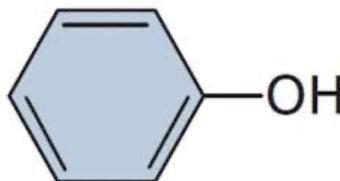


Uso de antioxidantes naturais no aumento da performance esportiva



Os Compostos Bioativos de Alimentos (CBA) compreendem uma vasta classe de substâncias, entre elas os polifenóis, com diferentes estruturas químicas, e exercem efeitos fisiológicos nos indivíduos que os consomem, como ação antioxidante e anti-inflamatória

O uso de suplementos á base de CBAs vem crescendo, assim como as pesquisas sobre suas propriedades. Existem vários tipos de CBAs, com uma enorme variedade de funções, sendo os polifenóis os mais abundantes



Devido às capacidades anti-inflamatória, antioxidante e imunorreguladora demonstradas por alguns desses compostos, eles têm sido investigados no contexto do exercício físico

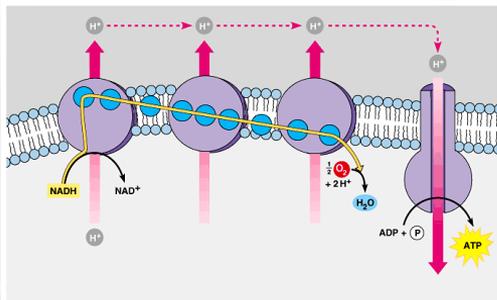


O exercício físico pode induzir lesões significativas no tecido muscular esquelético, levando a uma conseqüente queda no desempenho. A regeneração muscular leva tempo e, hipoteticamente, a magnitude da lesão celular (durante o exercício e a fase inflamatória) pode ser excessiva e dificultar a fase de recuperação

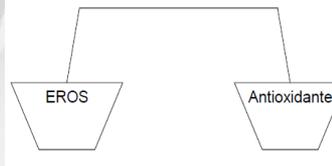


Fosforilação oxidativa

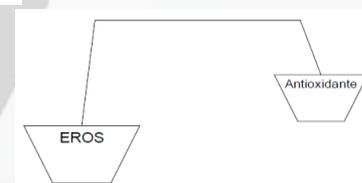
Formação de ATP na cadeia transportadora de elétrons na presença de O_2



• Situações fisiológicas:



• Estresse oxidativo:



Principais radicais livres:

- **Superóxido (O_2^-)**
- **Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2)**
- **Radical Hidroxila (OH)**

Os CBAs compreendem uma imensa classe de substâncias com diferentes estruturas químicas, e exercem efeitos fisiológicos nos indivíduos que os consomem

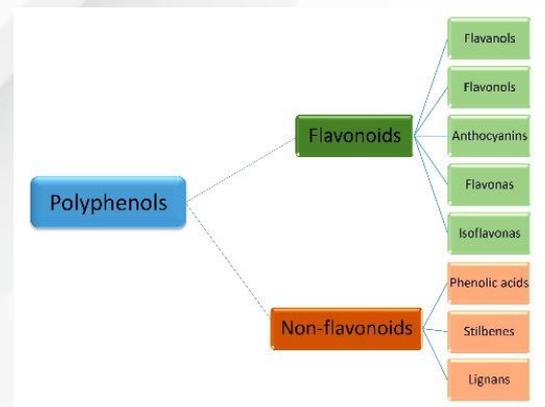
Os efeitos fisiológicos positivos dos compostos estão relacionados à proteção contra as DCNT, especialmente doenças cardiovasculares e câncer. Os efeitos negativos estão relacionados à toxicidade ou potencial alergênico, dependendo da dose e biodisponibilidade da substância

As principais fontes alimentares desses compostos são frutas, verduras, vinhos, chás, temperos e especiarias, não havendo ainda recomendações diárias para sua ingestão

