



ALIMENTOS QUE CONTÊM PROTEÍNA PODEM SER MAIS RELEVANTES DO QUE A SOMA DE SEUS AMINOÁCIDOS CONSTITUINTES PARA O POTENCIAL ANABÓLICO DOS MÚSCULOS NO PÓS-EXERCÍCIO

(Publicado: Maio de 2019/Tópicos: Treino e Performance, Nutrição Esportiva, Proteínas/Autores: **Nicholas A. Burd; Colleen F. McKenna; Sarah K. Skinner; Isabel G. Martinez**) Proteína contida nos alimentos é maior do que a soma que constitui os seus aminoácidos para o potencial anabólico dos músculos no pós-treino

- Os aminoácidos da dieta são os principais determinantes da taxa de síntese de proteína muscular (SPM) após o exercício.
- O exercício modifica o processamento da proteína alimentar e como ela é utilizada na SPM após a prática de atividade física.
- A ingestão de suplementos de proteínas isoladas resulta na dosagem máxima de proteína para a SPM após a prática de exercício.
- A ingestão de alimentos completos minimamente processados, com matriz alimentar rica em proteínas, vitaminas, minerais e outros macronutrientes, também é uma estratégia importante para otimizar a proteína na alimentação na SPM após a prática de atividade física.
- Uma abordagem individual deve ser utilizada na identificação da opção nutricional mais apropriada na recuperação para um atleta no pós-exercício, e deve-se incorporar alimentos completos ricos em proteína na alimentação, suplementos de proteínas isoladas ou ambos.

INTRODUÇÃO

Os exercícios e a ingestão de proteínas alimentares (aminoácidos) são dois dos principais estímulos anabólicos para aumentar a reestruturação de proteína muscular, principalmente pela estimulação da taxa da síntese de proteína muscular (SPM) em adultos saudáveis. Quando esses dois estímulos anabólicos são combinados regularmente, através da ingestão de refeições com grande quantidade de proteínas e a realização de treinos, o resultado é que os processos adaptativos que visam a melhora da performance no exercício são facilitados. Um levantador de peso geralmente monitora o melhor desempenho pela força ou progressões de potência, que é facilitado tanto pela adaptação neural, quanto pela adaptação muscular. Por outro lado, um atleta de resistência treina para melhorar sua capacidade aeróbica e a adaptação está associada aos fatores centrais e periféricos. Independentemente do objetivo, a ingestão de proteína é necessária para maximizar as adaptações em todos os programas de treinamento. A ingestão de proteínas imediatamente após o exercício é altamente enfatizada e encorajada devido ao efeito adicional relativamente grande dos aminoácidos alimentares nos mecanismos que controlam a SPM neste período (Biolo et al., 1997). No entanto, todas as refeições são relevantes e têm o potencial de maximizar a resposta adaptativa muscular fornecendo energia para o estímulo potencializado da SPM durante uma janela de recuperação prolongada após o exercício (Burd et al., 2011).

Conceitos atuais em relação a nutrição proteica ideal dos atletas para maximizar os processos adaptativos da SPM têm sido baseados em abordagens reducionistas, ou com uma visão da proteína por seus aminoácidos constituintes ou até mesmo pela potência anabólica de um único aminoácido como a leucina. No entanto, os atletas não consomem nutrientes individualmente, mas se alimentam de combinações alimentares ao longo do dia para facilitar a recuperação adequada. Uma abordagem mais holística das diretrizes nutricionais para as proteínas pode ajudar a garantir o reabastecimento dos estoques energéticos pelo protocolo da ingestão de quantidade apropriada de carboidratos e gorduras e talvez a utilização mais eficiente dos aminoácidos alimentares derivados de proteínas para a estimulação da SPM durante a recuperação do exercício.

