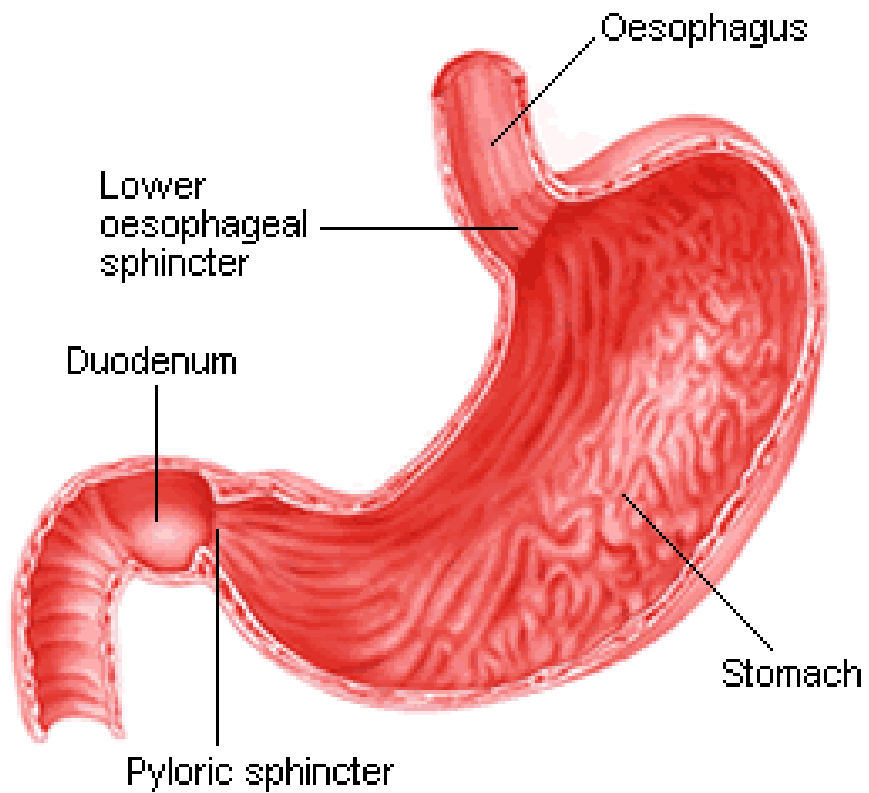


Glândula Parótida: produção e secreção de ptialina ( $\alpha$ -amilase)



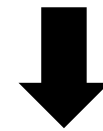
Amido  $\rightarrow$  maltose + polímeros (3 a 9 C)

Apenas ~5% dos amidos são hidrolisados na boca

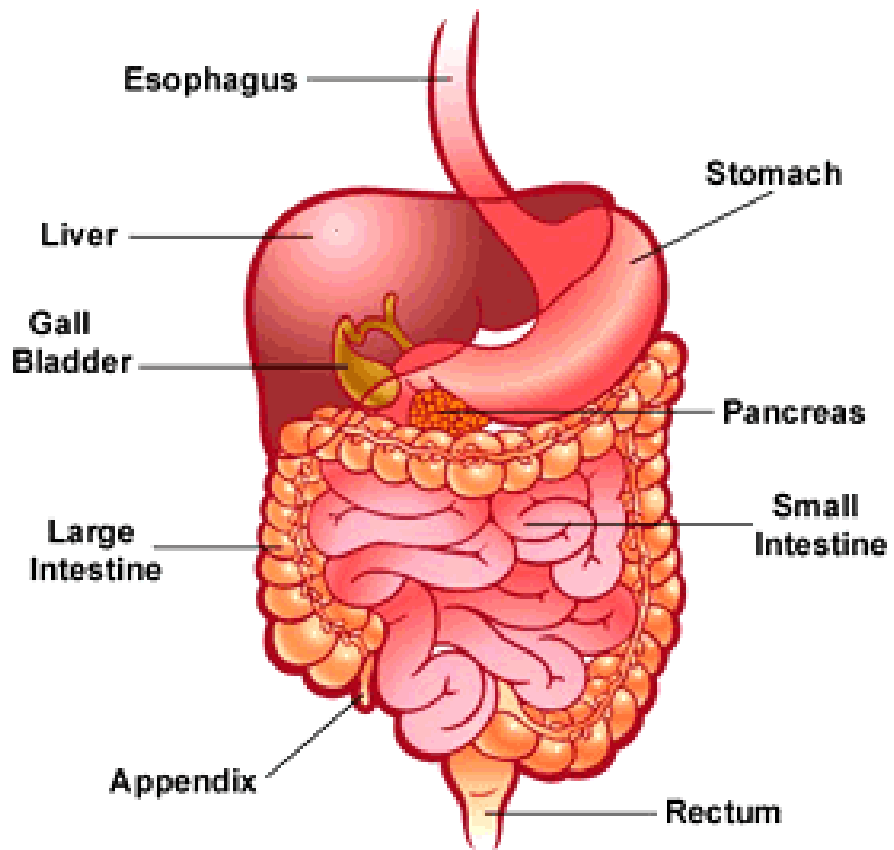


Amilase salivar perde atividade  
ao cair no estômago (pH < 4.0)

Ação mecânica continua quebrar  
amido ingerido



30%-40% do amido  
quebrado em maltose ao  
sair do estômago (~1 hora)



Suco pancreático

→ duodeno



amilase pancreática (30x mais ativa)

~100% dos amidos digeridos  
em cerca de 30 min

# Resultado (quase) final da digestão:

- monossacarídeos da dieta

- dissacarídeos {  
- maltose (quebra dos amidos)  
- lactose  
- sacarose

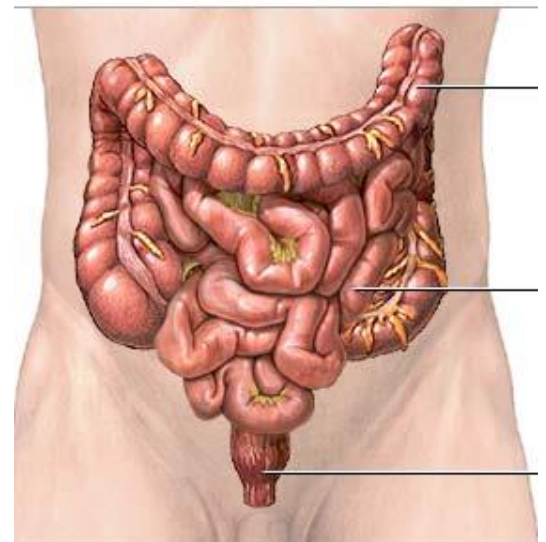
- pequenos polissacarídeos (pequena fração)



