

# Ciência Atual

Revista Científica  
Multidisciplinar das  
Faculdades São José

2016

Volume 8 | Nº2



FACULDADES  
SÃO JOSÉ

ISSN 2317-1499

### **Raquel Guimarães Coelho**

Pós-doutora em Fisiologia (IBCCF-UFRJ), Doutora e Mestre em Química Biológica, (IBqM-UFRJ), Docente da Faculdade São José.

### **RESUMO**

O sucesso no desempenho esportivo é determinado principalmente pela genética, o treinamento físico e a alimentação. Até o início da década de 80 do século passado, os atletas profissionais, atletas amadores e não atletas careciam de informações básicas sobre como se alimentar durante as temporadas de treinamento, competições e as temporadas pré-competições. Entretanto, desde então, pesquisas de campo e laboratoriais formaram uma ampla base científica sobre esse assunto e dessa forma a área da Nutrição Esportiva vem crescendo e consolidando-se. A alimentação quando bem prescrita por um profissional habilitado é determinante para o alcance do objetivo traçado, seja alto rendimento, prevenir lesões e promover uma recuperação mais rápida do indivíduo entre uma competição (treino) e outra. Além do mais a boa alimentação não está somente voltada para o alto rendimento mas é premissa para uma boa qualidade de vida em todas as fases da vida humana. No entanto, a base do comportamento metabólico tem sido intensamente estudada por diversos pesquisadores, que nortearam os conhecimentos bioquímicos da seleção de substratos energéticos no estado alimentado, no jejum e em diferentes modalidades de exercício físico. Esta revisão traz uma análise de dados disponíveis na literatura sobre o impacto do jejum e do exercício em diferentes aspectos do metabolismo.

**Palavras-Chave:** exercício, metabolismo de glicose e jejum.

### **ABSTRACT**

Success in sports performance is mainly determined by genetics, physical training and nutrition. Until the beginning of the 80s of last century, professional athletes, amateur athletes and non-athletes lacked basic information on how to eat during training seasons, competitions and pre-competition season. However, since then, field surveys and laboratory formed a broad scientific basis on this subject and thus the area of Sports Nutrition has been growing and consolidating. The power when properly prescribed by a qualified professional is crucial to achieve the established objective, is high performance, prevent injuries and promote a faster recovery of the individual from a competition (training) and other. Besides the good food is not only focused on high yield but is prerequisite for a good quality of life at all stages of human life. However, the basis of metabolic behavior has been intensively studied by many researchers, who guided the biochemical knowledge of the selection of energy substrates in the fed state, fasting and various forms of physical exercise. This review analyzes the available literature on the impact of fasting and exercise, on different aspects of metabolism.

**Keywords:** exercise, glucose metabolism and fasting.

## INTRODUÇÃO

A prática regular de atividade física vem se popularizando em diferentes subgrupos populacionais como crianças, adultos, idosos, homens e mulheres. Independente do objetivo do indivíduo como, por exemplo, saúde, qualidade de vida, estética ou até mesmo o rendimento de alto nível (atletas profissionais), o sucesso dependerá basicamente de três fatores: a genética, o treinamento e a alimentação (BASSIT & MALVERDI, 1998; BIESEK & ALVES, 2010). Uma vez que, até o momento, não conseguimos alterar a nossa herança genética o treinamento e a alimentação devem ser cuidadosamente planejados, pois estão intimamente correlacionados com a performance dos praticantes de atividade física. Esse planejamento deve ser mais criterioso quando estamos lidando com os atletas profissionais, pois esses almejam constantemente melhorar a sua performance (DSBME, 2003).