QUALIDADE DA PROTEÍNA

A qualidade da proteína é frequentemente baseada na digestibilidade da fonte de proteína alimentar em relação às necessidades humanas de aminoácidos essenciais. A proteína ingerida precisa ser digerida em aminoácidos e absorvida para a circulação nas quantidades adequadas para fornecer um sinal anabólico forte para o tecido musculoesquelético. Em geral, fontes de proteína vegetal (por exemplo soja, trigo e ervilhas) possuem menor digestibilidade em comparação a fonte de proteína animal (por exemplo, leite, carne de vaca, de porco, peixes). Contudo, técnicas de processamento de alimentos das fontes de proteínas vegetais podem melhorar sua digestibilidade (van Vliet et al., 2015). Certamente, suplementos (na forma de pós) de proteínas isoladas geralmente têm lugar de destaque entre os atletas e indivíduos que frequentam academias devido à alta digestibilidade e rápida oferta de aminoácidos para a corrente sanguínea. No entanto, proteínas isoladas em pó não são necessárias para obter um grande aumento na resposta da SPM após o exercício (Burd et al., 2015).

O que é digno de nota é que ambos os exercícios de força e resistência induzem a redistribuição do fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos (músculos contráteis) e reduzem o fluxo sanguíneo no intestino. Isto pode potencialmente impactar o perfil de absorção dos nutrientes ingeridos em uma bebida ou refeição de recuperação após o exercício. Por exemplo, a hipoperfusão esplâncnica induzida pelo exercício pode gerar uma pequena lesão intestinal levando a maior permeabilidade gastrointestinal (GI). Esta integridade epitelial comprometida tem sido mostrada como afetando negativamente a absorção intestinal e/ou captação esplâncnica dos aminoácidos da dieta (van Wijck et al., 2013), que podem posteriormente limitar o aumento pós-prandial da disponibilidade de aminoácidos dietéticos durante a recuperação após o exercício. No entanto, vemos rotineiramente que mais de > 60% dos aminoácidos da dieta tornam-se disponíveis nos tecidos periféricos durante a recuperação dos exercícios nos adultos em treinamento (Mazzulla et al., 2017; van Vliet et al., 2017).

Essa quantidade de aminoácidos alimentares derivados das proteínas é muito similar a quantidade que se torna disponível na circulação após consumir uma refeição no estado de descanso em adultos saudáveis (Mazzulla et al., 2017). Curiosamente, aumentos na permeabilidade gastrointestinal induzidos pelo exercício podem em última instância ajustar a função da barreira intestinal permitindo que mais peptídeos bioativos dos alimentos sejam absorvidos no momento do exercício versus de repouso (JanssenDuijghuijsen et al., 2016). Além do que, os exercícios criam uma avenida na barreira intestinal permitindo que pequenas partículas ingeridas dos alimentos sejam absorvidas, as quais caso contrário poderiam não ter a oportunidade de absorção no estado de descanso. Finalmente, episódios repetitivos de exercícios têm o potencial de modificar a complexidade e dinâmica dos micro-organismos colonizadores do intestino (por exemplo, a microbiota intestinal). Na verdade, os micróbios intestinais podem sintetizar aminoácidos com uma contribuição estimada, por exemplo no caso da leucina, de ~20% do aporte total do corpo (Raj et al., 2008). Não está claro atualmente como as mudanças no funcionamento e composição da microbiota intestinal induzidas pelo exercício modulariam o metabolismo das proteínas musculares ou do corpo inteiro. De qualquer maneira, fica evidente que o exercício pode impactar de maneira aguda no trato gastrointestinal (van Wijck et al., 2013; JanssenDuijghuijsen et al., 2016) assim como, em longo prazo, modular as comunidades de micro-organismos intestinais e seus resultados metabólicos funcionais (Allen et al., 2018). Tais efeitos no trato intestinal podem ter impacto direto em como os aminoácidos da dieta após o exercício são fornecidos ao tecido musculoesquelético para reestruturação e reparo das proteínas. Mais ainda, alimentos com peptídeos bioativos auxiliares podem ter potencial anabólico ainda maior se consumidos no momento após a prática de atividade física.