- Lactase
- Sucrase
- Maltase
- Dextrinase

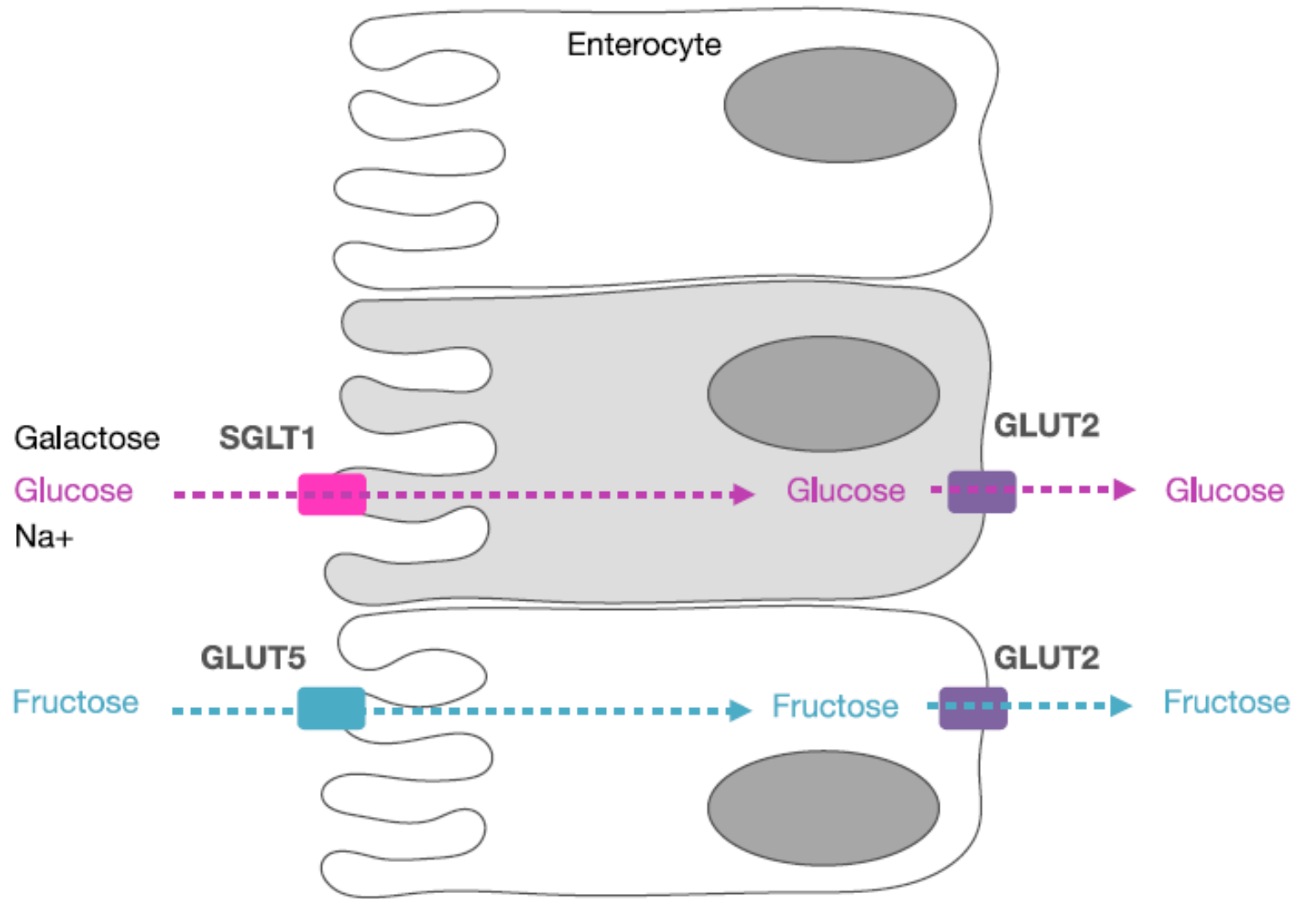


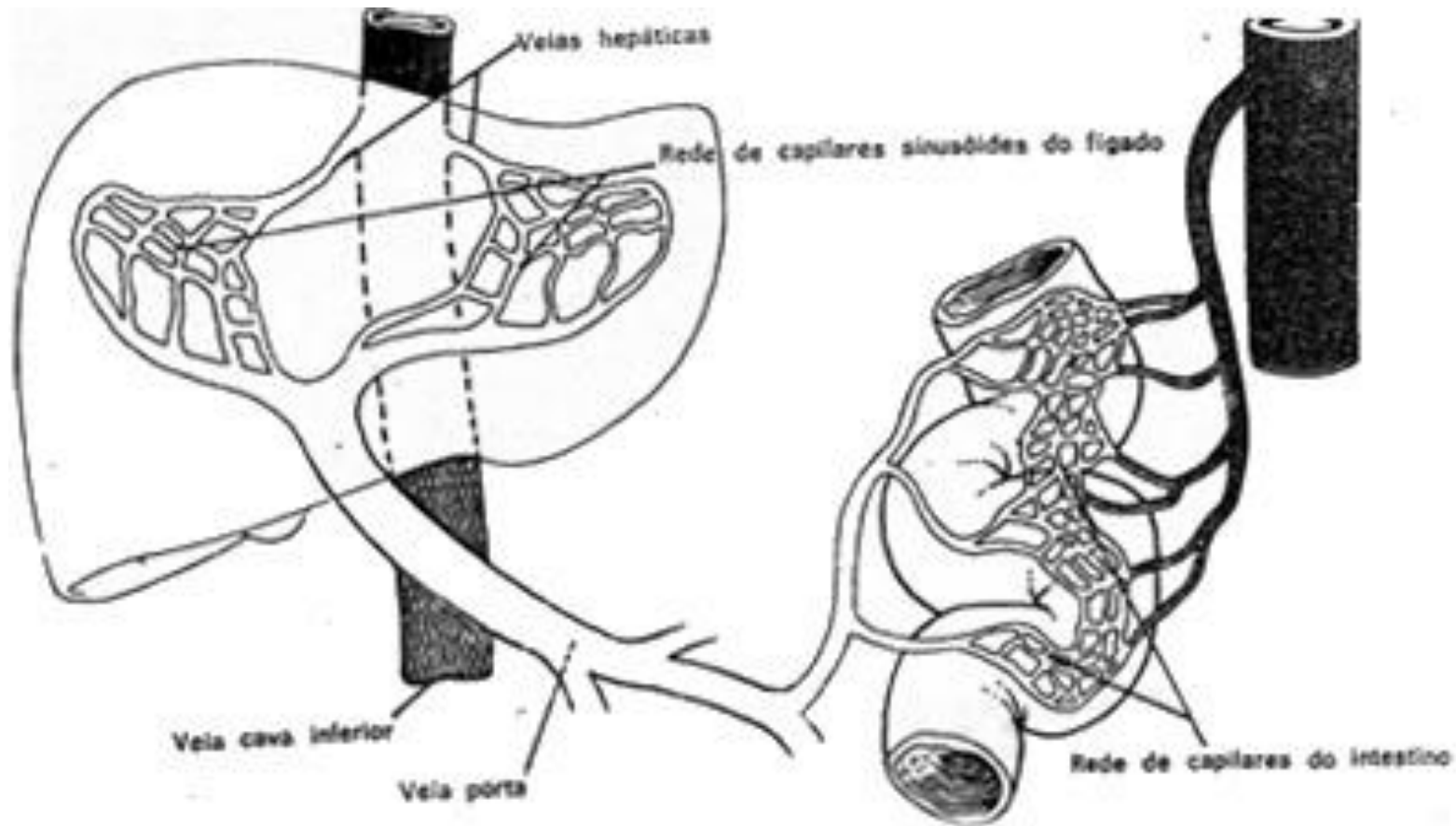
**enterócitos**



## Resultado final da digestão:

- monossacarídeos
  - glicose (> 80% do total)
  - galactose
  - frutose





**Figado: conversão galactose → glicose**  
**conversão fructose → glicose**

# CHOs são super, hiper, mega importantes

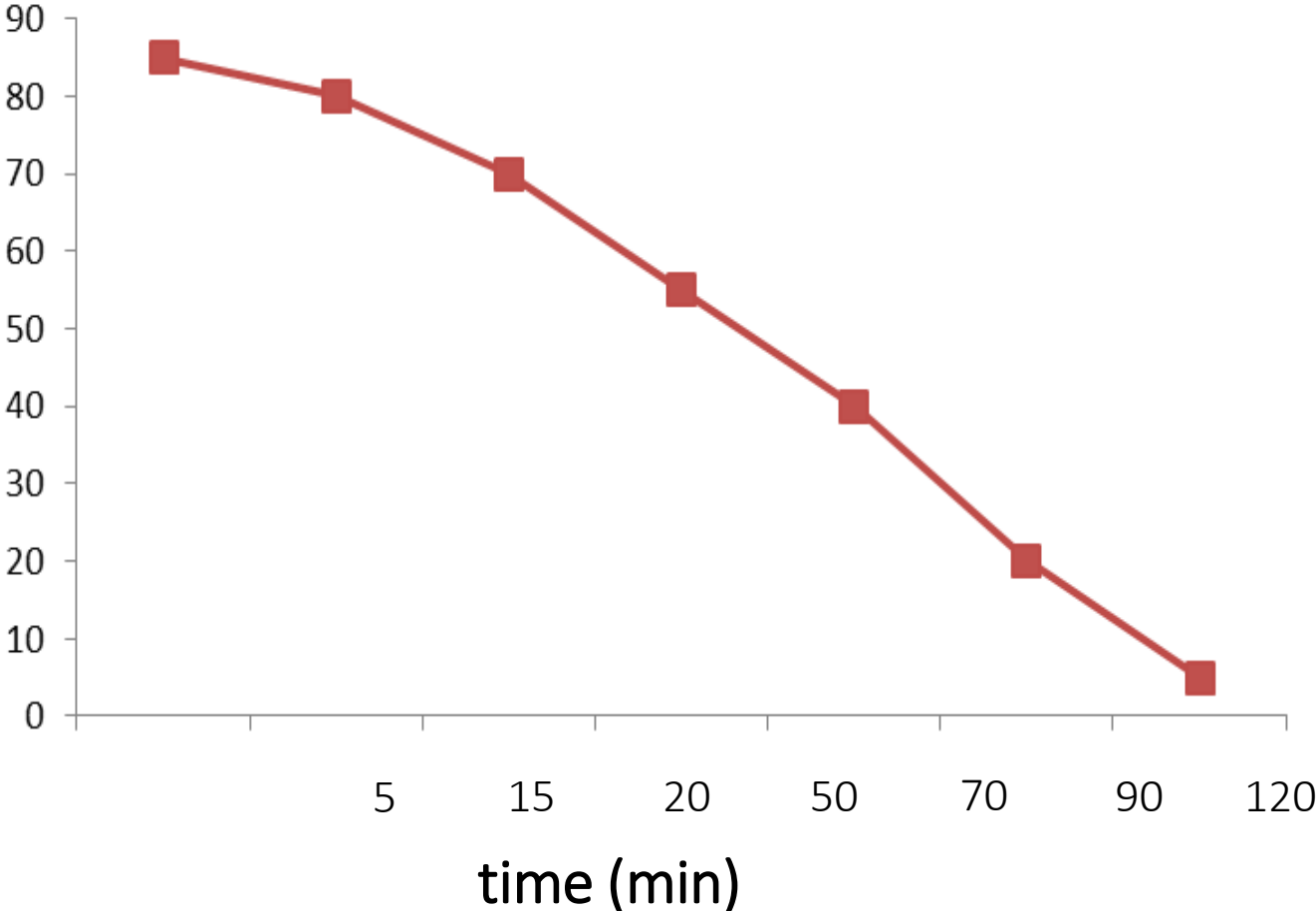


