



# UTILIZAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3 PARA ADAPTAÇÃO AOS TREINOS E RECUPERAÇÃO DE EXERCÍCIOS: UMA PERSPECTIVA CENTRADA NA MUSCULATURA DE ATLETAS

(Publicado: Março de 2021/Autores: **Oliver C. Witard, Ph.D.**; **Jon-Kyle Davis, Ph.D.**, CSCS/ Tópicos: Treino e Performance, Suplementos, Nutrição Esportiva, Recuperação, Hidratação e Termorregulação, Carboidratos, Saúde do Atleta)  
Oliver C. Witard, Ph.D. | Centro de Ciências Humanas e Ciência Fisiológica Aplicada, Escola de Biociência Básica e Médica, Departamento de Ciências Nutricionais, Faculdade de Ciências da Vida e Medicina, King's College London, Reino Unido.  
Jon-Kyle Davis, Ph.D., CSCS | Gatorade Sports Science Institute

- As evidências científicas que respaldam o papel dos ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 (O3FA) na promoção da hipertrofia muscular e ganho de força em atletas são fracas atualmente, pelo menos considerando-se que o atleta siga as diretrizes nutricionais esportivas padrão como auxílio na construção de massa muscular, como, por exemplo, um balanço energético positivo e uma ingestão suficiente de proteínas da dieta.
- A ingestão de O3FA pode facilitar a remodelagem das proteínas da musculatura esquelética quando o atleta não consegue consumir ou tolerar a ingestão de uma dose ideal de proteína por porção (~0,3 g/kg de massa corporal) durante a recuperação no período pós-exercício.
- As evidências iniciais apoiam o papel pré-regenerativo/reabilitativo do O3FA na manutenção da massa muscular durante o desuso de curto prazo da musculatura induzido por lesão, que resulta em um período prolongado de imobilização de algum membro corporal, por exemplo, uma perna engessada ou que necessite da utilização de aparelho ortopédico. Estudos de caso fundamentados em lesões reais são necessários para a obtenção de um avanço no conhecimento relacionado ao papel protetor do O3FA na massa muscular e na qualidade da musculatura durante a recuperação de lesões.
- Achados iniciais não validam a ideia de que aumentar a ingestão de O3FA irá promover uma perda de peso de alta qualidade durante curtos períodos de restrição energética. Esta noção se aplica aos atletas que visam a redução da massa de gordura e a preservação da massa muscular, como em esportes com categorias conforme o peso, esportes estéticos ou os esportes que demandam uma alta razão específica entre força e massa.
- Estudos recentes fornecem evidências promissoras relacionadas ao papel do O3FA na aceleração da recuperação de exercícios intensos que provocam “danos musculares”, apesar da necessidade de mais trabalhos em uma série de contextos esporte-específicos.
- Pesquisas adicionais são necessárias para melhor compreender a dose ideal de O3FA e a proporção de ácido eicosapentaenóico (EPA) e do ácido docosahexaenóico (DHA) para melhor auxiliar a recuperação muscular em atletas, e em diferentes contextos de performance, como, por exemplo, na restrição energética, no desuso muscular induzido por lesão, no reparo muscular e na recuperação.