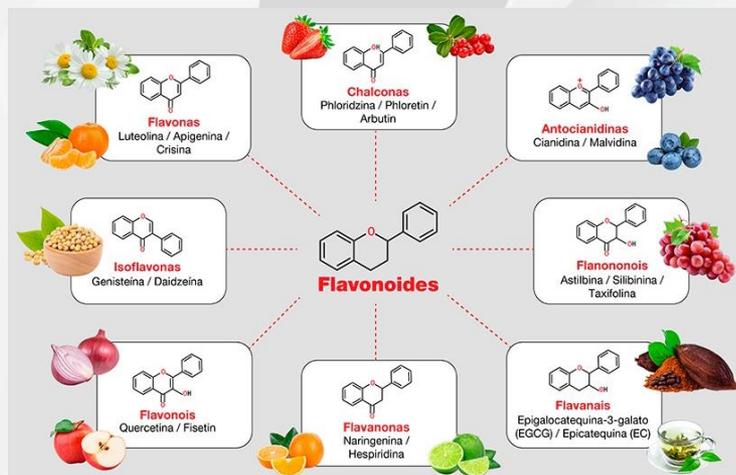
Existem 11 grandes grupos de CBAs, classificados de acordo com sua estrutura química e funcionalidade

- ❖ **Ácidos graxos poli-insaturados;**
- ❖ **Alcalóides;**
- ❖ **Peptídeos;**
- ❖ **Polifenóis;**
- ❖ **Polissacarídeos;**
- ❖ **Triterpenos;**
- ❖ **Todos os terpenóides de plantas, bactérias, fungos e animais;**
- ❖ **Capsaicinóides**
- ❖ **Fitoesteróis, produzidos exclusivamente por plantas;**
- ❖ **Carotenóides e tocoferóis, disponíveis em plantas e fungos;**
- ❖ **Glucosinolatos, sintetizados por plantas e bactérias**

A ação antioxidante direta (neutralização dos radicais livres) ou indireta (melhora da capacidade antioxidante) são alguns destaques dos efeitos fisiológicos dos polifenóis. Estudos in vitro também demonstram atividade anti-inflamatória e propriedades imunorreguladoras. Como a absorção de polifenóis está condicionada à constituição saudável da microbiota intestinal e a biodisponibilidade desses compostos varia muito, os efeitos demonstrados in vitro são questionados em humanos



Os flavonoides são a classe mais abundante e estudada. Seu efeito fisiológico mais conhecido é o antioxidante. Essa classe de compostos é responsável pelas colorações vermelha, azul, laranja e arroxeadas e suas funções no reino vegetal envolvem proteção contra patógenos e radiação ultravioleta



Os polifenóis não flavonoides são ácidos fenólicos, estilbenos e lignanas. Em relação aos estilbenos, o resveratrol é estudado por funções que envolvem o sistema imunológico, proteção neural, efeitos antitumorais e antioxidantes. As principais fontes alimentares de resveratrol são uvas, frutas e vegetais roxos e amendoim



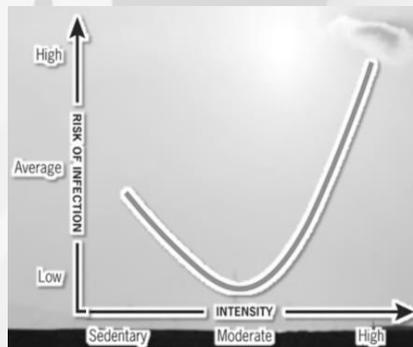
Durante o exercício físico, tanto em indivíduos treinados quanto em sedentários, é possível observar um breve aumento no número de leucócitos circulantes

Exercício moderado pode proteger o organismo dos efeitos deletérios dos radicais livres

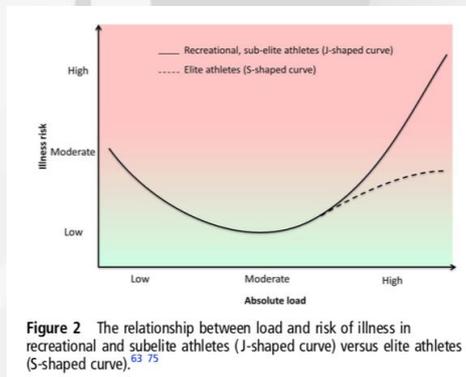


Aumenta a capacidade antioxidante celular

Por outro lado, o exercício extenuante por períodos prolongados tem o efeito oposto. Após correr uma maratona, é gerado um quadro de imunossupressão, caracterizado por diminuição acentuada do número de células T, células NK circulantes e neutrófilos, diminuição de suas atividades e funções, além de diminuição da concentração salivar de IgA