## GLICOGÊNIO!





# glicogênio muscular

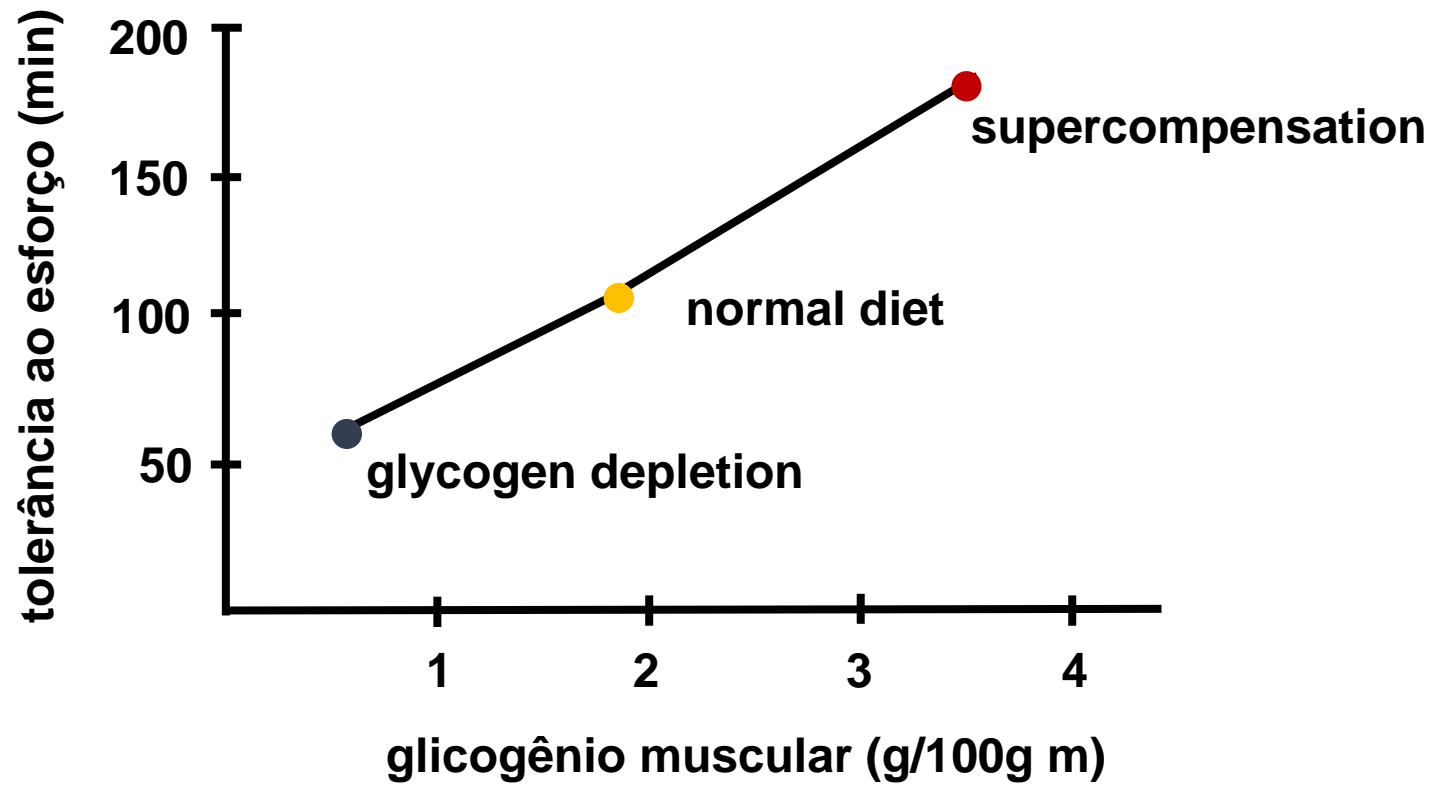


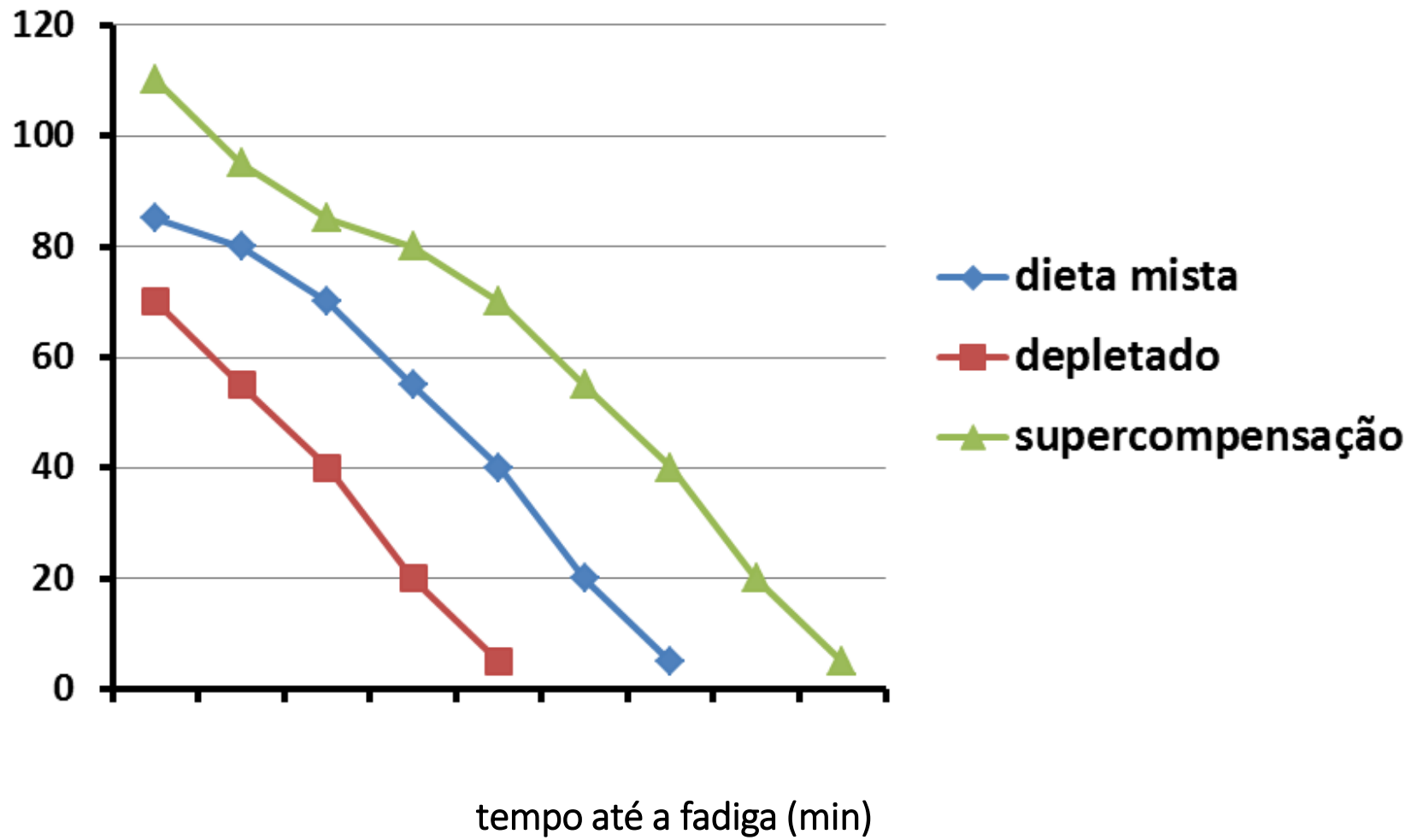
# *Supercompensação de glicogênio - Bergström (1967)*

*glicogênio muscular medido em 3 ocasiões:*

- dieta normal*
- após 3 dias de treino e dieta 'low-carb'*
- após 3 dias de dieta rica em carboidratos*

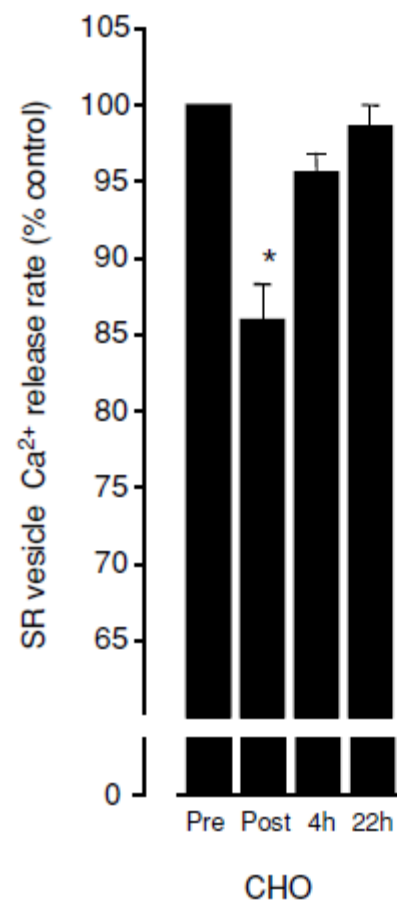
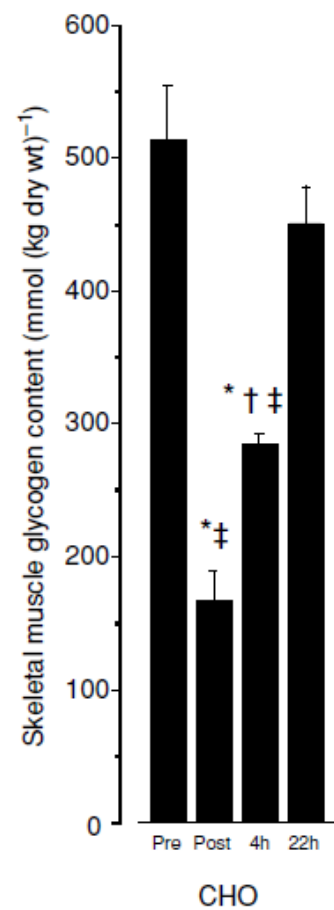