## LEITURA RECOMENDADA

**Maio de 2018 SSE #180:** Água Fria e Gelo na Redução da Temperatura Corporal durante Exercícios no Calor

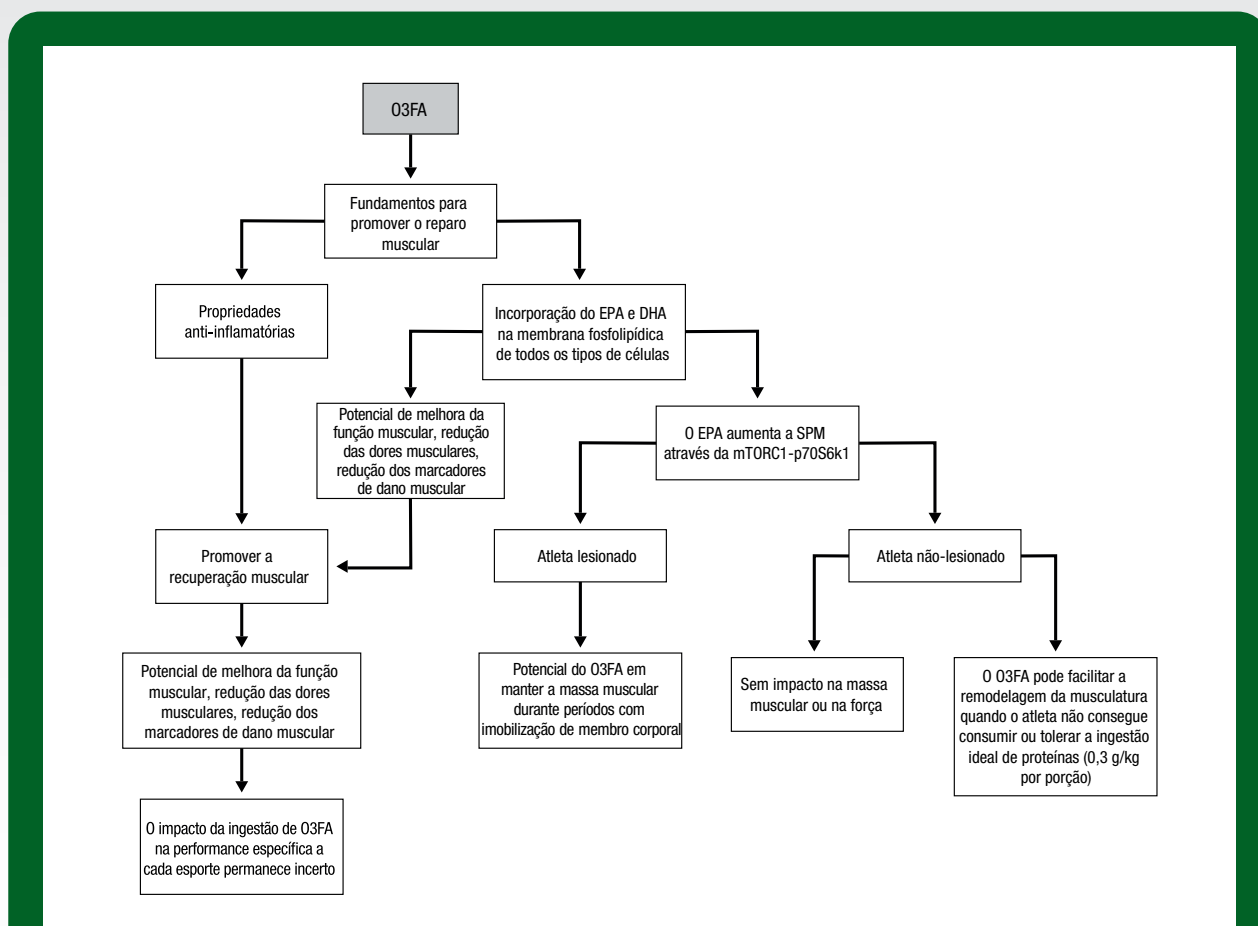
**Junho de 2018 SSE #181:** O Conceito “Potência Crítica” e a Performance nos Exercícios de Alta Intensidade

**Agosto de 2018 SSE #182:** Estratégia de Ingestão de Líquidos para Hidratação Ideal e Performance: Planejamento de Ingestão de Líquidos vs. Ingestão na Sede

## INTRODUÇÃO

Os ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 (O3FA) são uma família de ácidos graxos biologicamente ativos de cadeia longa. As espécies de O3FA mais abundantes e bioativas são o ácido eicosapentaenóico (EPA; 20:5 n-3), o ácido docosahexaenóico (DHA; 22:6 n-3) e o ácido  $\alpha$ -linolênico (ALA; 18:3 n-3) (Calder, 2015). Recentemente, o O3FA recebeu atenção considerável de pesquisas no contexto da saúde do atleta e performance, particularmente, em relação à promoção da adaptação muscular aos treinos e à aceleração da recuperação de exercícios (Da Boit et al., 2017b; Philpott et al., 2019a). O fundamento científico que sustenta a relação entre o O3FA, a adaptação muscular e a recuperação de exercícios tem origem em duas conhecidas ações biológicas distintas, mas provavelmente relacionadas do O3FA (Calder, 2012). Primeiramente, o O3FA é prontamente incorporado para a membrana fosfolipídica de todos os tipos de células, incluindo as células da musculatura esquelética, e serve para aumentar a atividade das vias de sinalização celular conhecidas por controlar a remodelagem do tecido muscular (Gerling et al., 2019; McGlory et al., 2014). Segundo, as propriedades anti-inflamatórias do O3FA são uma justificativa razoável para explorar a eficácia do O3FA na aceleração do processo de reparo muscular quando o objetivo do atleta é promover a recuperação entre as sessões de treinos (como 2-3 sessões de treinamentos/dia) e/ou durante as competições (exemplo, intervalos de 4-8 horas entre provas, corridas ou eventos, ou intervalos de 2-4 dias entre partidas) (Calder, 2006). Já que estes processos fisiológicos sustentam, (a) a resposta adaptativa muscular aos treinos, e (b) o processo de reparo muscular durante a recuperação do exercício, há um interesse atual nas aplicações da ingestão do O3FA na performance esportiva (Figura 1).