No contexto acima, postulou-se a teoria do período de “janela aberta” após a realização de exercícios extenuantes. O período 'Janela Aberta' está relacionado ao momento após exercícios exaustivos que podem durar de 3h a 72h dependendo dos parâmetros analisados, durante o qual se observa uma menor funcionalidade do sistema imunológico, aumentando o risco e a probabilidade de infecções oportunistas, principalmente infecções do trato respiratório superior

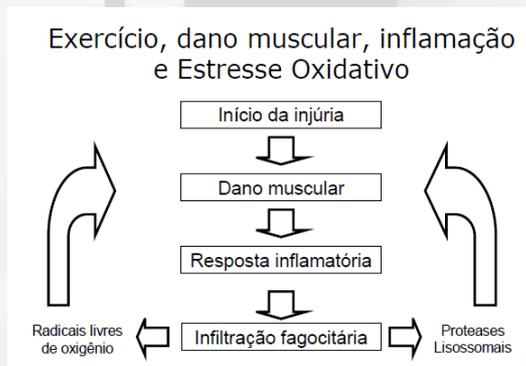


A intensidade e a duração do exercício físico são fatores determinantes para diferentes alterações no sistema imunológico. Estudos mostram que o treinamento aeróbico moderado (30 a 60 min, 3 a 5 dias por semana em uma intensidade entre 60 e 80% do VO₂ máx), ao contrário de outras intensidades e volumes, resulta em uma melhora do sistema imunológico na face inflamação, na capacidade de atividade fagocitária de neutrófilos e monócitos



Sistema imunológico e recuperação muscular após o exercício

A prática de exercício físico pode induzir lesões significativas no tecido muscular esquelético, levando a uma conseqüente queda no desempenho, ou seja, perda da funcionalidade muscular. Resolver a lesão muscular é fundamental para restaurar o desempenho muscular. Para isso, durante e após o exercício físico, são liberados metabólitos do tecido muscular danificado (como CK, LDH, troponina e complemento C4) que atuam como padrões moleculares associados ao dano



Sistema imunológico e recuperação muscular após o exercício

A secreção de CK acima dos níveis normais tem sido associada ao baixo desempenho físico em atletas e pacientes clínicos. CK elevada no plasma sanguíneo ocorre principalmente após exercícios não habituais ou protocolos de exercícios com levantamento de peso, exercícios excêntricos e exercícios prolongados (por exemplo, ultramaratonas)

Indivíduos bem treinados ou acostumados a exercícios repetidos para induzir dano muscular apresentaram menor liberação de CK muscular na corrente sanguínea e menor diminuição do desempenho do que indivíduos não treinados ou desacostumado

As estratégias de suplementação diminuem o dano muscular após o exercício físico que induz dano muscular. Além disso, é bem conhecido que os CBAs aumentam o desempenho atlético, como creatina, taurina, citrulina e nitrato, e também diminuem o dano muscular por meio de mecanismos antioxidantes e anti-inflamatórios

Sistema imunológico e recuperação muscular após o exercício

Portanto, estratégias que possam acelerar o processo de regeneração muscular e manter maior controle do equilíbrio pró/anti-inflamatório após o exercício podem contribuir para o restabelecimento mais rápido da homeostase muscular e imunológica. Estratégias de imunonutrição para combater esses efeitos deletérios no sistema imunológico foram propostas. Nos próximos slides, serão discutidos alguns vários suplementos de CBAs que podem influenciar o processo de reparo tecidual e recuperação muscular após o exercício



O cacau é rico em flavonoides e recebe atenção especial tanto por sua palatabilidade com boa aceitação oral quanto por sua composição química que atende a uma boa proporção de catequinas, epicatequinas e galocatequinas, conferindo a esse alimento um interessante potencial antioxidante. Os estudos selecionados nesta revisão utilizaram a suplementação de cacau “in natura”, seja bebida ou chocolate.