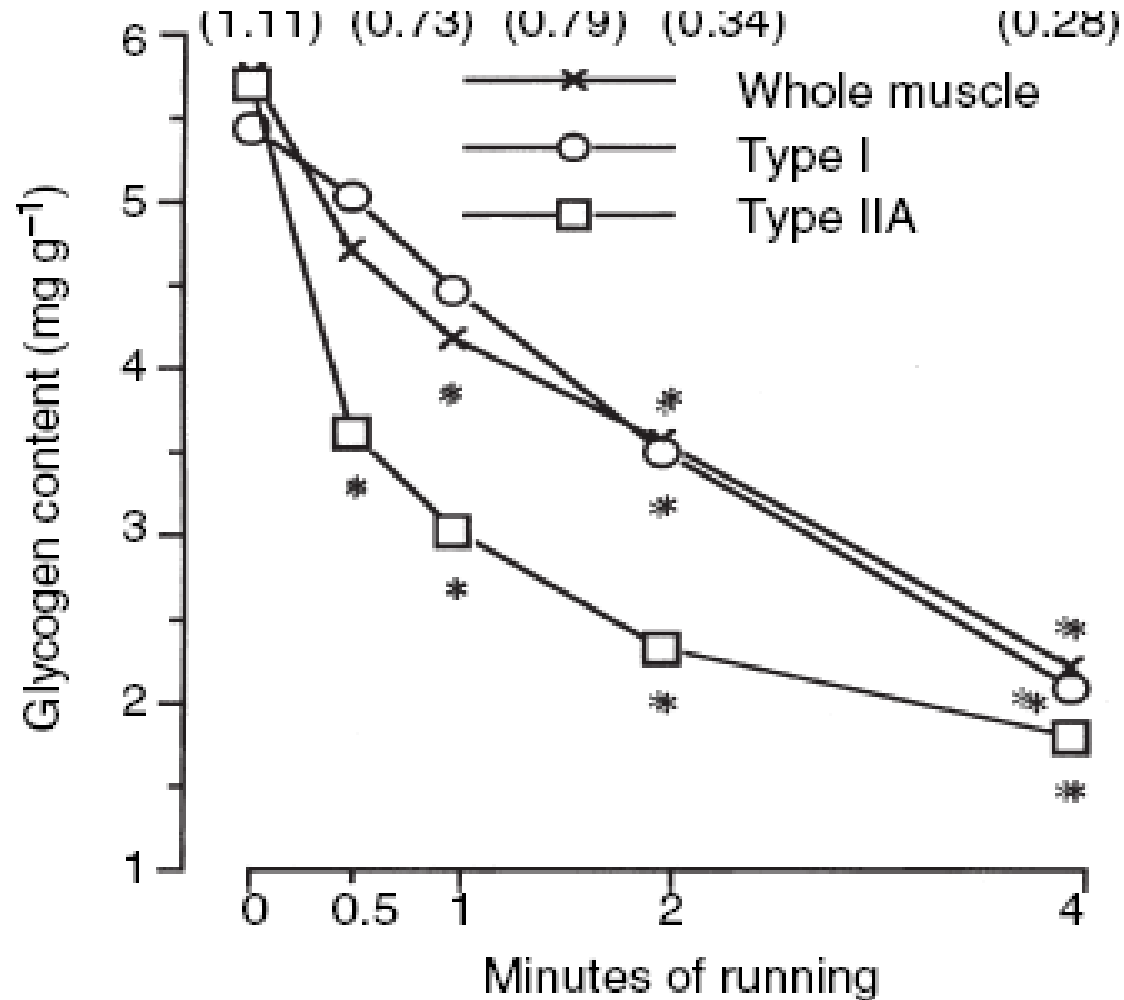


# Role of glycogen availability in sarcoplasmic reticulum $\text{Ca}^{2+}$ kinetics in human skeletal muscle

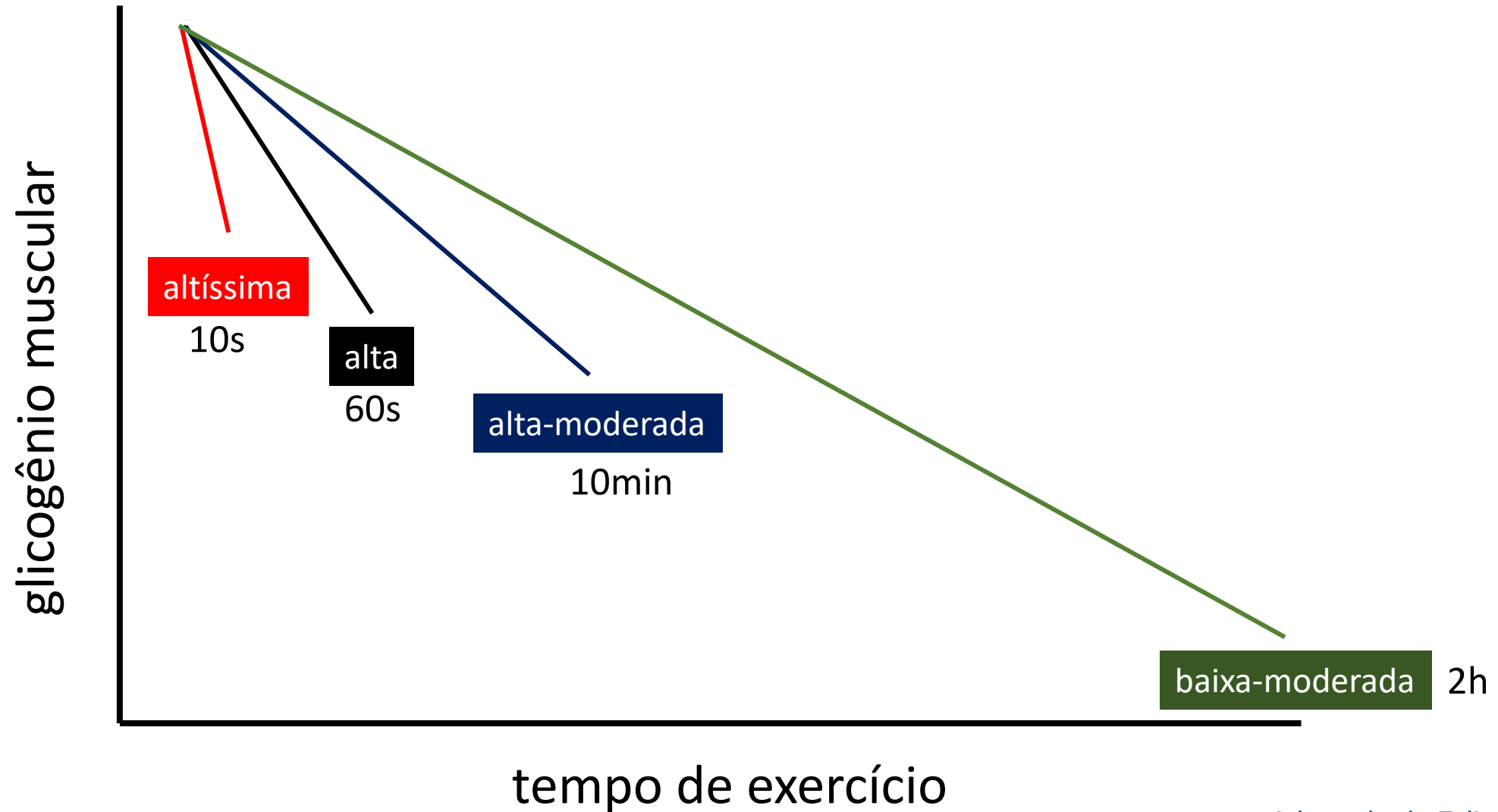
Niels Ørtenblad<sup>1</sup>, Joachim Nielsen<sup>1</sup>, Bengt Saltin<sup>2</sup> and Hans-Christer Holmberg<sup>3,4</sup>



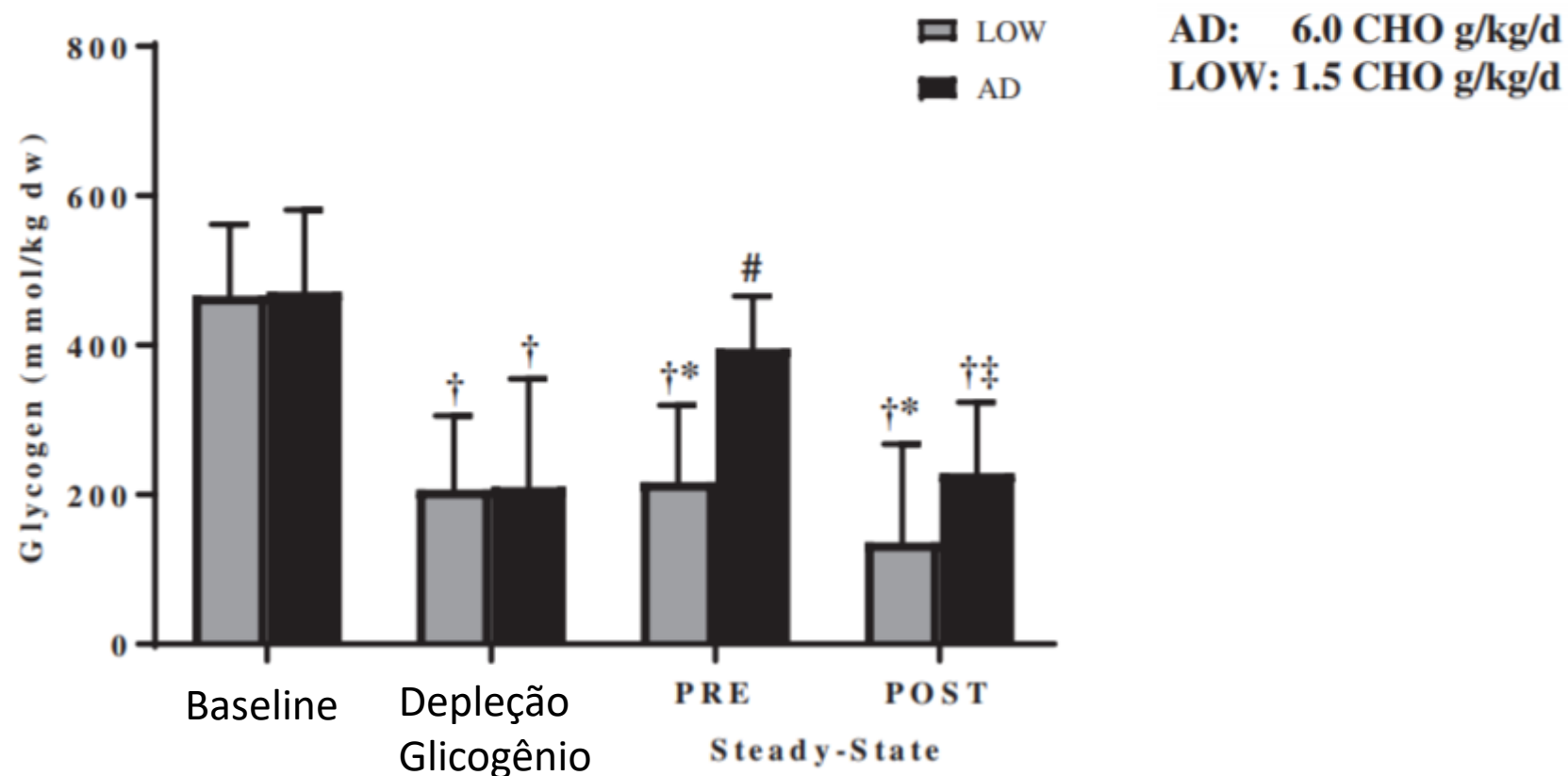
# Depleção de glicogênio muscular também ocorre em exercícios de alta intensidade