Fontes alimentares comuns ricas em O3FA incluem peixes gordurosos de água fria como a cavala, sardinha, salmão, truta e arenque. O leitor é encaminhado ao artigo do Sports Science Exchange de autoria de Rockwell & Ritz (2021) que fornece uma visão geral mais profunda sobre as fontes alimentares e suplementação com O3FA. O objetivo principal deste artigo do Sports Science Exchange é avaliar de maneira crítica a literatura científica que examinou a eficácia da ingestão do O3FA na promoção da performance atlética. Nós obtivemos uma perspectiva centrada na musculatura, focando no papel do O3FA na promoção da adaptação da musculatura esquelética aos treinamentos e no reparo muscular durante a recuperação de exercícios. Este relato está organizado em três seções principais. Primeiro, o papel do O3FA em facilitar o processo de remodelagem das proteínas musculares que sustenta a hipertrofia da musculatura. Segundo, o papel do O3FA na preservação da massa magra corporal durante condições catabólicas como na perda de peso ou na imobilização induzida por lesão, e a terceira, o papel do O3FA em facilitar o reparo muscular durante o período de recuperação de exercícios intensos. Este artigo é concluído destacando as lacunas existentes no conhecimento sobre este tópico e sugerindo um direcionamento para as pesquisas futuras relacionadas ao O3FA, adaptações aos treinos e recuperação de exercícios em atletas. Como nota de cautela, um baixo número de estudos neste campo foi conduzido em populações de atletas de elite. Portanto, a avaliação crítica do papel do O3FA na promoção das adaptações aos treinamentos e na recuperação dos exercícios, deve basear-se principalmente na extrapolação de estudos com indivíduos que treinam de maneira recreacional ou não-treinados, assim como de estudos em animais e experimentos conduzidos em culturas celulares (Da Boit et al., 2017a; McGlory et al., 2019b; Philpott et al., 2019a).



**Figura 1.** Fundamentos e eficácia da ingestão de ácidos graxos ômega-3 para reduzir danos musculares, acelerar o reparo muscular e promover a remodelagem da musculatura durante a recuperação do exercício. O3FA = ácidos graxos ômega-3; EPA = ácido eicosapentaenóico; DHA = ácido docosahexaenóico; SPM = síntese de proteína muscular; mTORC1-p70S6k1 = proteína alvo mecânico da rapamicina 1.

## ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3 E HIPERTROFIA MUSCULAR

### Síntese de proteína muscular e sinalização celular anabólica

O tecido muscular esquelético é constantemente remodelado através dos processos metabólicos simultâneos da síntese de proteína muscular (SPM) e a quebra de proteína muscular (QPM), chamados de forma conjunta de “turnover proteico muscular”. Esta renovação contínua de proteínas da musculatura serve para degradar proteínas musculares velhas e/ou danificadas, sintetizar proteínas musculares novas, mais funcionais, para manter a massa e a qualidade da musculatura esquelética. O principal condutor metabólico da hipertrofia muscular, de relevância particular para os atletas de força e explosão, é um maior estímulo da SPM, especialmente das proteínas miofibrilares contráteis (como a actina, a miosina e a tropomiosina), em resposta aos treinos com exercícios de resistência e à ingestão de proteínas (McGlory & Phillips, 2014).

O processo metabólico da SPM é regulado no nível molecular pela atividade das proteínas de sinalização anabólica da via da proteína alvo mecânico da rapamicina 1 (mTORC1) que acontece na própria célula muscular (Kimball et al., 1998). Assim, as estratégias nutricionais que visam provocar um gatilho desta cascata de sinalização celular anabólica e maximizar a resposta da SPM (e por extensão a resposta hipertrófica muscular) aos exercícios de

resistência em populações atléticas têm focado principalmente na manipulação da dose por refeição/porção, nas fontes ou no momento da ingestão de proteínas (Witard et al., 2016). O conjunto de trabalhos tem fornecido, e continua a fornecer, uma visão prática considerável em termos de maximizar a resposta hipertrófica muscular à ingestão de proteínas.

Outro assunto de interesse, e talvez mais atual, em relação à modulação nutricional da massa muscular diz respeito à interação das proteínas com outros nutrientes no sentido de aumentar a utilização das proteínas ingeridas para a SPM. Enquanto a capacidade dos carboidratos em aumentar a resposta da SPM às proteínas ingeridas foi estudado detalhadamente (Staples et al., 2011), o papel dos ácidos graxos no aumento da utilização das proteínas ingeridas para a SPM recebeu atenção apenas recentemente. Neste sentido, achados de dois estudos experimentais de referência em adultos jovens e mais velhos despertou um interesse considerável na possível “ação anabólica” do ômega-3 na musculatura (Smith et al., 2011a; Smith et al., 2011b). Estes estudos metabólicos significativos com validação de conceito (por exemplo, estabelecidos para avaliar uma hipótese de trabalho ao invés de apenas simular um contexto real), severamente controlados, mediram taxas da SPM sob condições basais (jejum e em repouso) e simularam condições de um “estado alimentado” antes e após 8 semanas da suplementação com O3FA derivado do óleo de peixe (4 g/dia) (1,86 g/dia de EPA, 1,50 g/dia

de DHA). Aminoácidos e insulina foram injetados de maneira intravenosa na corrente sanguínea para simular a ingestão de uma refeição rica em proteínas, com diferentes macronutrientes. Enquanto a resposta basal da SPM não foi modulada pelo O3FA, a estimulação da SPM induzida pela alimentação foi maior em 30-60% após a suplementação com O3FA. Além disso, o estado de fosforilação das proteínas intramusculares de sinalização celular conhecidas por aumentarem a SPM (exemplo, mTORC1-p70S6k1) foi maior em resposta à alimentação simulada após a suplementação com O3FA. Outra observação interessante apesar de baseada em dados gerados *in vitro* utilizando modelos celulares, sugere que o EPA, ao invés do DHA, é a espécie ativa do O3FA no aumento da regulação da resposta da SPM ao estímulo anabólico (leucina) (Kamolrat and Gray, 2013). Em conjunto, estes dados preliminares sugerem que a ação anabólica do O3FA é mediada via um mecanismo indireto (ao invés de exercer um efeito anabólico direto), com o O3FA, e principalmente o EPA, sensibilizando a musculatura esquelética a um potente estímulo anabólico, assim como acontece com os aminoácidos e com a insulina.