NECESSIDADE IDEAL DE PROTEÍNA

Definir a quantidade de proteína ideal e/ou excessiva numa refeição é relevante para um atleta. Uma quantidade excessiva de proteína em uma refeição tem o potencial de deslocar outros nutrientes vitais (An & Burd, 2015), além de ter implicações em estresses financeiros e ambientais (Meyer & Reguant-Closa, 2017). Em respeito ao músculo esquelético, uma quantidade ideal de proteínas em uma refeição é comumente definida como a quantidade onde a SPM é estimulada ao máximo com taxa mínima de oxidação de aminoácidos. Uma quantidade excessiva de proteínas em uma refeição é definida como o ponto onde os aminoácidos mostram um aumento exponencial na sua taxa de oxidação e a SPM não é mais estimulada em resposta às quantidades aumentadas de proteínas ingeridas. Com certeza, essa questão das necessidades ideais de proteína nas refeições para atletas é a questão mais comumente abordada na tentativa de definir uma quantidade máxima de fontes de proteínas isoladas a serem consumidas em uma refeição para obter um aumento significativo na SPM após o exercício. Estudos futuros são necessários para que estratégias para facilitar a melhor utilização da proteína alimentar na SPM e no reparo após o exercício possam ser testadas. Em outras palavras, a questão que precisa ser abordada é: Como podemos obter uma resposta máxima da SPM sem simplesmente ingerir mais e mais proteínas na dieta? Um conceito recente é relacionado a utilização de alimentos específicos ou misturas alimentares para potencializar a utilização dos aminoácidos dietéticos na SPM após o exercício.

Conceitualmente, isto é frequentemente referido como sinergia alimentar, ou relações existentes entre componentes alimentares básicos já que eles fornecem efeitos metabólicos mais fortes quando combinados versus quando consumidos individualmente (Jacobs et al., 2009).

Entretanto, baseando-se nestas diretrizes máximas, a quantidade de proteínas em uma refeição para estimular a SPM após o exercício com taxa mínima de oxidação de aminoácidos é abrangente e está em algum ponto entre 20 a 40g de proteínas por refeição para indivíduos saudáveis. Certamente, até mesmo a ingestão de uma quantidade ideal de proteínas em uma refeição para estimular a SPM após o exercício irá aumentar as taxas de oxidação de leucina por todo o corpo (Moore et al., 2009a), o que pode ser o resultado da utilização de fontes de proteínas isoladas. Por exemplo, nosso grupo de pesquisa mostrou recentemente que é possível obter uma resposta alta de SPM após o exercício, sem estimular um aumento na taxa de oxidação de leucina no corpo todo, quando se utiliza a abordagem de alimentos completos minimamente processados (van Vliet et al., 2017).

É válido notar que essas diretrizes para proteínas nas refeições para facilitar a resposta muscular adaptativa após o exercício foram desenvolvidas baseadas na recuperação de um estímulo de levantamento de peso. Levantamento de peso é inerentemente anabólico, associado com contrações de curta duração e utilização de energia, e aumenta a sensibilidade do tecido musculoesquelético aos aminoácidos por um período maior durante a recuperação (Burd et al., 2011). Na verdade, pesquisas têm mostrado que existem métodos desnecessários disponíveis via diversas manipulações nas contrações (por exemplo intensidade, volume, etc.) para maximizar a sensibilidade das fibras musculares aos aminoácidos alimentares da ingestão de proteínas após treino de levantamento de peso (Burd et al., 2011). Além do que, aminoácidos alimentares na circulação podem ser utilizados preferencialmente para reparo e reestruturação das proteínas musculares após levantamento de peso para fornecer a base para as adaptações induzidas pelo treino, como a hipertrofia. No entanto, atividades baseadas em exercício de resistência resultam em mais aminoácidos sendo utilizados como combustível, e sua utilização pode ser melhorada por muitos fatores incluindo, mas não apenas considerando a intensidade e duração do exercício. Os aminoácidos (por exemplo a leucina) que são oxidados durante o exercício são irreversivelmente perdidos pelo corpo e ainda devem ser repostos através de proteínas alimentares. Isto em última instância coloca uma pressão substancial na nutrição das proteínas, especialmente nas refeições após a prática de exercício (Mazzulla et al., 2017), para repor as perdas de aminoácidos causadas pela oxidação do exercício e para reestruturar as fibras musculares durante a recuperação em exercício de resistência. Como resultado mais diretrizes específicas para a proteína incluindo a nutrição periódica serão necessárias para facilitar os processos ideais de SPM adaptativos ao exercício durante a recuperação de exercícios aeróbicos de resistência (Abou Sawan et al., 2018) versus atividades baseadas em força (Burd et al., 2011), especialmente nas refeições realizadas imediatamente após a prática de exercícios.