# taxa de queda no glicogênio muscular é maior em mais altas intensidades



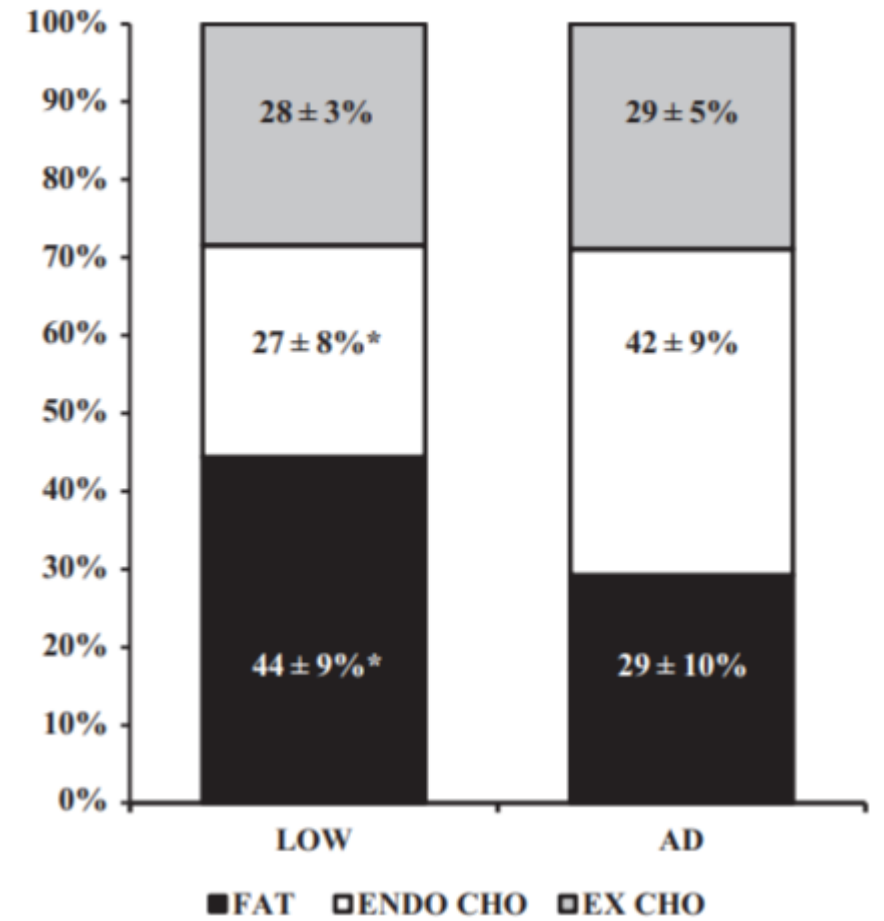
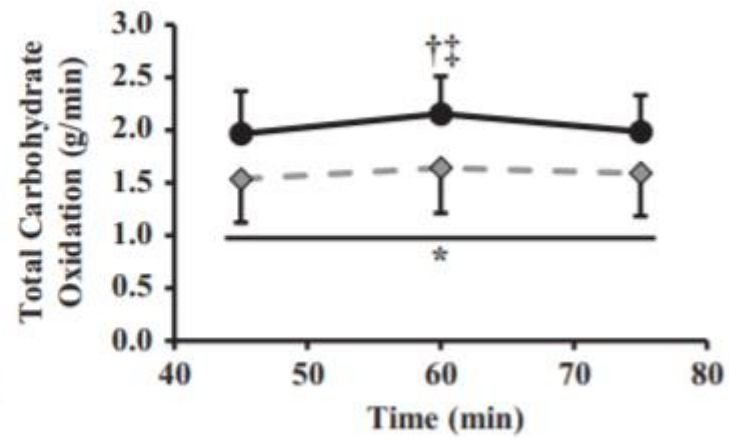
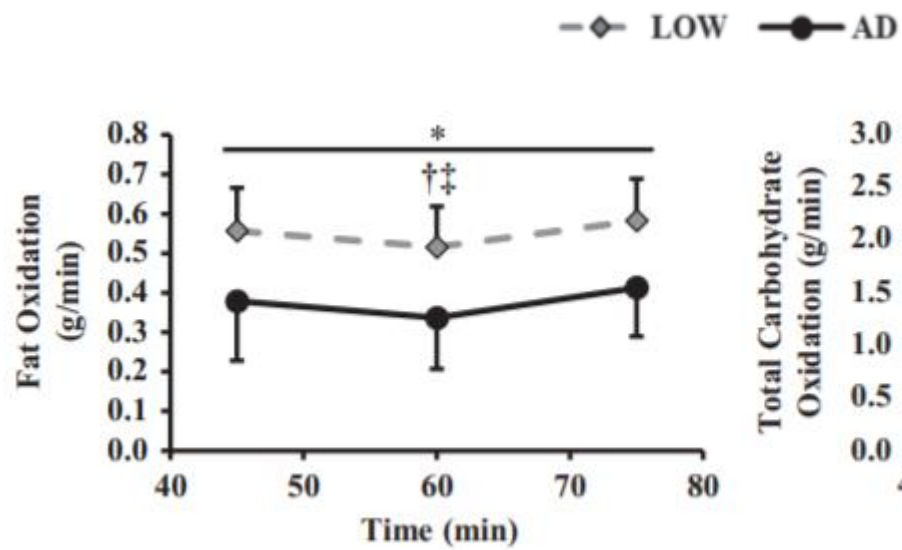
# Disponibilidade de CHOs afeta oxidação de substratos

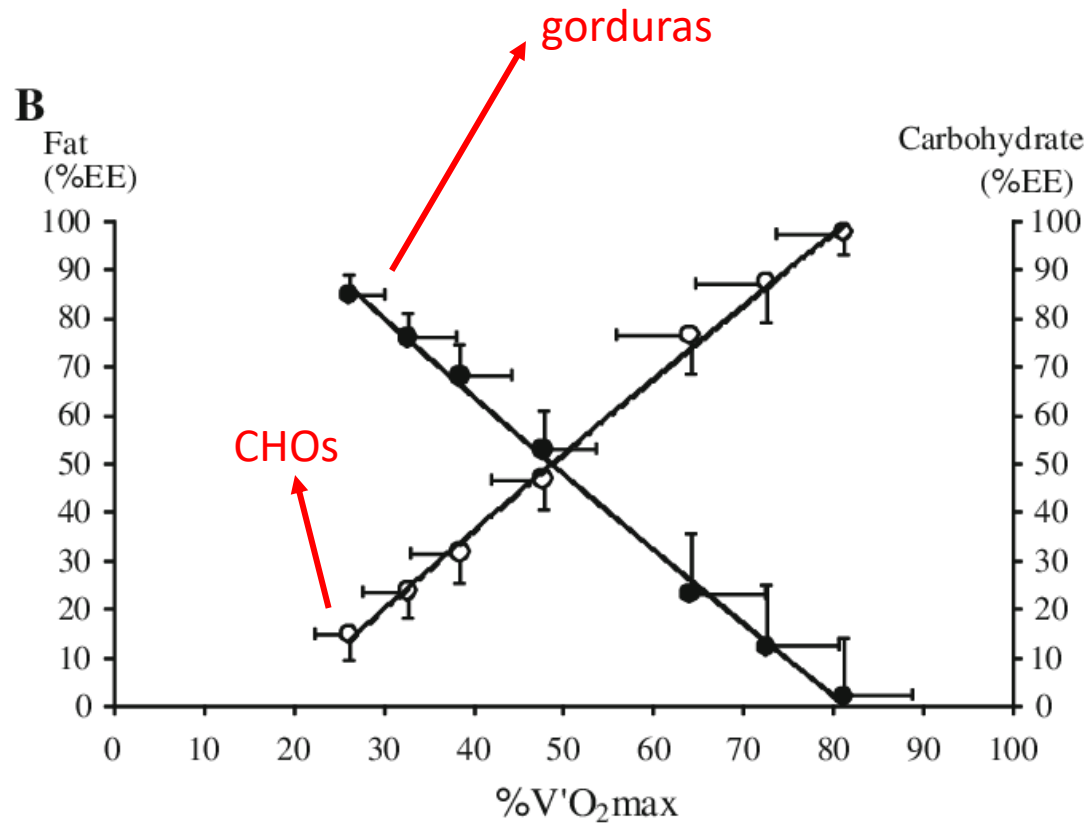


Exercising with low muscle glycogen content increases fat oxidation and decreases endogenous, but not exogenous carbohydrate oxidation