O mecanismo mais comumente proposto para explicar essa “ação preparatória” indireta do O3FA no estímulo da SPM envolve a incorporação direta do O3FA na membrana fosfolipídica da musculatura esquelética. Em consistência com esta ideia, um estudo recente relatou um aumento de ~100% na composição de O3FA (principalmente EPA) nos fosfolípidos da musculatura esquelética após 4 semanas de suplementação com altas doses de O3FA (~5 g/dia; ~3g EPA e ~2g DHA) (McGlory et al., 2014). Neste estudo, as modificações estruturais na membrana fosfolipídica da célula muscular também coincidiu com uma maior fosforilação da mTORC1, uma proteína de sinalização celular nutriente-sensível, e da quinase de adesão focal, uma proteína mecanicamente sensível conhecida por regular a SPM. Em contraste, nenhuma alteração nas concentrações do fator de necrose tumoral alfa ou da proteína-C reativa, como marcadores sistêmicos de inflamação, foi observada em um período de 8 semanas de suplementação com O3FA (Smith et al., 2011b). Consequentemente, baseando-se no conhecimento existente, o principal mecanismo que sustenta a possível ação anabólica do O3FA está relacionado com a modificação do perfil lipídico da membrana fosfolipídica celular que posteriormente aumenta a regulação da atividade das proteínas de sinalização celular anabólica, em oposição a uma resposta anti-inflamatória. Como esta alteração na composição da membrana fosfolipídica da musculatura age exatamente aumentando a regulação da sinalização celular anabólica permanece ainda sem elucidação completa e necessita de investigação por parte de cientistas com experiência em metodologia lipodômica (estudo em grande escala das vias e redes de lípidos celulares).

Nos anos recentes, nós (McGlory et al., 2016) e outros (Lalia et al., 2017) pesquisadores estendemos estes estudos com validação de conceitos para investigar o potencial anabólico do O3FA utilizando desenhos experimentais que simulam de maneira mais próxima às práticas nutricionais e de treinamentos dos atletas de elite. Ao invés de administrar aminoácidos e insulina de forma intravenosa para simular a alimentação, o estímulo anabólico incluiu uma dose ingerida via oral da proteína intacta, uma refeição padronizada com diversos macronutrientes e/ou uma, ou mais sessões de exercícios de resistência. Com base nas informações das observações de experimentos fundamentados em células (Kamolrat and Gray, 2013), estes estudos administraram um protocolo de suplementação com uma dose alta (3-5 g/dia) de óleo de peixe que era rico em EPA. Nós demonstramos que a suplementação por 8 semanas com O3FA (3,5 g/dia EPA) derivado do óleo de peixe (5 g/dia) falhou em modular a resposta da SPM à ingestão de bolus de 30g de Whey Protein (0,35 g/kg de massa corporal) tanto em condição de repouso como condições pós-exercício em jovens adultos treinados

(McGlory et al., 2016). E ainda, quando se ingere uma dose de proteína conhecida por estimular a resposta máxima da SPM, a suplementação com O3FA parece não conferir vantagem em termos de aumentar a resposta anabólica da musculatura. Desta forma, é concebível que a dose ingerida, de 30g do Whey Protein, neste estudo tenha saturado o “maquinário” de síntese de proteína muscular (Witard et al., 2014). Portanto, trabalhos futuros são necessários para investigar a influência da ingestão de O3FA na resposta da SPM à ingestão de doses sub-ótimas de proteínas. No que diz respeito à prática aplicada, estes dados podem revelar um papel do O3FA contexto-específico em facilitar a remodelagem das proteínas da musculatura esquelética caso o atleta não consiga tolerar a ingestão de uma dose ideal (~0,3 g/kg) de proteínas durante a recuperação de exercícios.

## MASSA MUSCULAR E FORÇA

Apesar das medidas da SPM fornecerem um marcador significativo “padrão ouro” do crescimento muscular, a ação anabólica do O3FA também foi investigada utilizando desenhos de estudos longitudinais (Da Boit et al., 2017a; Smith et al., 2015). Estes estudos longitudinais medem diretamente as alterações na massa muscular e a força em resposta a um período de suplementação com O3FA, como resumido em uma revisão sistemática recente (Heileson e Funderburk, 2020). A maioria destes estudos foram conduzidos em coortes de adultos mais velhos e, no geral, forneceram resultados promissores, particularmente em mulheres mais velhas (Da Boit et al., 2017a; Smith et al., 2015). Por exemplo, Da Boit et al. (2017a) relatou que a melhora na força muscular (mas não na massa muscular) após 18 semanas com treinos de resistência foi maior com a suplementação com O3FA em mulheres mais velhas. No entanto, este benefício da ingestão de O3FA não foi observado em homens mais velhos. Em consistência com esta observação, a suplementação com O3FA (2 g/dia de óleo de peixe) durante 13 semanas com treinos de resistência resultou em maiores ganhos de força em comparação com o treino isoladamente (Rodacki et al., 2012). Por conseguinte, estudos futuros são necessários para confirmar esta aparente diferença entre os sexos na resposta adaptativa da musculatura aos treinamentos de resistência com a ingestão de O3FA e, além disso, determinar os mecanismos que fundamentam este aparente dimorfismo sexual na resposta à ingestão de O3FA.