Com relação ao desempenho, Patel, Brouner e Spendiff encontraram um aumento de 13% na distância percorrida em um teste de contra-relógio após 14 dias de suplementação comercial de chocolate amargo (rico em epicatequina) quando comparado ao placebo, ambos 40 g em homens treinados

A suplementação aguda (1,5 h ou 3 h antes do exercício) de 900 mg CF de cacau em pó em uma bebida versus 15 mg CF na bebida placebo em homens treinados melhorou a capacidade antioxidante total do plasma após um teste de contra-relógio

Esse resultado também foi observado com uma dose menor de CF (247 mg) em homens não treinados, que consumiram 100 g de chocolate amargo 2 h antes do exercício aeróbico de baixa intensidade

Processos inflamatórios decorrentes da prática de exercício físico podem levar ao desenvolvimento de dores musculares, comprometendo a recuperação dos atletas. Este processo também depende da magnitude do dano causado pelo treinamento. Assim, modular as citocinas inflamatórias e contribuir para a redução do dano muscular são estratégias importantes para a recuperação pós-exercício

Diminuição da liberação de IL-6 (característica inflamatória) foi observada após exercício aeróbico em homens treinados que receberam 425 mg de CF (5 g de cacau em pó para ser dissolvido em leite semidesnatado) por 10 semanas em comparação ao placebo (5 g de maltodextrina)

Para homens não treinados que receberam uma dose menor de CF (74 mg) de suco de cacau por 7 dias e realizaram exercícios de resistência no dia 8, não foram observadas diferenças nos níveis de IL-6 em comparação com o placebo que recebeu uma bebida que não contém flavonóides

A suplementação de trinta dias com 40 g de chocolate amargo contendo 85% de cacau (799 mg de CF) em jogadores de futebol de elite teve um efeito protetor sobre o dano muscular. Em comparação com o grupo placebo que não recebeu chocolate, foram observados níveis mais baixos de creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH)

Antocianinas



Dentro do grupo dos flavonóides, as antocianinas são a classe mais abundante. São os pigmentos azul, roxo, vermelho e laranja que podem ser encontrados em diversas frutas e vegetais, dentre os quais os mais estudados são o morango, a cereja e a amora. O principal efeito fisiológico das antocianinas é a melhora da função endotelial e do estresse oxidativo, inibindo as enzimas COX-1 e COX-2. Por esta razão, a aplicação de antocianinas tem sido estudada em doenças como hipertensão e dislipidemia

O uso crônico (3,3 semanas) de 300 mg de antocianinas por mulheres treinadas na forma de suco de amora, resultou em uma diminuição do tempo de teste de contra-relógio em comparação com o placebo. Neste mesmo público, também em uso de suplementação crônica (6 semanas) de comprimidos de 100 mg de antocianinas, observou-se aumento do VO₂ máximo em relação aos comprimidos placebo de lactose

Um teste de tempo mais curto foi observado em homens treinados usando 257 mg de antocianinas, de cápsulas de cereja por 7 dias em comparação com o placebo. A suplementação de 116 mg de antocianinas de um suco comercial por 9 dias foi capaz de melhorar o VO₂ max de um homem treinado em um exercício de descida (-15%) por 30 min em comparação com uma solução isocalórica de maltodextrina

Em relação às dores musculares, foi realizado um estudo com homens treinados que consumiram 240 mL de um suco antioxidante duas vezes ao dia (116 mg antocianinas) durante 9 dias, resultando em menor percepção de dor muscular usando uma escala visual, bem como níveis mais baixos de CK avaliados 48 h e 96 h após o exercício em comparação com o grupo placebo.