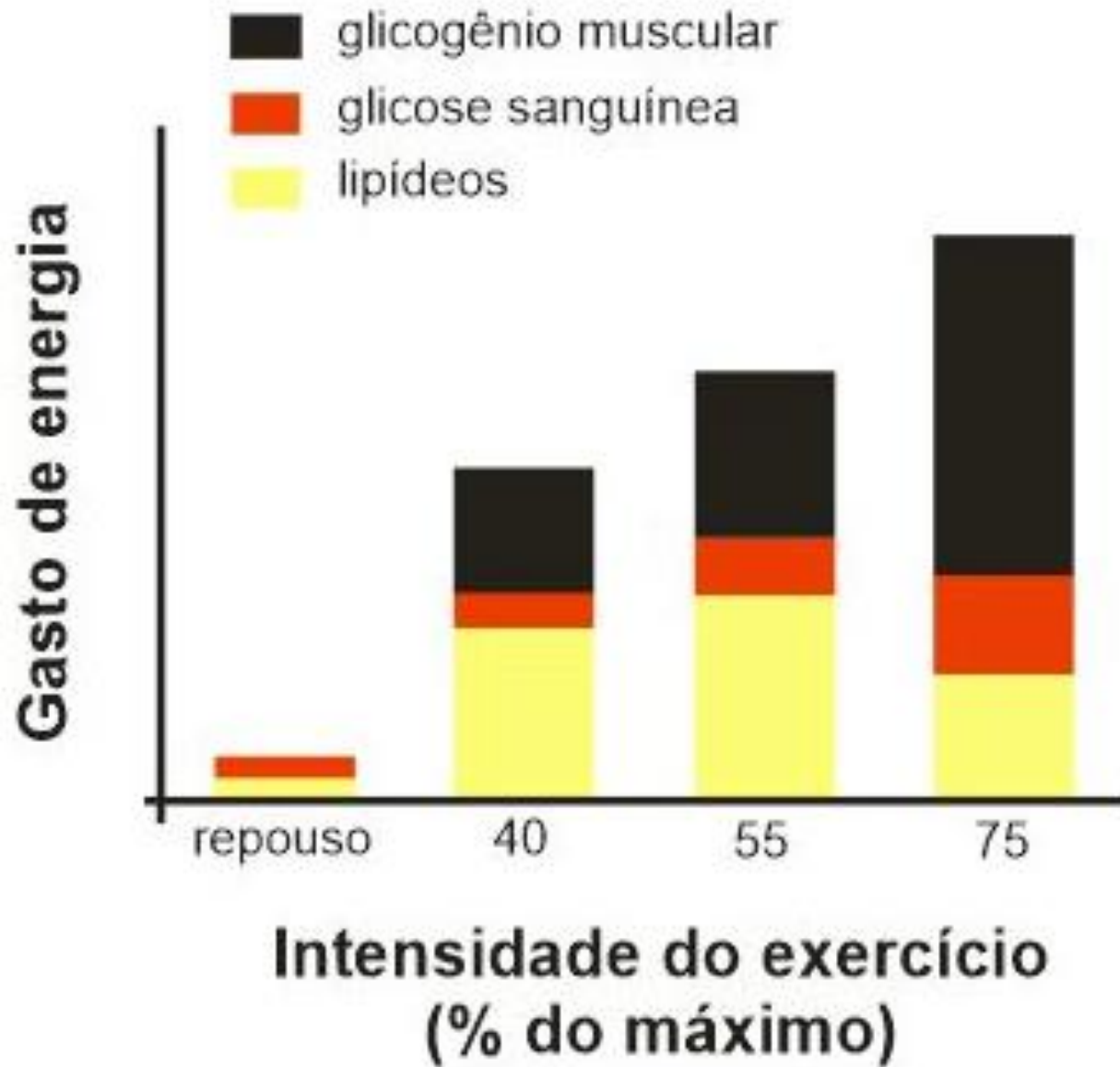








A intensidade do exercício afeta a oxidação de carboidratos



Quanto mais intenso o exercício, maior o uso de glicogênio

# Treinamento aeróbico afeta uso de substratos

Mais facilidade na oxidação de lipídeos, e menor consumo de glicogênio muscular

Antes e após 12 semanas de treino

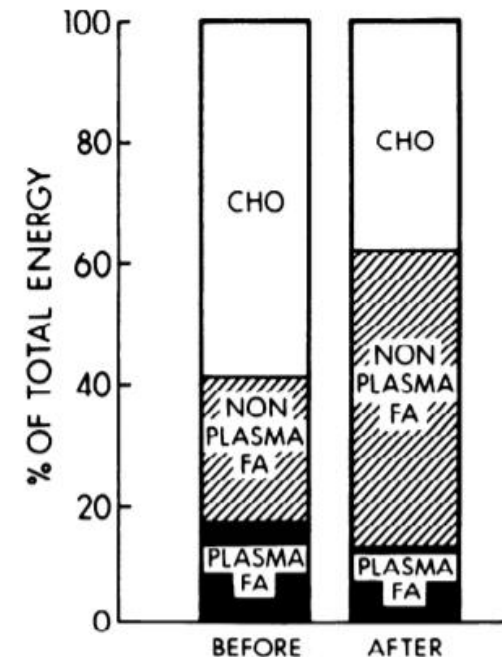


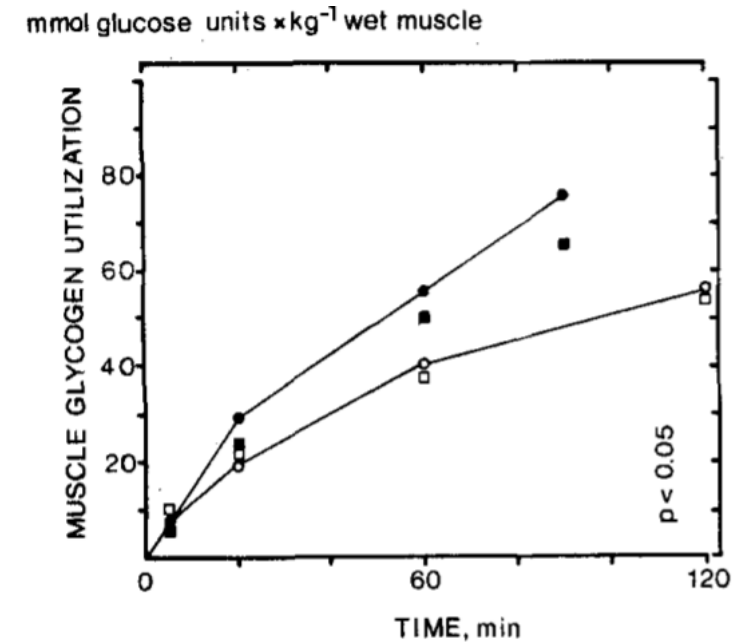
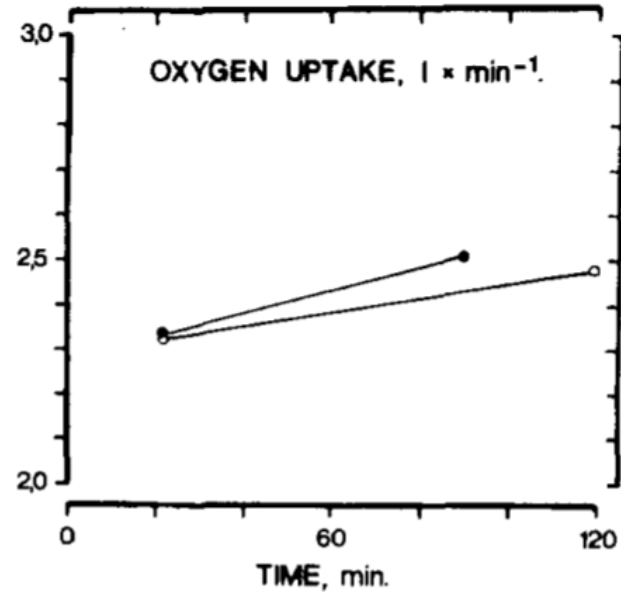
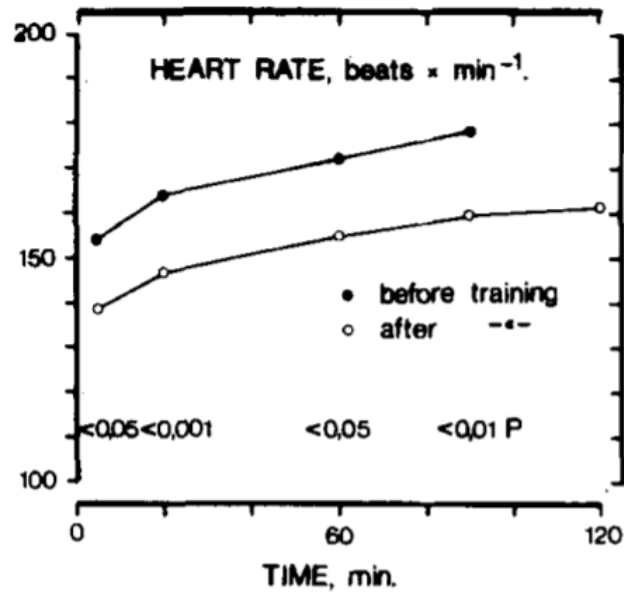
Fig. 2. Percentage of total energy derived from carbohydrate (CHO), nonplasma fatty acid (FA), and plasma FA fuel sources during prolonged exercise before and after 12 wk of endurance training.

## Muscle Glycogen Utilization during Exercise after Physical Training

By

JAN KARLSSON, LARS-OLOF NORDESJÖ and BENGT SALTIN

Received 22 March 1973



# O acúmulo de glicogênio muscular pós-treino também é maior em pessoas treinadas

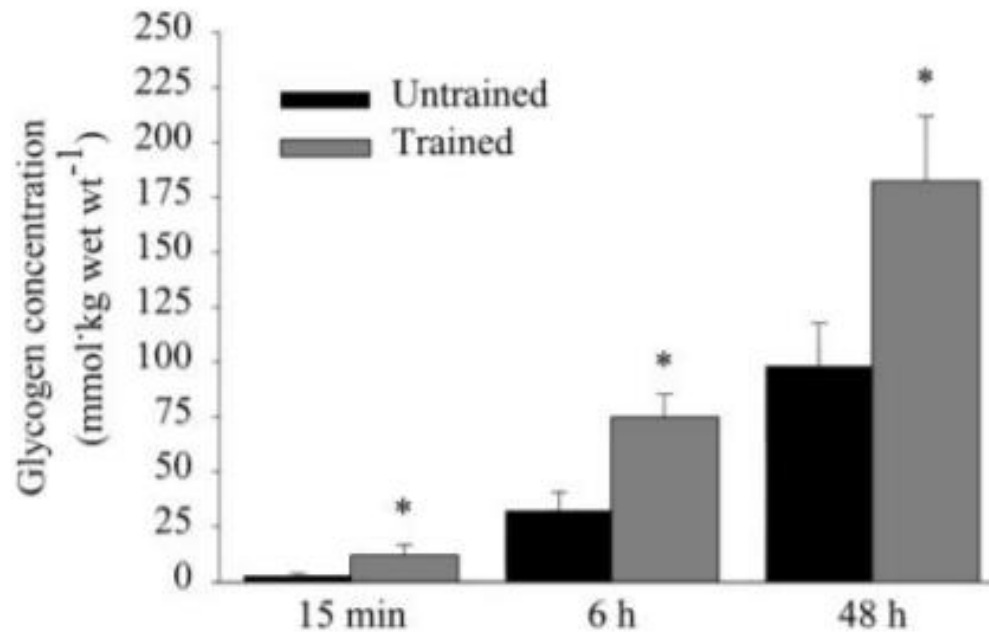


Fig. 1. Muscle glycogen concentration in untrained and trained states 15 min, 6 h, and 48 h after a glycogen-depleting exercise bout. Values are means  $\pm$  SE. \*Significantly different from untrained ( $P < 0.05$ ).

Effects of endurance exercise training on muscle glycogen accumulation in humans

JEFFREY S. GREIWE, ROBERT C. HICKNER, POLLY A. HANSEN, SUSAN B. RACETTE, MAY M. CHEN, AND JOHN O. HOLLOSZY  
Washington University School of Medicine, St. Louis, Missouri 63110

# Carboidratos melhoram o desempenho físico?

- intensidade do exercício
- duração do exercício
- CHO na dieta (glicogênio muscular pré-exercício)
- Dose, tipo de carboidrato, momento da ingestão

# Regras gerais:

- Baixo glicogênio muscular prejudica o desempenho
- Começar exercício (prova ou treino) com alto CHO é recomendável
- Exercícios <1h de duração não necessitam de ingestão de CHO
- Exercícios 1h-2h necessitam de ingestão média de CHO
- Exercícios >2h necessitam de ingestão alta/muito alta de CHO
- Ingestão alta/muito alta pode dar problemas intestinais



# Carboidratos antes do exercício

- *maximizar glicogênio muscular (dieta nos dias anteriores)*
- *200 g a 300 g (refeições) ingeridas 3 a 4 h antes do treino ou competição = melhor desempenho (endurance ou intermitentes prolongados)*
- *30 g to 40 g imediatamente antes (suplementos?) = melhor desempenho*