Em comparação aos adultos mais velhos, relativamente poucos estudos mediram as alterações na massa muscular e/ou na força com a suplementação com O3FA em populações atléticas mais jovens. As evidências existentes, para homens e mulheres acostumados com os treinos, são menos promissoras com aumentos insignificantes (Couet et al., 1997), ou na melhor das hipóteses mínimos (exemplo, 0,2 – 0,5 kg) (Noreen et al., 2010), na massa magra corporal relatada em um período de 3-6 semanas com suplementação com O3FA. Além disso, nós não encontramos melhora na força ou na explosão quando jogadores de futebol do sexo masculino e feminino do nível competitivo suplementaram suas dietas com O3FA por um período típico de treinamento de 4 semanas (Gravina et al., 2017). De maneira geral, a noção de que o O3FA ofereça uma estratégia nutricional efetiva para aumentar o anabolismo muscular é principalmente respaldada pelos dados gerados em populações adultas mais velhas, que apresentam uma saúde mais comprometida, e que podem ser consideradas mais resistentes ao estímulo anabólico do exercício de resistência e à ingestão de proteínas. Ao contrário, a eficácia da ingestão do O3FA na promoção da resposta hipertrófica muscular aos exercícios de treinamentos em atletas de elite parece ser fraca, pelo menos considerando-se que o atleta siga as diretrizes nutricionais esportivas padrão como auxílio na construção de massa muscular, como, por exemplo, um balanço energético positivo e uma ingestão suficiente de proteínas da dieta.

## ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3 E PRESERVAÇÃO DA MASSA MUSCULAR DURANTE CONDIÇÕES CATABÓLICAS

### Desuso muscular induzido por lesão

Recentemente, o interesse no O3FA por uma perspectiva centrada na musculatura expandiu-se para explorar o papel “protetor” do O3FA durante as condições catabólicas (McGlory et al., 2019b). No que diz respeito à aplicação prática, estes estudos podem ser traduzidos ao atleta lesionado (por exemplo, fratura da perna) que é forçado a permanecer com algum membro corporal imobilizado por um longo período e apresenta um consequente desuso muscular. A atrofia muscular associada a períodos de desuso muscular é devida, em parte, a uma estimulação da SPM prejudicada em resposta à ingestão de proteínas (Wall et al., 2013), um conceito frequentemente conhecido como “resistência anabólica muscular”. Curiosamente, atletas do sexo feminino parecem estar mais suscetíveis aos períodos de desuso muscular já que são ~3 vezes mais propensas de sofrer lesões no ligamento cruzado anterior, em comparação com seus pares do sexo masculino (Prodomos et al., 2007).

Consequentemente, um estudo sofisticado recente investigou a influência da suplementação com O3FA (3 g/dia EPA, 2 g/dia de DHA) nas alterações na massa muscular e nas taxas da SPM após um período de 2 semanas com a perna engessada, em mulheres jovens treinadas (McGlory et al., 2019a). A massa magra da perna foi reduzida em 6% do momento anterior até após a imobilização, no grupo controle (óleo de girassol), no entanto, não houve alteração na massa magra da perna em nenhum momento no grupo com suplementação com O3FA. Além disso, após 2 semanas de reabilitação, o volume muscular retornou aos níveis de referência com a suplementação com O3FA, mas permaneceu abaixo do valor de referência no grupo controle. Acompanhando a retenção do volume muscular durante a simulação da atrofia por desuso muscular houve uma resposta maior da SPM tanto na interrupção imediata da imobilização da perna quanto após 2 semanas de remobilização. Curiosamente, neste estudo a suplementação com O3FA não conferiu um efeito protetor em relação ao declínio da força muscular. Desta forma, estes dados sustentam um papel do O3FA em relação à pré-regeneração/reabilitação, durante períodos de curta duração com a presença de desuso muscular induzido por lesão, que são lugar-comum especialmente em muitos esportes que envolvem equipes. Como nota de cautela, este estudo foi conduzido em um contexto de atrofia por desuso muscular classificado como simples, sem as complicações inerentes que acompanham lesões como a inflamação excessiva e uma resposta amplificada ao estresse (alta taxa de cortisol). Portanto, estudos futuros que reproduzam de maneira mais próxima às lesões reais são necessários para elucidar completamente o papel do O3FA na preservação da massa muscular durante uma lesão, e provavelmente irão incluir um maior número de pesquisas mais sensíveis com desenhos do tipo estudo-de-caso (exemplo, assim que o atleta se lesiona).