AMINOÁCIDOS DIETÉTICOS: ESTIMULADORES DIRETOS DA SÍNTESE DE PROTEÍNA MUSCULAR

É evidente que comer proteínas após o exercício estimula a SPM no pós treino (Moore et al., 2009b) e que aminoácidos essenciais são necessários para um efeito melhor (Volpi et al., 2003). Curiosamente, a potencializa-

ção da SPM induzida pela alimentação após o exercício é mais aparente após atividade de levantamento de peso (Burd et al., 2011) em comparação a exercícios aeróbicos de resistência (Abou Sawan et al., 2018). Como notado acima, a falta de efeito adicional entre a disponibilidade de aminoácidos da dieta e exercícios de resistência na SPM após o exercício pode estar relacionada com o fato de que alguns dos aminoácidos precisam ser repostos devido à perda pela oxidação induzida pelo próprio exercício (Mazzulla et al., 2017), que limita a quantidade de aminoácidos disponíveis para a SPM e reestruturação no pós-treino (Abou Sawan et al., 2018). O aminoácido leucina recebeu atenção considerável em relação a sua contribuição na estimulação da resposta da SPM após o exercício. Em parte, a leucina não é apenas uma unidade de construção da proteína muscular, mas também serve de molécula sinalizadora para a SPM no tecido musculoesquelético humano. Além disso, a velocidade e amplitude do aumento pós-prandial da leucina circulante após a ingestão de fontes de proteínas isoladas têm sido mostradas como moduladoras da resposta da SPM após a prática de exercícios em adultos jovens saudáveis (Tang et al., 2009).

Como mostrado na Figura 1, o tipo de alimento ingerido pode modular diversamente a velocidade e o pico da amplitude dos aminoácidos alimentares na circulação e posterior resposta da SPM pós-prandial. Por exemplo, o momento do pico da concentração de aminoácidos na circulação depois da ingestão de alimentos completos, como o leite ou a carne moída, é tardio em comparação com fontes de proteínas isoladas como o whey ou a caseína. A ingestão de Whey Protein, devido ao seu alto conteúdo de leucina e alta solubilidade, resulta no rápido fornecimento (com pico de alta amplitude) de aminoácidos alimentares para a circulação durante o período pós-prandial. Consequentemente, a maior parte dos aminoácidos derivados de proteínas alimentares é absorvida du-

rante o período inicial da fase pós-prandial e disponível para estimular um aumento significativo da SPM em um relativo curto período de tempo (~3–4 horas) (Pennings et al., 2011). Por esta razão, a ingestão de suplementos de proteínas isoladas é popular para estimular a resposta da SPM imediatamente após o exercício. No entanto, suplementos de proteínas isoladas ingeridos em conjunto com carboidratos reduzem a amplitude do aumento pós-prandial das concentrações plasmáticas de aminoácidos (Staples et al., 2011). Enquanto que carboidratos ingeridos em conjunto com proteínas não potencializam a utilização dos aminoácidos alimentares derivados de proteínas na circulação na SPM pós-exercício (Staples et al., 2011), a ingestão de carboidratos durante o período de recuperação é necessária para promover a taxa de ressíntese de glicogênio muscular durante a recuperação e em última instância um melhor desempenho em ambos os atletas de levantamento de peso e de resistência. Como mostrado na Figura 1, fontes proteicas de alimentos completos, como a ingestão de leite ou carne, resultam no aumento lento no pico de disponibilidade de proteína alimentar e uma liberação mais prolongada durante o período pós-prandial (> 5 h) (Burd et al., 2015). Ainda, uma grande parte do dia é passada no período pós-prandial, especialmente quando as combinações de alimentos incluem carboidratos e gorduras.

Acima de tudo, os aminoácidos da dieta são estimuladores direto da SPM; e ainda, é possível que modulem o aumento da resposta da SPM após a prática de exercício durante a recuperação modulando o aumento no pico da disponibilidade plasmática de aminoácidos depois da ingestão de proteínas. Isto é particularmente relevante quando se consome fontes de proteínas isoladas ou mesmo alimentos ricos em proteínas. A importância de estimular um aumento precoce da SPM após o exercício (0-2 horas) versus um aumento tardio (2-5 horas), como observado na ingestão de fontes de proteínas isoladas e alimentos ricos em proteína, respectivamente, não está clara. No entanto, existe uma janela prolongada de oportunidade anabólica após o exercício que persiste por 1-2 dias (Burd et al., 2011). Assim, as adaptações induzidas pelo treinamento são facilitadas pelo hábito consistente e consciente de incorporar proteínas em todas as refeições por esse período prolongado de recuperação.