Chá verde (*Cammelia sinensis*)

O chá verde é uma bebida muito popular, principalmente nos países orientais. Portanto, os estudos selecionados nesta revisão usaram a suplementação com extrato de *Cammelia sinensis* e não o CBAs isolado de chá verde. Seu uso é bastante difundido no meio esportivo devido aos seus benefícios na composição corporal, performance, recuperação e ação antioxidante



Chá verde (*Cammelia sinensis*)

As catequinas são os principais flavonoides do chá verde. Embora as catequinas desempenhem um papel importante nessa função, o chá verde contém outros componentes (como cafeína e carotenóides), clorofila, aminoácidos e lipídios que podem contribuir para os efeitos observados do exercício. A interação entre esses componentes deve ser considerada na análise final dos resultados.

Homens treinados que usaram 250 mg de extrato de chá verde em cápsulas por 4 semanas (200 mg de catequinas), ou placebo, realizaram um teste aeróbico e observaram melhora da capacidade antioxidante total e diminuição dos níveis de malondialdeído

A diminuição dos níveis de malondialdeído após o uso do chá verde foi observada em homens bem treinados (atletas de futebol de elite) que mantiveram suas atividades físicas habituais por 6 semanas e usaram 450 mg de extrato de suplemento de chá verde em comparação com um placebo

O uso de 250 mg de extrato de chá verde por 4 semanas após um teste aeróbico ou uma suplementação de 15 dias de 500 mg de extrato de chá verde seguindo um protocolo de exercícios de força até a exaustão levou a uma diminuição na concentração de CK após exercício

O efeito anti-inflamatório do chá verde após o exercício físico foi demonstrado em mulheres com sobrepeso que consumiram 500 mg de extrato de chá verde (225 mg EGCG) ou placebo por 8 semanas e seguiram um programa de treinamento aeróbico durante o estudo. Neste caso, observou-se uma diminuição nos níveis de hsPCR e um aumento nos níveis plasmáticos de adiponectina

O efeito anti-inflamatório também foi demonstrado em homens não treinados que consumiram 1 g de suplemento de extrato de chá verde (50-80 mg EGCG) por 28 dias ou um placebo e realizaram uma sessão de exercícios de força. Os níveis de IL-8 intramuscular foram menores no grupo que usou suplementação

A curcumina é um CBA derivado de polifenóis e está presente na cúrcuma. A curcumina possui propriedades bacterianas, antioxidantes e anti-inflamatórias. Além de demonstrar efeitos benéficas em doenças inflamatórias como Alzheimer, Parkinson, artrite reumatóide e diabetes



No estudo de McFarlin et, os autores encontraram um menor aumento de CK (-69%), assim como TNF- α (-23%) e IL-8 (-23%), após a suplementação de cápsulas contendo 400 mg de curcumina (1 vez ao dia) por seis dias em indivíduos de treinamento de resistência em comparação com o placebo

A suplementação aguda de doses semelhantes (450 mg pré-exercício) de um pó comercial dissolvido em água, Mallard et al. identificaram menores concentrações de lactato sanguíneo imediatamente após o exercício resistido em homens saudáveis, trazendo um possível papel, ainda pouco compreendido, da curcumina como tampão, atuando na modulação da acidose muscular

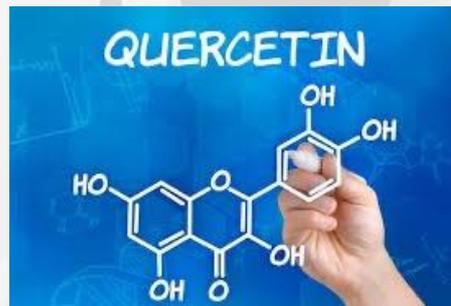
Outros estudos demonstraram o benefício da suplementação de curcumina em concentrações mais baixas de CK (~30% menor) após um protocolo de exercícios para induzir dano muscular em homens por meio de uma suplementação de 28 dias, mas com doses mais altas (1,5 g de extrato de curcumina por dia dividido em três 500 mg cápsulas por dia)

Segundo alguns autores, a suplementação com curcumina parece não apenas diminuir o curso dos sintomas relacionados às respostas inflamatórias, mas também contribuir para atenuar a magnitude do dano celular induzido pelo exercício resistido.