O rendimento físico pode ser impactado por, aspectos quantitativos e qualitativos como horário da ingestão, consumo de alimento líquido ou sólido, intensidade e tipo de treinamento físico realizado, dentre outros (BIESEK & ALVES, 2010). O estado nutricional e a disponibilidade energética é um fator determinant no rendimento durante o exercício mesmo antes de começarmos a atividade, por exemplo, se um atleta inicia a atividade em jejum ou com uma alimentação inadequada o seu rendimento provavelmente vai ser comprometido. Entretanto, se esse mesmo atleta começa o exercício com a sua capacidade máxima de trabalho, ou seja, se alimentou e treinou da melhor maneira possível, mesmo assim pode ver a sua performance diminuir caso não ingira carboidratos durante a atividade. Uma alimentação pós-exercício deficiente em nutrientes pode comprometer a próxima sessão de treino ou competição. Nesse sentido, percebemos que é de fundamental importância conhecermos as características fisiológicas do exercício, pois esse irá impactar diretamente no planejamento da alimentação antes, durante e após o treino e competições (HARGREAVES, 2000; 200b; 2005).

## RELAÇÃO ENTRE NUTRIENTES E GASTO ENERGÉTICO

As quantidades calóricas que atendam as necessidades fisiológicas individuais têm sido alvo de discussões no mundo acadêmico. Principalmente se no foco deste questionamento está a relação entre gasto calórico proveniente do exercício físico. E para atender esse maior gasto calórico ao longo do dia o indivíduo deve consumir mais substratos energéticos sob a forma de macromoléculas como carboidratos, lipídios e proteínas garantindo assim um aporte nutricional adequado para serem convertidos, através de várias vias metabólicas, em energia sob a forma de Adenina trifosfato – ATP. (MELBY & HICKEY, 2006; McARDLE et al., 2011).

O gasto energético diário de uma pessoa de 70 Kg em atividade normal varia em torno de 2000-2500 kcal. segundo vários autores, essa demanda é perfeitamente abastecida pela ingestão diária de aproximadamente 200-300g de carboidratos, 60-100g de proteína e 60-90g de lipídeos, ou seja, em uma dieta dita como regular (BIESEK S & ALVES, 2010). Podemos observar que há diferenças entre as necessidades dos diferentes substratos energéticos. Isso é devido principalmente pela capacidade limitada de armazenamento da glicose. Embora tenhamos o fígado, um órgão capaz de armazenar glicose em cerca de 10% do seu peso sob a forma de glicogênio hepático, isso corresponde a menos de 1% das calorias necessárias para atender a demanda energética diária (BIESEK S & ALVES, 2010; ABETE, I. et al., 2011).

Um outro tecido capaz de armazenar glicogênio, é o tecido muscular esquelético. Dado o tamanho da massa tecidual, o glicogênio muscular poderia contribuir com pelo menos metade da necessidade calórica diária proveniente da oxidação de carboidratos. No entanto, o glicogênio muscular mobilizado somente é utilizado pelo próprio tecido muscular não sendo disponível a outros órgãos. E a disponibilidade de glicose é um ponto vital para os seres vivos, pois existem tecidos que só utilizam glicose como fonte energética. Dessa forma, os seres humanos evolutivamente desenvolveram uma capacidade de armazenar energia que lhes permite sobreviver de refeição a refeição e frente a períodos de escasses. A capacidade de armazenamento e utilização dos recursos energéticos exógenos e endógenos é possível através de uma integração metabólica entre diferentes tecidos. Essa comunicação é bastante regulada e está em constante regulação fina pelos hormônios circulantes.

## RELAÇÃO ENTRE NUTRIENTES E ESTADO ALIMENTADO

Após uma refeição regular os níveis de glicose sanguínea aumentam e de uma forma geral alcança um pico máximo entorno de 30 minutos após a refeição, chamaremos de estado alimentado. Após esse período, sob condições fisiológicas normais, a concentração de glicose tende a decrescer em função da sua captação pelos tecidos periféricos, como músculo esquelético e tecido adiposo. Em paralelo ao aumento da concentração de glicose sanguínea, há secreção de insulina pela células pancreáticas. A elevação deste hormônio tem como objetivo estimular o consumo de glicose pelos tecidos insulino-dependentes como músculo e tecido adiposo branco contribuindo para a restauração da glicemia.