O EFEITO DA MATRIZ ALIMENTAR COMO FACILITADORA DO POTENCIAL ANABÓLICO DO MÚSCULO

As propriedades holísticas dos alimentos (sinergia dos alimentos) e suas influências na reestruturação e reparo da proteína muscular após o exercício têm recebido pouca atenção. Proteínas alimentares são frequentemente mais que apenas seus aminoácidos constituintes, contendo outros componentes nutritivos não proteicos que podem interagir com nutrientes, modular o comportamento dos nutrientes, e/ou agir diretamente como moléculas sinalizadoras. No caso de alguns alimentos, como o iogurte, ele também podem conter organismos vivos ou culturas vivas e ativas que sinergicamente melhoram o impacto à saúde daquela fonte alimentar.

A matriz alimentar descreve acima de tudo a forma física do alimento, incluindo como diversos componentes são estruturados e podem interagir. O processamento dos alimentos e tratamentos térmicos podem ter diferentes efeitos na matriz alimentar e modular a digestibilidade das proteínas (Evenepoel et al., 1998). Embora ideias reducionistas tenham descoberto a maioria dos componentes anabólicos dos alimentos (por exemplo os aminoácidos essenciais) que estimulam a SPM após o

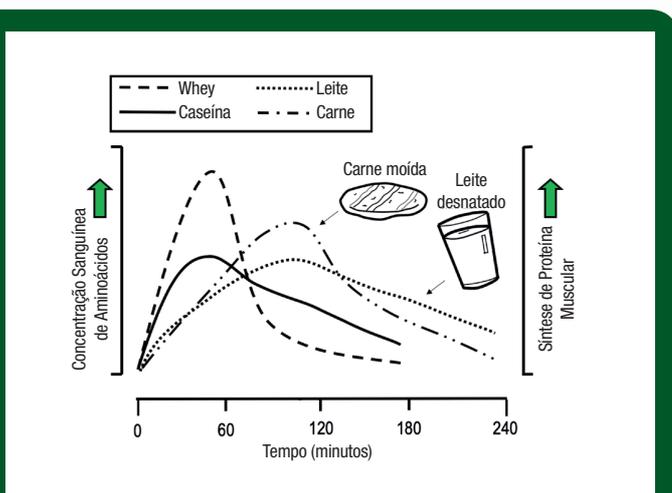


Figura 1. O aumento pós-prandial das concentrações sanguíneas de aminoácidos baseado na digestão e absorção características de fontes de proteínas isoladas (Whey e Caseína) e alimentos ricos em proteínas (carne moída e leite desnatado). Esses perfis de aminoácidos sanguíneos após a ingestão de proteínas correspondem a extensão da Síntese de Proteína Muscular durante o período inicial (0–120 minutos) ou tardio (>120 minutos) pós-prandial. No entanto, independentemente da fonte de proteína ingerida, a quantidade de aminoácidos da dieta derivados de proteínas que aparece na circulação (frequentemente expressados em porcentagem) após efeito de primeira passagem da captação esplâncnica de aminoácidos é geralmente ~65% da proteína ingerida durante os 0–5 minutos do período pós-prandial.

exercício (Volpi et al., 2003), isso pode não refletir precisamente os efeitos da matriz dos alimentos que acontecem em uma refeição mista com alimentos completos minimamente processados. Assim, podemos estar perdendo a oportunidade de otimizar proteínas na dieta de um atleta. Em outras palavras, a matriz alimentar em que a proteína é consumida pode ter um efeito na modulação da SPM após a prática de exercícios.