### PERDA DE PESO DE QUALIDADE

Outra aplicação prática da ingestão do O3FA no contexto de “proteger” a massa muscular durante um cenário catabólico diz respeito aos atletas que visam a “perda de peso de qualidade”, definida aqui como a perda de massa de gordura e preservação da massa muscular durante a restrição calórica (Witard et al., 2019). Por exemplo, os atletas que participam de esportes com categorias por peso, de esportes que demandam uma alta razão específica entre força e massa, ou de esportes estéticos, provavelmente terão grande interesse nos possíveis efeitos “protetores” do O3FA, durante os períodos catabólicos de balanço energético negativo. Nosso recente estudo examinou a influência da

suplementação com O3FA durante 2 semanas de balanço energético negativo nas alterações na massa magra corporal (MMC) e na massa de gordura em atletas de resistência treinados (Philpott et al., 2019b). Os atletas (n=20) foram submetidos a 2 semanas de restrição calórica de 40%, com metade dos participantes recebendo suplementação com bebida contendo O3FA duas vezes ao dia, diariamente, e os outros participantes recebendo suplementação com placebo com carboidratos, enquanto continuavam seus programas habituais de treinos. Após 2 semanas de suplementação, os participantes perderam quantidades semelhantes de massa corporal, MMC e massa de gordura, independente da condição da dieta. Até o momento, este é o único estudo do nosso conhecimento que investigou a influência do O3FA nas alterações na composição corporal durante a perda de peso em atletas. Embora estes dados iniciais não apoiem o papel de aumentar a ingestão de O3FA durante períodos de restrição calórica, estudos futuros são necessários para examinar o impacto da ingestão de O3FA na atrofia muscular em períodos mais longos de restrição energética em atletas.

### ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3 E REPARO MUSCULAR

O período inicial de 96 horas após a prática de exercícios é comumente definido como o período de recuperação aguda do exercício e é considerado crucial na otimização da performance atlética subsequente e, na minimização do risco de lesões nos tecidos moles. A justificativa biológica para investigar a influência da ingestão do O3FA na recuperação aguda do exercício deve ser considerada por duas razões. Primeiramente, o O3FA tem o potencial de limitar a severidade do dano da fibra muscular que ocorre após exercícios de alta intensidade, e que consistem em contrações musculares repetidas baseadas em movimentos excêntricos. Em teoria, a incorporação direta do EPA e DHA na membrana fosfolipídica após a ingestão de O3FA serve para aumentar a integridade estrutural da membrana da célula muscular, portanto, limitando a severidade do dano muscular induzido pelo exercício. Segundo, o O3FA tem o potencial de acelerar o processo de reparo muscular por atenuar a resposta inflamatória ao exercício que causa danos musculares (Calder, 2006).

### ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Uma série de estudos em laboratório examinaram a influência do O3FA na função muscular, percepção da dor muscular e marcadores indiretos de danos musculares (por exemplo, concentrações de creatina-quinase sanguínea (CK)) durante a recuperação aguda (0-72 horas) do exercício excêntrico. Em geral, os resultados dos estudos podem ser considerados contraditórios com alguns estudos (Jouris et al., 2011; Tartibian et al., 2010), mas não todos (McKinley-Barnard et al., 2018), relatando uma melhor manutenção da função muscular, menos dor muscular, e redução de danos musculares durante a recuperação do exercício com a suplementação com O3FA. Esta discrepância nos resultados pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo diferenças no desenho experimental, variação nas dosagens (2-4 g/dia) e duração da suplementação com O3FA (7-8 semanas).

### ESTUDOS APLICADOS

Enquanto estudos em laboratório fornecem evidências moderadas para o papel do O3FA em acelerar a recuperação de exercícios, a aplicação direta destes dados aos atletas deve ser considerada com cautela por diversas razões. Primeiramente, estes estudos normalmente são realizados em indivíduos não-treinados conhecidos por apresentarem um nível máximo de danos musculares por não estarem acostumados ao programa de exercícios. Segundo, o protocolo para os danos musculares (dinamometria isocinética) não simula os movimentos esportivos, como rápidas alterações na direção e/ou desaceleração



repentina, que causam danos musculares. Terceiro, a relevância prática das medidas da função muscular (utilizando dinamometria isocinética etc.) para a performance esportiva é baixa.

Em uma tentativa de abordar estas limitações, nós recentemente conduzimos mais estudos aplicados em jogadores de futebol sub-elite (Philpott et al., 2018) e em jogadores profissionais de rugby (Black et al., 2018). Durante o período de 72 horas após o exercício com ocorrência de danos musculares, os jogadores de futebol no grupo com suplementação com O3FA relataram níveis reduzidos de dores musculares. O grupo com suplementação com O3FA também apresentou uma redução nas concentrações da CK sanguínea em comparação com as condições placebo (Whey Protein ou Carboidratos). Desta forma, estes dados implicam que a suplementação com O3FA protegeu as células musculares do protocolo de danos musculares e teoricamente os jogadores de futebol apresentaram danos musculares reduzidos durante o exercício. Contudo, a aplicação desta resposta fisiológica da suplementação com O3FA para a performance esporte-específica permanece incerta. Enquanto foi observada uma melhora na performance de testes de salto contramovimento (CMJ) com a suplementação com O3FA em jogadores profissionais da União de Rugby durante 5 semanas dos treinos pré-temporada, nenhum impacto da ingestão de O3FA foi relatado em testes de performance no futebol, como o teste de recuperação intermitente “Yo-Yo” (teste de campo da capacidade aeróbica, específico ao futebol), ou o teste de passes Loughborough para o futebol. Mais pesquisas são necessárias para investigar o impacto da ingestão de O3FA em um contexto específico aos esportes (como, após uma simulação de partida de futebol).