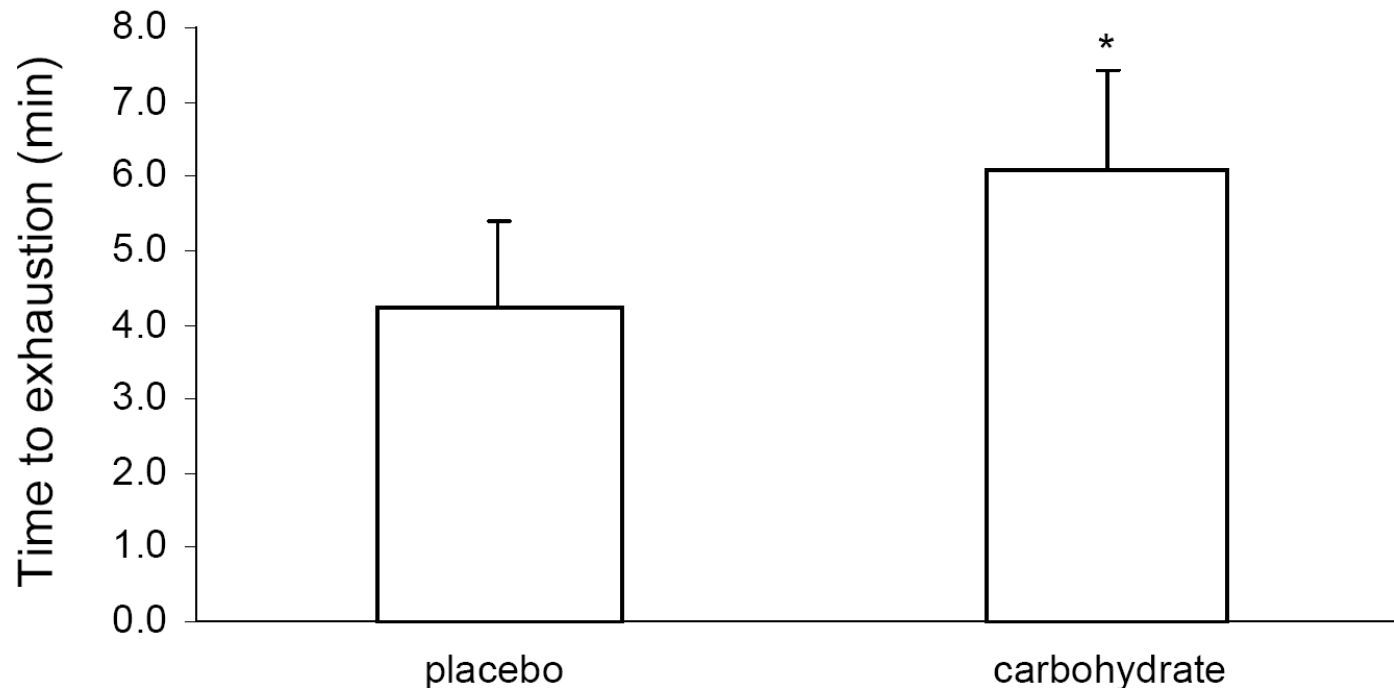
# Carboidratos antes do exercício

## *Comida ou suplemento?*

- 2 sanduíches (4 fatias de pão com queijo)
- 3 bananas nanicas
- 500 mL suco de laranja
- 500 mL de bebida “isotônica”

**total CHO ~270 g**

# Melhoras no desempenho mesmo em exercícios de curta duração



**0.90 mL/kg (6% malto)**  
**imediatamente antes**

...explicação que não envolva o metabolismo energético

## Carboidratos: bochechar e cuspir também funciona?

CHO  
melhoran



oca,  
muscular

- ciclistas profissionais (n=9)
- completar trabalho determinado (1000 kW) o mais rápido possível

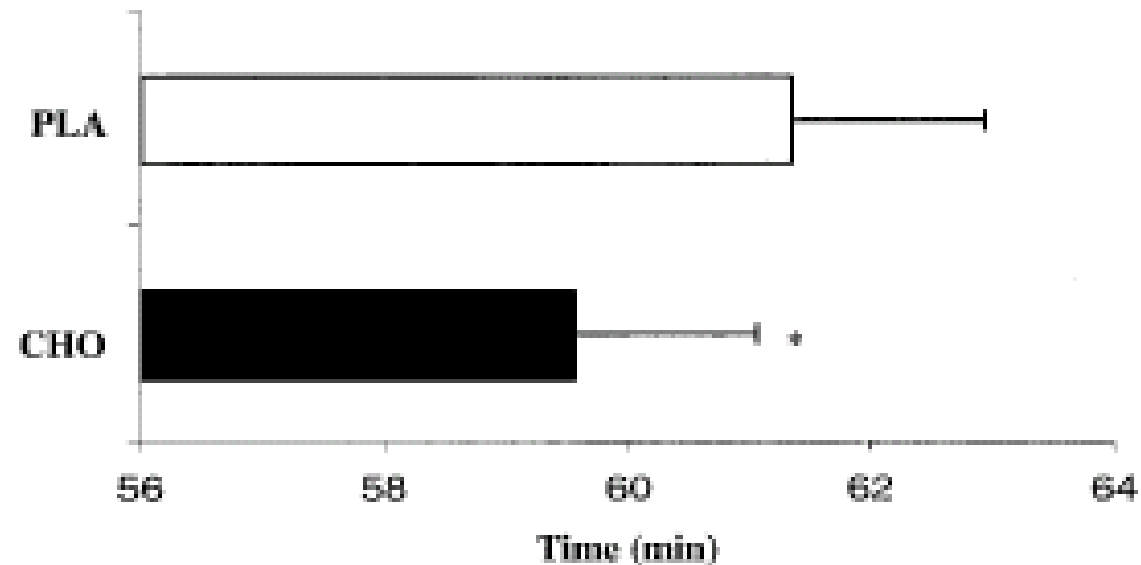
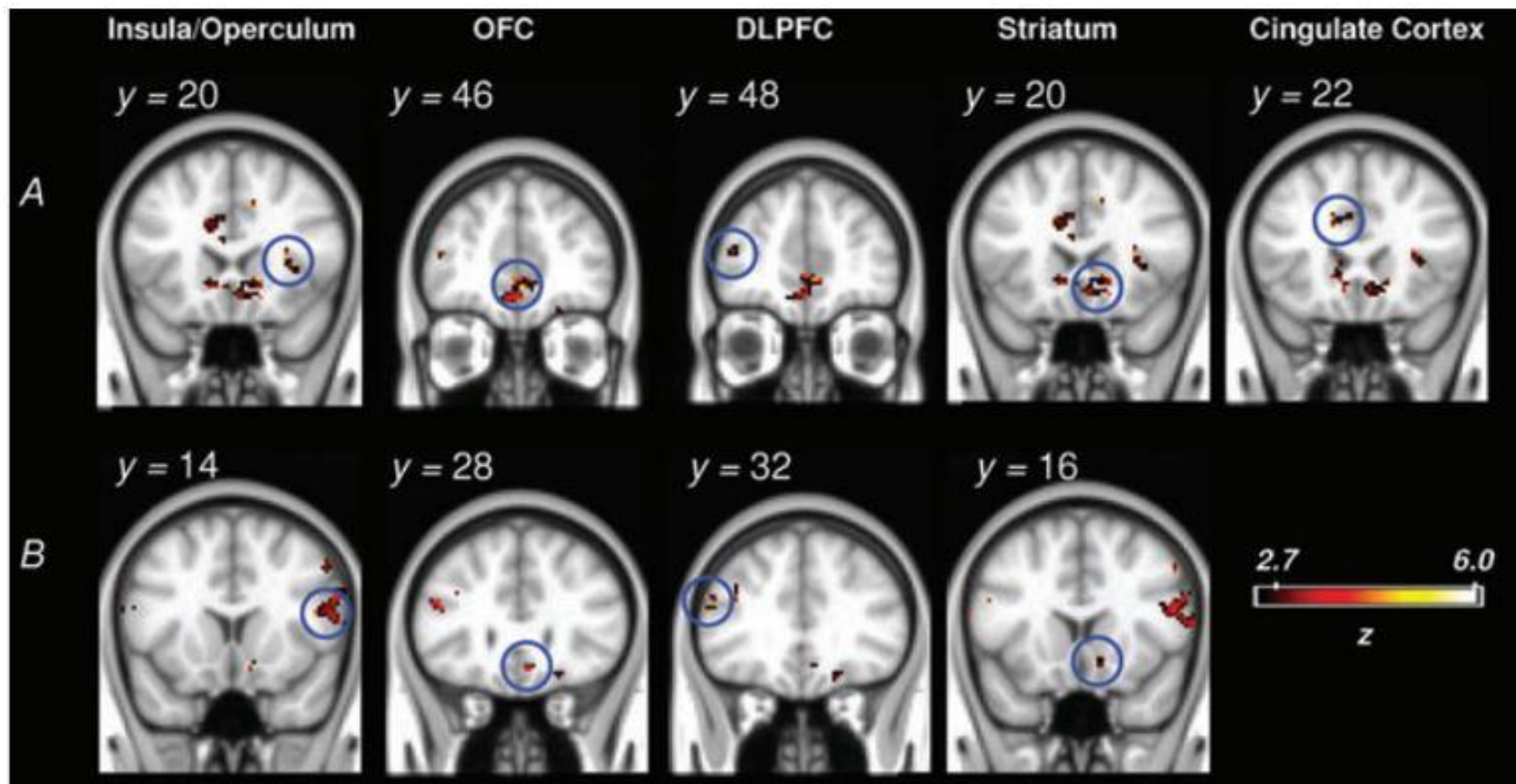


FIGURE 1—Mean performance time in the CHO and PLA trials.  
\* Indicates significantly different from PLA ( $P = 0.011$ ,  $N = 9$ ).