O fígado é o primeiro órgão a captar a glicose devido a sua localização anatomicamente privilegiada e embora a insulina não estimule a captação de glicose por este tecido, ela exerce uma série de estímulos importantes no período absorptivo no fígado. A glicose captada pelo fígado é convertida por uma enzima denominada de hexocinase isoforma IV ou glicocinase. A glicocinase converte glicose intracelular a glicose-6-fosfato e tem basicamente três destinos principais: (1) síntese de glicogênio, (2) degradação pela via das pentoses fosfato e (3) degradação pela via glicolítica, sendo estas duas últimas associadas a síntese de ácidos graxos e lipogênese. A insulina neste cenário estimula uma série de fatores alostéricos que ativam ainda mais o consumo de glicose hepática. O estímulo insulinêmico também inibe reações de degradação da glicose endógena (glicogênio hepático), e de lipídeos, além estimular a captação de aminoácidos provenientes da dieta, dessa forma podemos dizer que no estado alimentado, a insulina exerce efeito anabólico que se estendem aos tecidos musculares esqueléticos e ao tecido adiposo (JUZWIAK, et al., 2000; KATER et al., 2011). A figura 1 sumariza os aspectos hormonais no controle glicêmico do estado alimentado e na transição para o estado de jejum.

## RELAÇÃO ENTRE NUTRIENTES E ESTADO DE JEJUM

Após uma alimentação rica em carboidratos, o hormônio contra-regulador da insulina, o glucagon, tem a sua secreção inibida pela própria insulina. A medida que a glicemia vai sendo normalizada os níveis plasmáticos de insulina voltam aos valores basais e os níveis de glucagon tendem a elevar-se, ou seja, esse hormônio tem a sua secreção elevada em momentos de glicemia baixa. Os tecidos alvos do glucagon são: (1) o fígado, onde ele estimula basicamente a glicogenólise e a gliconeogênese para a manutenção da glicemia. Para isso o glucagon exerce efeitos inibitório sobre a glicólise e a glicogênese, e (2) o tecido adiposo onde o glucagon estimula a lipólise mobilizando triacilglicerol que geram ácido graxos e glicerol para os tecidos que possam utiliza-los como substrato energético. Esse é um mecanismo importante no estado de jejum, pois o fígado consome ácidos graxos para obtenção de energia necessária para manter a gliconeogênese e também consome glicerol pois este é um dos substratos para geração de novo de glicose. Neste sentido, a lipólise é fundamental para que o fígado possa exercer o seu papel de fornecedor de glicose para o organismo. Entretanto, a medida que o período de jejum vai aumentando, outras modificações metabólicas vão ocorrendo em função da secreção de outros hormônios que contribuem cronicamente para manutenção da homeostase de glicose. Os níveis dos hormônios adrenérgicos e cortisol incrementam a lipólise, disponibilizando ácidos graxos e glicerol. Além disso, o organismo diminui o seu metabolismo, ou seja, reduz a taxa metabólica basal, esse efeito é promovido pela menor liberação dos hormônios tireoidianos (T3 e T4). Com isso o organismo consome menos substratos energéticos mas o consumo de glicose por alguns tecidos é bastante diminuído como por exemplo o músculo esquelético. Esse tipo de adaptação favorece a disponibilidade de glicose para os tecidos que a utilizam de forma exclusiva como por exemplo os eritrócitos. O cérebro é um outro tecidos que consome prioritariamente glicose. No entanto, em períodos de jejum prolongado, uma quantidade maior de corpos cetônicos são gerado no fígado a partir do acetil-CoA oriundos da beta-oxidação dos ácidos graxos. Esse substrato, além de ser utilizado pelos músculos, vão sendo progressivamente captados e utilizados pelas células nervosas como substrato energético em resposta ao jejum prolongado.