## RESUMO E APLICAÇÕES PRÁTICAS

Resumindo, uma atenção considerável por parte das pesquisas foi dada recentemente para a eficácia da ingestão de O3FA para acelerar a recuperação no período pós-exercício e promover a adaptação muscular aos exercícios dos treinamentos. As evidências validando o papel do O3FA na promoção da massa muscular e na adaptação de força para os atletas parecem ser fracas. Além disso, os resultados iniciais não apoiam um papel para a maior ingestão de O3FA durante períodos de restrição calórica quando o objetivo do atleta é uma perda de peso de alta qualidade. Evidências iniciais respaldam o papel do O3FA na recuperação da musculatura e na prevenção/reabilitação de lesões em populações atléticas, porém mais trabalhos são necessários em um contexto real dos atletas de elite, por exemplo, estudos de caso com atletas lesionados. Pesquisas futuras também são necessárias para o melhor entendimento de uma dose ideal de O3FA e/ou a proporção de EPA para DHA em relação à adaptação e recuperação muscular em uma série de contextos esportivos.

## REFERÊNCIAS

Black, K.E., O.C. Witard, D. Baker, P. Healey, V. Lewis, F. Tavares, S. Christensen, T. Pease, and B. Smith (2018).

Adding omega-3 fatty acids to a protein-based supplement during pre-season training results in reduced muscle soreness and the better maintenance of explosive power in professional Rugby Union players. *Eur. J. Sport. Sci.* 18:1357-1367.

Calder, P.C. (2006). Polyunsaturated fatty acids and inflammation. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids* 75:197-202.

Calder, P.C. (2012). Mechanisms of action of (n-3) fatty acids. *J. Nutr.* 142:592S-599S.

Calder, P.C. (2015). Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *J. Parenter. Enteral Nutr.* 39:18S-32S.

Couet, C., J. Delarue, P. Ritz, J.M. Antoine, and F. Lamisse (1997). Effect of dietary fish oil on body fat mass and basal fat oxidation in healthy adults. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 21:637-643.

Da Boit, M., R. Sibson, S. Sivasubramaniam, J.R. Meakin, C.A. Greig, R.M. Aspden, F. Thies, S. Jeromson, D.L. Hamilton, J.R. Speakman, C. Hambly, A.A. Mangoni, T. Preston, and S.R. Gray (2017a). Sex differences in the effect of fish-oil supplementation on the adaptive response to resistance exercise training in older people: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 105:151-158.

Da Boit, M., A.M. Hunter, and S.R. Gray (2017b). Fit with good fat? The role of n-3 polyunsaturated fatty acids on exercise performance. *Metabolism* 66:45-54.

Gerling, C.J., K. Mukai, A. Chabowski, G.J.F. Heigenhauser, G.P. Holloway, L.L. Spriet, and S. Jannas-Vela (2019). Incorporation of omega-3 fatty acids into human skeletal muscle sarcolemmal and mitochondrial membranes following 12 weeks of fish oil supplementation. *Front. Physiol.* 10:348.

Gravina, L., F.F. Brown, L. Alexander, J. Dick, G. Bell, O.C. Witard, and S.D.R. Galloway (2017). n-3 fatty acid supplementation during 4 weeks of training leads to improved anaerobic endurance capacity, but not maximal strength, speed, or power in soccer players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 27:305-313.

Heilesen, J.L., and L.K. Funderburk (2020). The effect of fish oil supplementation on the promotion and preservation of lean body mass, strength, and recovery from physiological stress in young, healthy adults: a systematic review. *Nutr. Rev.* 78:1001-1014.

Jouris, K.B., J.L. McDaniel, and E.P. Weiss (2011). The effect of omega-3 fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise. *J. Sports Sci. Med.* 10:432-438.

Kamolrat, T., and S.R. Gray (2013). The effect of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid on protein synthesis and breakdown in murine C2C12 myotubes. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 432:593-598.

Kimball, S.R., R.L. Horetsky, L.S. and Jefferson (1998). Signal transduction pathways involved in the regulation of protein synthesis by insulin in L6 myoblasts. *Am. J. Physiol.* 274:C221-C228.

Lalia, A.Z., S. Dasari, M.M. Robinson, H. Abid, D.M. Morse, K.A. Klaus, and I.R. Lanza (2017). Influence of omega-3 fatty acids on skeletal muscle protein metabolism and mitochondrial bioenergetics in older adults. *Aging* 9:1096-1129.

McGlory, C., and S.M. Phillips (2014). Assessing the regulation of skeletal muscle plasticity in response to protein ingestion and resistance exercise: recent developments. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 17: 412-417.