Tanabe et al. identificaram que o DMIT diminuiu após a suplementação de 180 mg de extrato de curcumina diariamente em 3 a 6 dias após o exercício de. Mallard et al observaram que a suplementação aguda de 450 mg de extrato de curcumina (30 min antes do exercício resistido) foi capaz de diminuir a DMIT 48 h e 72 h após o exercício, apesar do aumento de IL-6.

Uma dose maior de curcumina em cápsulas (5 g/dia) também foi utilizada por homens não treinados submetidos a uma sessão de treinamento que induziu dano muscular. As cápsulas foram consumidas 2,5 dias antes e 2,5 dias após o exercício. A atividade da CK foi menor 24 e 48 horas após o exercício no grupo curcumina, sugerindo que a suplementação pode atenuar o dano muscular

A quercetina é um flavonoide encontrado em alimentos como maçã, cebola, pimentão, couve, pera, espinafre, entre outros. A quercetina pode ajudar o corpo com propriedades antioxidantes e imunoprotetoras, modulando as respostas antioxidantes, bem como a produção de citocinas. Assim, em conjunto com os trabalhos atuais, a suplementação de quercetina é considerada uma estratégia para modular a resposta imune de atletas pela declaração de consenso do Comitê Olímpico Internacional e pode ser uma estratégia adicional para melhorar a recuperação muscular.



Um dos estudos recentes que investigou os efeitos da suplementação de quercetina na recuperação muscular foi o estudo de Bazzucchi et al, onde os autores ofereceram 1 g de quercetina em cápsulas (ou um placebo) por 14 dias para homens adultos fisicamente ativos e induziram dano muscular por meio de uma sessão de exercícios de resistência. Os autores identificaram reduções na CK e LDH no grupo quercetina em comparação com o placebo imediatamente após e 72 horas após o repouso

Utilizando o mesmo protocolo de suplementação e exercício, agora em homens não treinados, os mesmos autores também identificaram, em 2020, que a queda de CK e LDH parecia permanecer menor por um período maior (~96 h pós-exercício)

Além disso, estudos mais recentes demonstraram que a mesma quantidade de quercetina citada acima, no mesmo período e utilizando o mesmo protocolo de exercícios, parece modular os marcadores de lesão celular por um período mais longo. As concentrações de CK são menores no grupo quercetina 72 h e 96 h pós-exercício em comparação ao grupo placebo. Os níveis de LDH são mais baixos no grupo quercetina 48 h, 72 h, 96 h e 7 dias após o exercício. A suplementação de quercetina também modula a inflamação gerada pelo exercício físico, demonstrada pela diminuição das concentrações de IL-6 48 h e 72 h pós-exercício

O resveratrol é um estilbeno frequentemente encontrado nas uva e tem sido estudado ao longo dos anos como uma estratégia interessante para CBAs que traz benefícios à saúde do corpo humano. Estudos apontam que as propriedades do resveratrol podem auxiliar na modulação de doenças crônicas não transmissíveis, melhorando a sensibilidade à insulina, alterando a microbiota intestinal, além de atuar em outras funções, como modulação do estresse oxidativo, inflamação, processos de neurodegeneração e várias outras



Alguns trabalhos recentes têm investigado o uso do resveratrol, principalmente por meio da ingestão de suco de uva, sobre os efeitos do exercício físico. Martins e cols. identificaram que 400 mL/dia de suco de uva por 14 dias em 12 jogadores de voleibol masculino poderia ajudar a reduzir a peroxidação lipídica e os danos causados ao DNA em comparação com uma sessão de exercício físico capaz de induzir danos celulares aos músculos

Respostas semelhantes foram encontradas em outro estudo, com 20 judocas jovens, que consumiram os mesmos 400 mL/dia de suco de uva durante 14 dias; os atletas realizaram o Kimono Grip Strength Test (número máximo de repetições segurando o judogi), e após os testes, identificou-se menor peroxidação lipídica, menor dano ao DNA e menor atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD) para o grupo que consumiu suco de uva