# Seria mesmo efeito neural ?



aumento da  
atividade de  
regiões associadas  
à motivação e  
recompensa

O bochecho de uma solução contendo glicose ou maltodextrina resulta em ativação de regiões cerebrais associadas à motivação e recompensa, o que explica porque o consumo de carboidratos melhora o desempenho em atividades mais curtas do que 60 min. Nesses casos, trata-se de um mecanismo neural, e não o mero suprimento de energia para o exercício. Imagem retirada de: **Chambers ES, Bridge MW e Jones DA. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *J Physiol* 587.8 (2009) pp 1779–1794.**

# Carboidratos durante o exercício

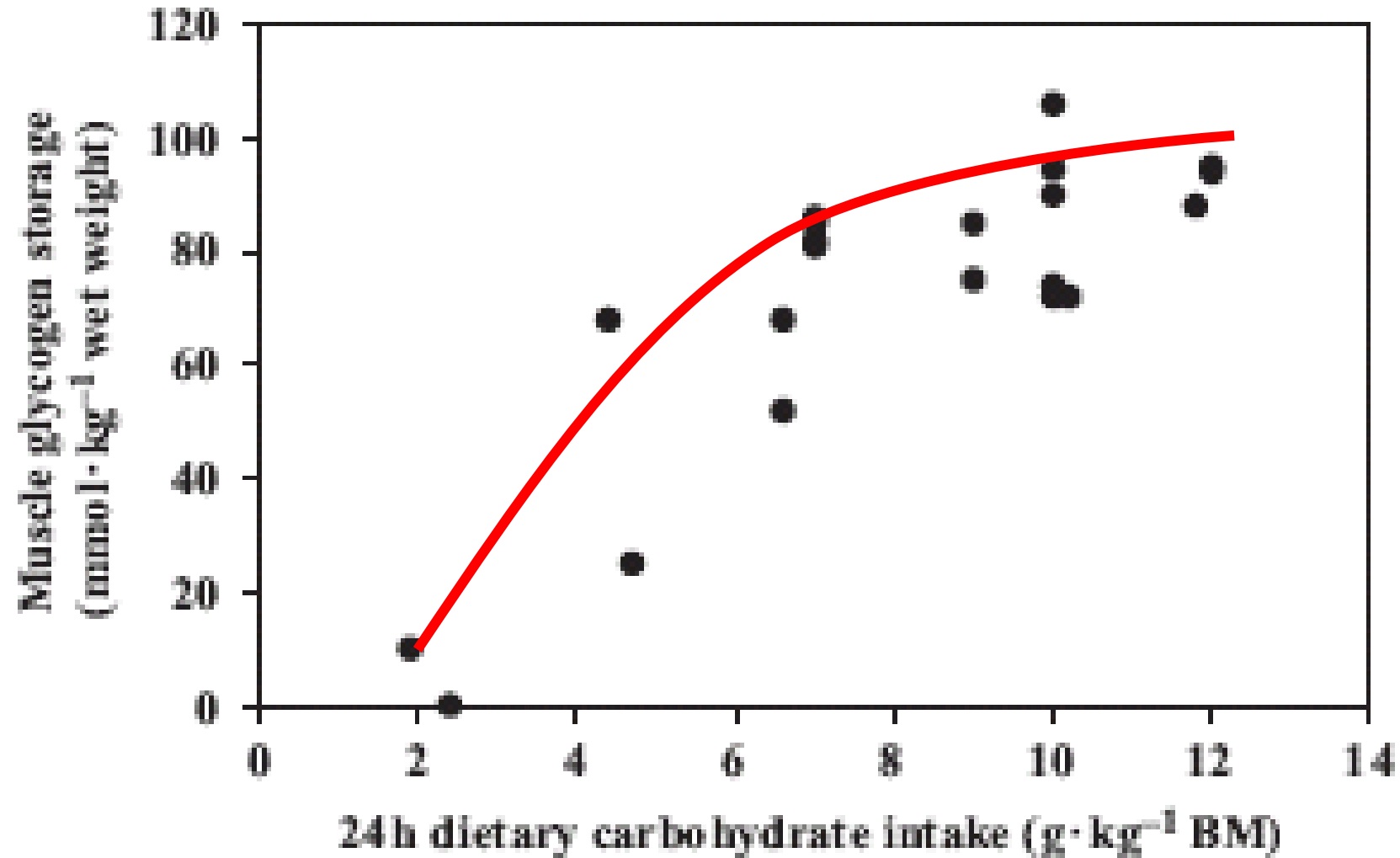
- >> oferecer CHO “exógeno” para poupar CHO “endógeno” (glicogênio)
- >> ofertar CHO de alto índice glicêmico
- >> dose ofertada depende:
  - da depleção do glicogênio (duração do exercício)
  - da capacidade de absorção intestinal
  - de potenciais desconfortos gástricos (testar e treinar)

Duration of exercise	Amount of carbohydrate needed	Recommended type of carbohydrate	Additional recommendation
30–75 minutes		Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
1–2 hours		Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training recommended
2–3 hours		Single or multiple transportable carbohydrates	Nutritional training highly recommended
> 2.5 hours		<b>ONLY</b> multiple transportable carbohydrates	Nutritional training essential

Um dos mais recentes guias para consumo de carboidratos indica que, em exercícios com duração aproximada de 60 min, o bochecho de carboidratos pode ser uma boa opção. Imagem retirada de: [Jeukendrup A. A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. Sports Med \(2014\) 44 \(Suppl 1\):S25–S33.](#)



# Carboidratos após o exercício



# Conclusões

## **CHO antes do exercício:**

- maximizar acúmulo de glicogênio muscular (dieta)
- fornecer CHO exógeno para poupar glicogênio (3-4 horas e imediatamente antes)
- estimular o SNC (não precisa ingerir)

# Conclusões

## CHO durante o exercício:

- poupar glicogênio muscular
- postergar a depleção do glicogênio
- oferta depende da duração do exercício, capacidade de absorção intestinal e possíveis

problemas gástricos

# Conclusões

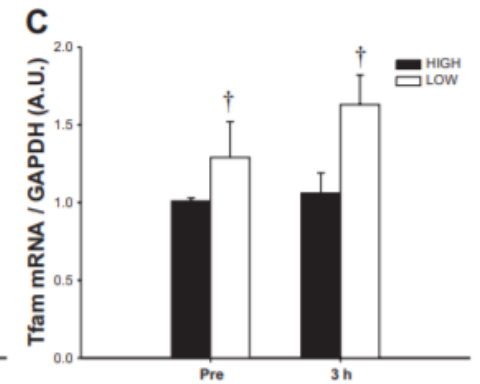
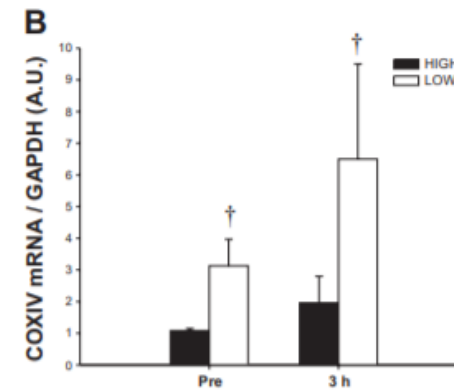
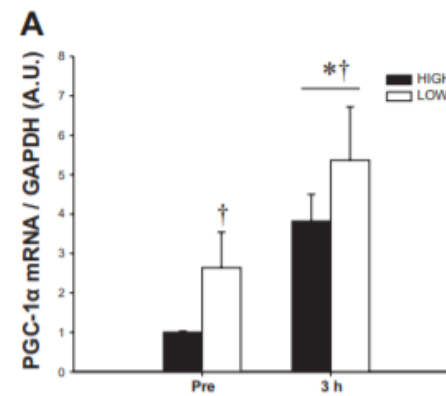
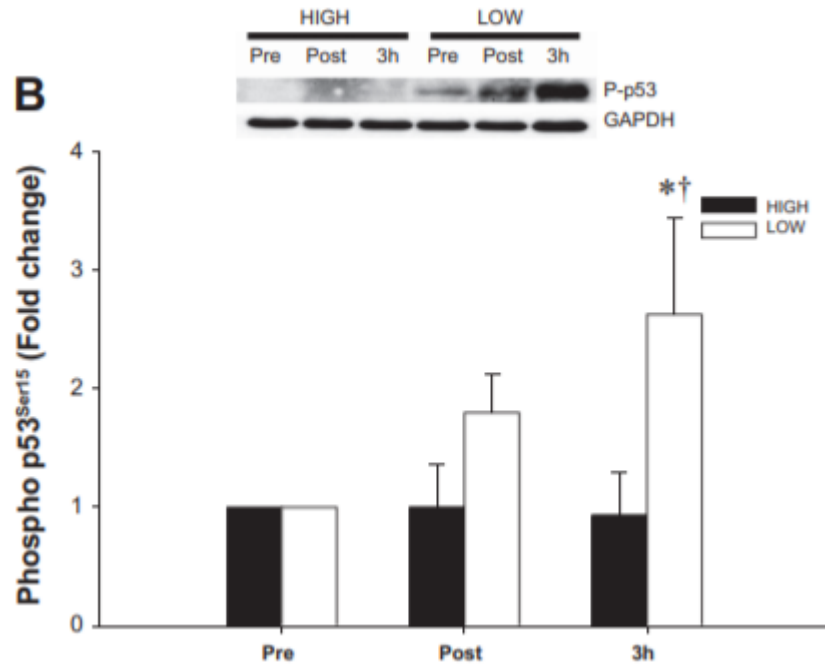
## CHO após o exercício:

- repor glicogênio muscular
- reposição rápida = recuperação melhor para próximas sessões de treino

## Reduced carbohydrate availability enhances exercise-induced p53 signaling in human skeletal muscle: implications for mitochondrial biogenesis

Jonathan D. Bartlett,<sup>1</sup> Jari Louhelainen,<sup>2</sup> Zafar Iqbal,<sup>1</sup> Andrew J. Cochran,<sup>3</sup> Martin J. Gibala,<sup>3</sup> Warren Gregson,<sup>1</sup> Graeme L. Close,<sup>1</sup> Barry Drust,<sup>1</sup> and James P. Morton<sup>1</sup>

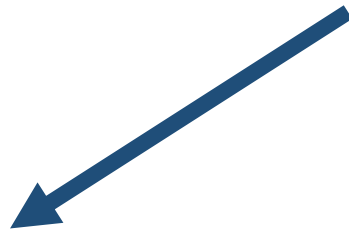
Treino aeróbico realizado com baixo glicogênio potencializa as respostas adaptativas ao treinamento



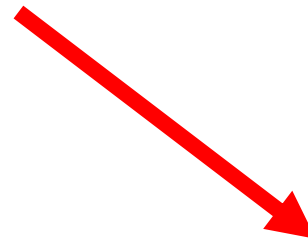
**“Train low, compete high”**



**Treine baixo, compita alto**

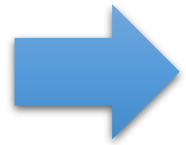


**jejum ou pouco CHO  
durante os treinos**



**competir com estoques de  
glicogênio maximizados**

# Paradoxo do “Train low, compete high”



treinar com glicogênio depletado potencializa algumas adaptações ao treinamento aeróbio (principalmente biogênese mitocondrial)

treinar com glicogênio depletado piora o rendimento no treino → treina pior



“Train low, compete high”

Sem evidências de melhora do  
desempenho competitivo

“sleep-low” pode ser alternativa mais viável



Sleep-low:

uma nova estratégia com potencial para  
melhorar o desempenho

... Published ahead of Print

## Enhanced Endurance Performance by Periodization of CHO Intake: “Sleep Low” Strategy

Laurie-Anne Marquet<sup>1,2</sup>, Jeanick Brisswalter<sup>1,2</sup>, Julien Louis<sup>1</sup>, Eve Tiollier<sup>1</sup>,  
Louise M. Burke<sup>3,4</sup>, John A. Hawley<sup>4,5</sup> and Christophe Hausswirth<sup>1</sup>