Existe evidência direta que demonstra que a matriz alimentar rica em proteínas da dieta, vitaminas, minerais e outros macronutrientes (por exemplo leite integral e ovos) modula a resposta da SPM após o exercício em comparação a comer maior quantidade de alimentos mais ricos em proteínas (Elliot et al., 2006; Burd et al., 2015; van Vliet et al., 2017). Curiosamente, tentativas de isolar componentes alimentares foram feitas para posteriormente combiná-los com fontes de proteínas isoladas e potencialmente potencializar a resposta da SPM pós-prandial. Por exemplo, estudos combinando a ingestão de caseína micelar com componentes alimentares individuais como a gordura do leite (Gorissen et al., 2017), carboidratos (Gorissen et al., 2014), ou soro do leite (mistura de 10% de lactose, 0,3% proteína, 0,06% de gordura e 1,1% de minerais) (Churchward-Venne et al., 2015) foram incapazes de posteriormente aumentar a resposta da SPM pós-prandial em comparação com a ingestão de caseína micelar individualmente. Consequentemente, parece existir uma resposta superior da SPM pós-prandial quando se consome alimentos completos minimamente processados em comparação a ingestão de nutrientes específicos extraídos em um produto processado.

No entanto, essas observações não desconsideram a efetividade de fontes de proteínas isoladas, particularmente quando consumidas em grandes quantidades suficientes para a SPM após o exercício (Moore et al., 2009a). Contudo, a ingestão de uma matriz alimentar rica em proteínas, macro e micronutrientes potencialmente reforça a utilização de aminoá-

cidos derivados das proteínas alimentares na SPM pós-exercício (Elliot et al., 2006; Burd et al., 2015; van Vliet et al., 2017). Isto não apenas irá em última instância ajudar a melhorar a utilização da proteína alimentar por um atleta, mas também a ingestão de alimentos completos irá melhorar acima de tudo a qualidade da dieta. Mais ainda, atletas do sexo feminino que têm tendência a deficiências de energia e micronutrientes (por exemplo ferro, cálcio, vitamina D e do complexo B) podem se beneficiar em priorizar a ingestão de alimentos completos ricos em proteínas mais do que suplementos de proteínas durante a recuperação do exercício. Claro que a seleção de alimentos também é dependente de outros fatores como o calendário de competições e/ou treinos, prevalência de problemas do trato gastrointestinal, custos e disponibilidade dos alimentos, entre outros.

RESUMO E APLICAÇÕES PRÁTICAS

Resumindo, um período agudo de prática de exercícios aumenta o potencial anabólico das refeições após o exercício por um período prolongado de recuperação. A proteína é um componente anabólico fundamental na nutrição após a prática de exercício para promover respostas da SPM que fornecem um alicerce para adaptações musculares e de desempenho. Garantir uma ingestão adequada de proteína de alta qualidade durante a recuperação após a atividade física é uma prioridade, e a utilização de alimentos completos minimamente processados ricos em proteína ou suplementos de proteínas depende totalmente de fatores nutricionais (perfil de aminoácidos e densidade de nutrientes) e não nutricionais (por exemplo preferências, custos, disponibilidade) e como um modelo de uma alimentação específica poderia complementar a estratégia de recuperação para diferentes tipos de treinos e eventos competitivos.

- A quantidade máxima de proteína a ser consumida em refeição após exercícios de resistência tem sido descrita em um intervalo entre 20 a 40g de fontes isoladas de base proteica. Isto somente define a estimulação máxima da SPM, e a dosagem mais eficiente ainda precisa ser determinada.
- Aplicações práticas de dosagem máxima de proteínas para a SPM baseadas em fontes isoladas de proteínas (por exemplo 20-40g por refeição) pode ser difíceis de atingir quando consideramos as necessidades de outros nutrientes.
- A definição da dosagem ideal de proteínas procura maximizar a utilização dos aminoácidos alimentares para a SPM enquanto minimiza a perda de aminoácidos por oxidação.
- A ingestão de fontes proteicas de alimentos completos minimamente processados, provavelmente pode otimizar a utilização de aminoácidos alimentares na SPM após o exercício devido a interação de componentes nutritivos não proteicos. Além do mais, a qualidade da dieta pode ser melhorada através da ingestão de fontes de proteína de alimentos completos quando em comparação a fontes de proteínas isoladas.
- Nutricionistas esportivos devem levar em consideração o padrão de alimentação típico e escolhas alimentares de um atleta (por exemplo algumas populações obtêm a maioria da sua proteína alimentar de alimentos integrais vegetais) quando desenvolverem as recomendações nutricionais, já que isso pode ser útil na identificação de um modelo de alimentação e deve-se incorporar alimentos completos minimamente processados ricos em proteínas na dieta, suplementos de proteínas isoladas ou ambos.