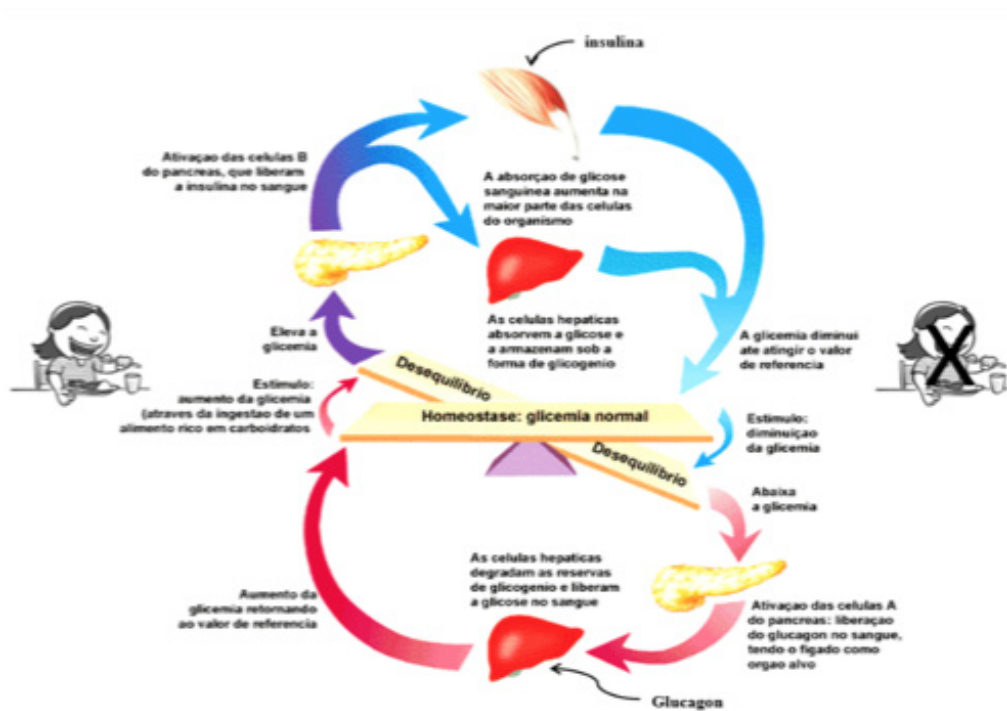


Figura1: Adaptações metabólicas do estado jejum-alimentado como resultado das ações dos hormônios contra-reguladores, insulina e glucagon e seus efeitos sobre a normoglicemia.

Todas essas modulações metabólicas, são frutos do nosso processo evolutivo. Para a manutenção da sobrevivência a espécie humana passou por diversos períodos de jejum. Atualmente o estado de jejum passou a ser, em geral, um processo opcional, uma vez que não há privação alimentar ou escassez de alimentos. Neste sentido, surgiram diferentes estratégias nutricionais a base deste processo adaptativo como é o caso do jejum intermitente, que é um tipo de "jejum programado" com intervalos controlados entre períodos de ingestão alimentar. Em humanos os efeitos sobre o jejum foram aplicados em diferentes situações. No início do século passado, distúrbios metabólicos como obesidade foram tratadas com protocolos de jejum extenso de até 36 dias (KERND et al., 1982; CARLSON et al., 1994). Além dos efeitos sobre o panorama metabólico glicolítico, lipídico e proteico, outras ações fisiológicas já foram identificadas como efeitos negativos sobre o balanço eletrolítico, e reduções nos níveis pressóricos, modulações na distribuição de colesterol circulantes com impactos sobre relação HDL/LDL (KERND et al., 1982; CARLSON et al., 1994; HEILBRONN et al., 2005). Outros autores também já demonstraram efeitos significativos sobre a redução de homocisteína e processos de coagulação em indivíduos estudados no período do Ramadan, uma prática religiosa a base de jejum intermitente (AZEVEDO et al., 2013). Parte destes efeitos demonstram uma relação entre as modulações metabólicas e respostas inflamatórias ao jejum como aumentos nos níveis de adipocitocina e Interleucina-6 (AKSUNGAR et al., 2007). Neste sentido, vários estudos têm demonstrado efeitos cardioprotetores tanto em modelos animais como em humanos.