McGlory, C., S.D. Galloway, D.L. Hamilton, C. McClintock, L. Breen, J.R. Dick, J.G. Bell, and K.D. Tipton (2014). Temporal changes in human skeletal muscle and blood lipid composition with fish oil supplementation. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids* 90:199-206.

McGlory, C., S.L. Wardle, L.S. Macnaughton, O.C. Witard, F. Scott, J. Dick, J.G. Bell, S.M. Phillips, S.D. Galloway, D.L. Hamilton, and K.D. Tipton (2016). Fish oil supplementation suppresses resistance exercise and feeding-induced increases in anabolic signalling without affecting myofibrillar protein synthesis in young men. *Physiol. Rep.* 4:e12715.

McGlory, C., S.H.M. Gorissen, M. Kamal, R. Bahniwal, A.J. Hector, S.K. Baker, A. Chabowski, and S.M. Phillips (2019a). Omega-3 fatty acid supplementation attenuates skeletal muscle disuse atrophy during two weeks of unilateral leg immobilization in healthy young women. *FASEB J.* 33:4586-4597.

McGlory, C., P.C. Calder, and E.A. Nunes (2019b). The influence of omega-3 fatty acids on skeletal muscle protein turnover in health, disuse, and disease. *Front. Nutr.* 6:144.

McKinley-Barnard, S.K., T.L. Andre, J.J. Gann, P.S. Hwang, and D.S. Willoughby (2018). Effectiveness of fish oil supplementation in attenuating exercise-induced muscle damage in women during midfollicular and midluteal menstrual phases. *J. Strength Cond. Res.* 32:1601-1612.

Noreen, E.E., M.J. Sass, M.L. Crowe, V.A. Pabon, J. Brandauer, and L.K. Averill (2010). Effects of supplemental fish oil on resting metabolic rate, body composition, and salivary cortisol in healthy adults. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 7:31.

Philpott, J.D., C. Donnelly, I.H. Walshe, E.E. MacKinley, J. Dick, S.D.R. Galloway, K.D. Tipton, and O.C. Witard (2018). Adding fish oil to whey protein, leucine, and carbohydrate over a six-week supplementation period attenuates muscle soreness following eccentric exercise in competitive soccer players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 28:26-36.

Philpott, J.D., O.C. Witard, and S.D.R. Galloway (2019a). Applications of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for sport performance. *Res. Sports Med.* 27:219-237.

Philpott, J.D., N.J. Bootsma, N. Rodriguez-Sanchez, D.L. Hamilton, E. MacKinley, J. Dick, S. Mettler, S.D.R. Galloway, K.D. Tipton, and O.C. Witard (2019b). Influence of fish oil-derived n-3 fatty acid supplementation on changes in body composition and muscle strength during short-term weight loss in resistance-trained men. *Front. Nutr.* 6:102.

Prodromos, C.C., Y. Han, J. Rogowski, B. Joyce, and K. Shi (2007). A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy* 23:1320-1325.

- Rodacki, C.L., A.L. Rodacki, G. Pereira, K. Naliwaiko, I. Coelho, D. Pequito, and L.C. Fernandes (2012). Fish-oil supplementation enhances the effects of strength training in elderly women. *Am. J. Clin. Nutr.* 95:428-436.
- Smith, G.I., P. Atherton, D.N. Reeds, B.S. Mohammed, D. Rankin, M.J. Rennie, and B. Mittendorfer (2011a). Dietary omega-3 fatty acid supplementation increases the rate of muscle protein synthesis in older adults: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 93:402-412.
- Smith, G.I., P. Atherton, D.N. Reeds, B.S. Mohammed, D. Rankin, M.J. Rennie, and B. Mittendorfer (2011b). Omega-3 polyunsaturated fatty acids augment the muscle protein anabolic response to hyperinsulinaemia-hyperaminoacidaemia in healthy young and middle-aged men and women. *Clin. Sci.* 121:267-278.
- Smith, G.I., S. Julliard, D.N. Reeds, D.R. Sinacore, S. Klein, and B. Mittendorfer (2015). Fish oil-derived n-3 PUFA therapy increases muscle mass and function in healthy older adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 102:115-122.
- 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.
- Taribian, B., B.H. Maleki, and A. Abbasi (2010). The effects of omega-3 supplementation on pulmonary function of young wrestlers during intensive training. *J. Sci. Med. Sport* 13:281-286.
- Wall, B.T., T. Snijders, J.M. Senden, C.L. Ottenbros, A.P. Gijzen, L.B. Verdijk, and L.J. van Loon (2013). Disuse impairs the muscle protein synthetic response to protein ingestion in healthy men. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 98:4872-4881.
- Witard, O.C., S.R. Jackman, L. Breen, K. Smith, A. Selby, and K.D. Tipton, K.D. (2014). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* 99:86-95.
- Witard, O.C., S.L. Wardle, L.S. Macnaughton, A.B. Hodgson, and K.D. Tipton (2016). Protein considerations for optimising skeletal muscle mass in healthy young and older adults. *Nutrients* 8:181.
- Witard, O.C., I. Garthe, and S.M. Phillips (2019). Dietary protein for training adaptation and body composition manipulation in track and field athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 29:165-174.