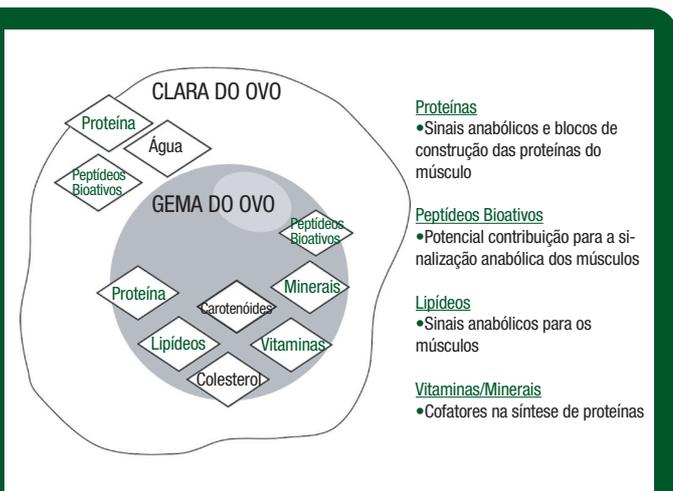


Figura 1. O aumento pós-prandial das concentrações sanguíneas de aminoácidos baseado na digestão e absorção características de fontes de proteínas isoladas (Whey e Caseína) e alimentos ricos em proteínas (carne moída e leite desnatado). Esses perfis de aminoácidos sanguíneos após a ingestão de proteínas correspondem a extensão da Síntese de Proteína Muscular durante o período inicial (0-120 minutos) ou tardio (>120 minutos) pós-prandial. No entanto, independentemente da fonte de proteína ingerida, a quantidade de aminoácidos da dieta derivados de proteínas que aparece na circulação (frequentemente expressados em porcentagem) após efeito de primeira passagem da captação esplâncnica de aminoácidos é geralmente ~65% da proteína ingerida durante os 0-5 minutos do período pós-prandial.