## RELAÇÃO ENTRE O JEJUM E O ESTRESSE FÍSICO

O músculo esquelético no jejum tem um papel fundamental, pois ele é o fornecedor principal de substrato para gliconeogênese hepática através da degradação de proteínas e liberação dos aminoácidos. Os aminoácidos provenientes dos músculos esqueléticos são os principais esqueletos carbonados para a síntese de glicose seguido pelo glicerol e lactato. Entretanto, o catabolismo proteico representa um alerta funcional importante e compromete a viabilidade do organismo. Aproximadamente 15-20% do conteúdo total de proteínas do organismo podem ser utilizadas como fonte de energia, caso a situação de restrição alimentar não se resolva alguns tecidos vitais começam a entrar em falência (CHERIF et al., 2015).

Além dos ciclo jejum-alimentado, a integração metabólica pode ser facilmente compreendida em situações de estresse físico de longa duração onde ocorrem muitas adaptações semelhantes ao jejum como por exemplo o estímulo a lipólise pelo tecido adiposo e gliconeogênese pelo tecido hepático. Entretanto, diferentemente do que ocorre no período de jejum, o estímulo adrenal no músculo, não somente incrementa o consumo de glicose neste tecido mas também estimula a degradação de glicogênio muscular, e estimula a glicólise e fosforilação oxidativa com intuito de gerar energia. E com o fluxo glicolítico aumentado observa-se uma maior síntese de lactato muscular, proporcionalmente a intensidade do exercício. O lactato produzido no músculo é externalizado e consumido por vários tecidos incluindo miocárdio, cérebro e pelo tecido hepático contribuindo mais para gliconeogênese. Esse efeito cíclico, da glicose gerada pelo fígado sendo captada e degradada pelo músculo até lactato que é lançado na circulação e reutilizado pelo fígado na geração de novo de glicose é denominado de Ciclo de Cori. Durante o exercício físico também ocorre degradação protéica. Os aminoácidos oriundos do músculo esquelético (principalmente alanina e glutamina) em atividade, assim como no jejum, abastecem a gliconeogênese promovendo a manutenção da glicose sangüínea.

A relação entre exercício e jejum, é mais bem descrita sobre o ponto de vista da redução de peso corporal, embora muitos outros efeitos fisiológicos tem sido sugerido como resultados desta interação. RYAN et al. (2013) demonstraram que o treinamento de endurance em combinação com restrição calórica em idosos obesos, melhoram a resistência à insulina e diminuem o percentual de gordura preservando a massa magra. As respostas celulares comuns entre o exercício físico e o jejum, cursam com modulações mitocondriais e na homeostase glicêmica. Uma associação das intervenções do exercício de endurance com o jejum pode ser um importante mecanismo para ganhos de desempenho a base do perfil oxidativo. AZIZ et al. (2010) ao submeterem 30 homens a 30 minutos de exercício de endurance de baixa intensidade (60% do consumo máximo de oxigênio), seguidos de 30 minutos contrarrelógio, antes e depois do Ramadan. Seus resultados mostraram uma diminuição na distância percorrida durante o contrarrelógio, e na velocidade média total sugerindo um impacto negativo sobre a resistência aeróbica. Porém, TRABELSI e tal. (2013), ao observar a relação do jejum durante o período do Ramadan, com treinamento resistido, não observaram alterações na composição corporal nem no desempenho. Corroborando, com TRBELSI et al (2013), DANNECKER et al. (2013) não encontraram diferenças nos indicadores de dano muscular em 19 indivíduos após uma sessão de exercícios resistidos, sugerindo que o jejum também não afetou significativamente a recuperação muscular pós-treino dos indivíduos.

## CONCLUSÃO

A integração entre os diferentes tecidos é basicamente sob a forma de como os substratos energéticos e esqueletos carbonados são administrados na manutenção da homeostasia. Essa rede metabólica complexa confere ao organismo uma propriedade importante que a capacidade de adaptação frente a diferentes situações de estresse e alterações em um ou mais componentes dessa integração como por exemplo em algumas patologias, exercício físico e no jejum. Diferentes trabalhos demonstram efeitos distintos da associação exercício e jejum, sendo necessário uma avaliação criteriosa do perfil amostral, tipo de exercício bem como o tipo e período de jejum.

## BIBLIOGRAFIA

- ABETE, I. et al. Nutrigenetics and nutrigenomics of caloric restriction. *Progress in molecular biology and translational science*, [S.l.], v.108, p.323 346, 2011.
- AKSUNGAR FB, TOPKAYA AE, AKYILDIZ M. Interleukin-6, C-reactive protein and biochemical parameters during prolonged intermittent fasting. *Ann Nutr Metab.* 2007;51:88–95.
- AMORIM, F.; DANTAS, E. H. M. Efeitos do treinamento da capacidade aeróbica sobre a qualidade de vida e autonomia de idosos. *Fitness & Performance Journal*, [S.l.], v.1, n.3, p.47 55, 2002.
- AZEVEDO, F. R. d.; IKEOKA, D.; CARAMELLI, B. Effects of intermittent fasting on metabolism in men. *Revista da Associação Médica Brasileira*, [S.l.], v.59, n.2, p.167 173, 2013. AZIZ, A. R. et al. Effects of Ramadan fasting on 60 min of endurance running performance in moderately trained men. *British journal of sports medicine*, [S.l.], v.44, n.7, p.516 521, 2010.
- AZEVEDO FR; IKEOKAB D; CARAMELLI B. Effects of intermittent fasting on metabolism in men. *Interdisciplinary Medicine in Cardiology Unit, Heart Institute (InCor), Medical School, Universidade de São Paulo. Rev Assoc Med Bras.* 2013;59(2):167–173.
- BASSIT RA, MALVERDI MA. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE TRIATLETAS. *Rev. paul. Educ. Fís., São Paulo*, 12:42-53,1998.
- BIESEK S & ALVES L. Determinando as necessidade energéticas. In: Simone Biesek; Letícia Azen Alves & Isabela Guerra. 2 ed. Ver. E ampl. – Barueri, SP: Manole, 2010.
- BIESEK S, ALVES, Lazen, GUERRA I. Estratégias de Nutrição e suplementação no esporte – 2 ed. Ver. E ampl. – Barueri, SP: Manole, 2010. Vários colaboradores. Bibliografia. ISBN 978-85-204-2883
- CANTÓ, C. et al. Interdependence of AMPK and SIRT1 for metabolic adaptation to fasting and exercise in skeletal muscle. *Cell metabolism*, [S.l.], v.11, n.3, p.213 219, 2010.
- CARLSON, M. G.; SNEAD, W. L.; CAMPBELL, P. J. Fuel and energy metabolism in fasting humans. *The American journal of clinical nutrition*, [S.l.], v.60, n.1, p.29 36, 1994.
- CARLSON, O. et al. Impact of reduced meal frequency without caloric restriction on glucose regulation in healthy, normal-weight middle-aged men and women. *Metabolism*, [S.l.], v.56, n.12, p.1729 1734, 2007. 47
- CASTELLO, L. et al. Alternate-day fasting protects the rat heart against age-induced inflammation and fibrosis by inhibiting oxidative damage and NF-κB activation. *Free Radical Biology and Medicine*, [S.l.], v.48, n.1, p.47 54, 2010.
- CHERIF, A. et al. Effects of Intermittent Fasting, Caloric Restriction, and Ramadan Intermittent Fasting on Cognitive Performance at Rest and During Exercise in Adults. *Sports Medicine*, [S.l.], p.1 13, 2015.
- COYLE, E. F. Physiological determinants of endurance exercise performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, [S.l.], v.2, n.3, p.181 189, 1999.
- DANNECKER, E. A. et al. The effect of fasting on indicators of muscle damage. *Experimental gerontology*, [S.l.], v.48, n.10, p.1101 1106, 2013.
- DAVIES, K. J.; PACKER, L.; BROOKS, G. A. Biochemical adaptation of mitochondria, muscle, and whole-animal respiration to endurance training. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, [S.l.], v.209, n.2, p.539 554, 1981.