REFERÊNCIAS

- Abou Sawan, S., S. van Vliet, J.T. Parel, J.W. Beals, M. Mazzulla, D.W.D. West, A. Philp, Z. Li, S.A. Paluska, N.A. Burd, and D.R. Moore (2018). Translocation and protein complex co-localization of mTOR is associated with postprandial myofibrillar protein synthesis at rest and after endurance exercise. *Physiol. Rep.* 6(5):e13628.
- Allen, J.M., L.J. Mailling, G.M. Niemi, R. Moore, M.D. Cook, B.A. White, H.D. Holscher, and J.A. Woods (2018). Exercise alters gut microbiota composition and function in lean and obese humans. *Med. Sci. Sports Exerc.* 50:747-757.
- An, R. and N.A. Burd (2015). Change in daily energy intake associated with pairwise compositional change in carbohydrate, fat and protein intake among US adults, 1999-2010. *Pub. Health Nutr* 18:1343-1352.
- Biolo, G., K.D. Tipton, S. Klein, and R.R. Wolfe (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am. J. Physiol.* 273:E122-E129.
- Burd, N.A., S.H. Gorissen, S. van Vliet, T. Snijders, and L.J. van Loon (2015). Differences in postprandial protein handling after beef compared with milk ingestion during postexercise recovery: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr* 102:828-836.
- Burd, N.A., D.W. West, D.R. Moore, P.J. Atherton, A.W. Staples, T. Prior, J.E. Tang, M.J. Rennie, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2011). Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J. Nutr.* 141, 568-573.
- Churchward-Venne, T.A., T. Snijders, A.M. Linkens, H.M. Hamer, J. van Kranenburg, and L.J. van Loon (2015). Ingestion of casein in a milk matrix modulates dietary protein digestion and absorption kinetics but does not modulate postprandial muscle protein synthesis in older men. *J. Nutr.* 145:1438-1445.
- Elliot, T.A., M.G. Cree, A.P. Sanford, R.R. Wolfe, and K.D. Tipton (2006). Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38:667-674.
- Evenepoel, P., B. Geypens, A. Luybaerts, M. Hiele, Y. Ghoo, and P. Rutgeerts (1998). Digestibility of cooked and raw egg protein in humans as assessed by stable isotope techniques. *J. Nutr.* 128:1716-1722.
- Gorissen, S.H., N.A. Burd, H.M. Hamer, A.P. Gijzen, B.B. Groen, and L.J. van Loon (2014). Carbohydrate coingestion delays dietary protein digestion and absorption but does not modulate postprandial muscle protein accretion. *J. Clin Endocrinol. Metab.* 99:2250-2258.
- Gorissen, S.H.M., N.A. Burd, I.F. Kramer, J. van Kranenburg, A.P. Gijzen, O. Rooyackers, and L.J.C. van Loon (2017). Co-ingesting milk fat with micellar casein does not affect postprandial protein handling in healthy older men. *Clin. Nutr.* 36:429-437.
- Jacobs, D.R., Jr., M.D. Gross, and L.C. Tapsell (2009). Food synergy: an operational concept for under standing nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 89:1543S-1548S.
- JanssenDuijghuijsen, L.M., M. Mensink, K. Lenaerts, E. Fiedorowicz, Protégé study group, D.A. van Dartel, J.J. Mes, Y.C. Luiking, J. Keijer, H.J. Wichers, R.F. Witkamp, and K. van Norren (2016). The effect of endurance exercise on intestinal integrity in well-trained healthy men. *Physiol. Rep* 4(20):e12994.
- Mazzulla, M., J.T. Parel, J.W. Beals, S. van Vliet, S. Abou Sawan, D.W.D. West, S.A. Paluska, A.V. Ulanov, D.R. Moore, and N.A. Burd (2017). Endurance exercise attenuates postprandial whole-body leucine balance in trained men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 49:2585-2592.
- Meyer, N. and A. Reguant-Closa (2017). "Eat as if you could save the planet and win!" Sustainability integration into nutrition for exercise and sport. *Nutrients* 9:412.
- Moore, D.R., M.J. Robinson, J.L. Fry, J.E. Tang, E.I. Glover, S.B. Wilkinson, T. Prior, M.A. Tamopolsky, and S.M. Phillips (2009a). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 89:161-168.
- Moore, D.R., J.E. Tang, N.A. Burd, T. Rerечich, N.A. Tamopolsky, and S.M. Phillips (2009b). Differential stimulation of myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis with protein ingestion at rest and after resistance exercise. *J. Physiol.* 587:897-904.
- Pennings, B., Y. Boirie, J.M. Senden, A.P. Gijzen, H. Kuipers, and L.J. van Loon (2011). Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 93:997-1005.
- Raj, T., U. Dileep, M. Vaz, M.F. Fuller, and A.V. Kurpad (2008). Intestinal microbial contribution to metabolic leucine input in adult men. *J. Nutr.* 138:2217-2221.
- Staples, A.W., N.A. Burd, D.W. West, K.D. Currie, P.J. Atherton, D.R. Moore, M.J. Rennie, M.J. Macdonald, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2011). Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43:1154-1161.
- Tang, J.E., D.R. Moore, G.W. Kujbida, M.A. Tamopolsky, and S.M. Phillips (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J. Appl. Physiol.* 107:987-992.
- van Vliet, S., N.A. Burd, and L.J. van Loon (2015). The skeletal muscle anabolic response to plant- versus animal-based protein consumption. *J. Nutr.* 145:1981-1991.
- van Vliet, S., E.L. Shy, S. Abou Sawan, J.W. Beals, D.W. West, S.K. Skinner, A.V. Ulanov, Z. Li, S.A. Paluska, C.M. Parsons, D.R. Moore, and N.A. Burd (2017). Consumption of whole eggs promotes greater stimulation of postexercise muscle protein synthesis than consumption of isonitrogenous amounts of egg whites in young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 106:1401-1412.
- van Wijck, K., B. Pennings, A.A. van Bijnem, J.M. Senden, W.A. Buurman, C.H. Dejong, L.J. van Loon, and K. Lenaerts (2013). Dietary protein digestion and absorption are impaired during acute postexercise recovery in young men. *Am. J. Physiol.* 304:R356-R361.
- Volpi, E., H. Kobayashi, M. Sheffield-Moore, B. Mittendorfer, and R.R. Wolfe (2003). Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 78:250-258.