- ELLS, L. J. et al. Intermittent fasting interventions for the treatment of overweight and obesity in adults aged 18 years and over: a systematic review protocol. *The JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports*, [S.l.], v.13, n.10, p.60 68, 2015.
- FARVID, M. et al. Association of adiponectin and resistin with adipose tissue compartments, insulin resistance and dyslipidaemia. *Diabetes, obesity and metabolism*, [S.l.], v.7, n.4, p.406 413, 2005.
- GUMAA, K. et al. The effects of fasting in Ramadan. *British journal of nutrition*, [S.l.], v.40, n.03, p.573 581, 1978.
- HARGREAVES M. Carboidratos melhoram o desempenho. *Sport Science Exchange*, 25:1-2, 2000<sup>a</sup>.
- HARGREAVES M. Ingestão de carboidratos durante os exercícios: efeitos no metabolismo e no desempenho. *Sports Science Exchange*, 25:1-5, 2000<sup>b</sup>.
- HARGREAVES M. Metabolic factors in fatigue. *Sport Science Exchange*, 18:1-7, 2005
- HALBERG, N. et al. Effect of intermittent fasting and refeeding on insulin action in healthy men. *Journal of Applied Physiology*, [S.l.], v.99, n.6, p.2128 2136, 2005.
- HALLAK, M. H.; NOMANI, M. Body weight loss and changes in blood lipid levels in normal men on hypocaloric diets during Ramadan fasting. *The American journal of clinical nutrition*, [S.l.], v.48, n.5, p.1197 1210, 1988.
- HEILBRONN, L. K. et al. Glucose tolerance and skeletal muscle gene expression in response to alternate day fasting. *Obesity research*, [S.l.], v.13, n.3, p.574 581, 2005.
- HEILBRONN LK, CIVITARESE AE, BOGACKA I, SMITH SR, HULVER M, RAVUSSIN E. Glucose tolerance and skeletal muscle gene expression in response to alternate day fasting. *Obes Res*. 2005;13:574–81.
- HUTCHISON, A. T.; HEILBRONN, L. K. Metabolic impacts of altering meal frequency and timing Does when we eat matter? *Biochimie*, [S.l.], 2015.
- INGJER, F. Effects of endurance training on muscle fibre ATP-ase activity, capillary supply and mitochondrial content in man. *The Journal of Physiology*, [S.l.], v.294, n.1, p.419 432, 1979.
- IWAYAMA, K. et al. Transient energy deficit induced by exercise increases 24-h fat oxidation in young trained men. *Journal of Applied Physiology*, [S.l.], v.118, n.1, p.80 85, 2015.
- JUZWIAK CR, PASCHOAL VCP; LOPEZ FA. Nutrition and physical activity. *J. pediatr. (Rio J)*. 2000; 76 (Supl.3): S349-S358: exercise, adolescent nutrition.
- KATER DP, PIRES AB, LIMA MCS, JÚNIOR JRG. Anabolismo pós-exercício: influência do consumo de carboidratos e proteínas. *Colloquium Vitae*, jul/dez 2011 3(2): 34-43. DOI: 10.5747/cv.2011.v03.n2.v051.
- KERNDT PR, NAUGHTON JL, DRISCOLL CE, LOXTERKAMP DA. Fasting: the history, pathophysiology and complications. *West J Med*. 1982;137:379–99.
- McARDLE, WILLIAM D.; KATCH, FRANK I.; KATCH, VICTOR L. *Nutrição para o esporte e o exercício* [traduzido por Giuseppe Taranto]. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.





[www.saojose.br](http://www.saojose.br) | (21) 3107-8600

Av. Santa Cruz, 580 - Realengo - Rio de Janeiro