

O IMPACTO DO CONSUMO DE ÁLCOOL NA RECUPERAÇÃO MUSCULAR EM HOMENS APÓS EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE ENSAIOS CLÍNICOS RANDOMIZADOS

Henrique Subtil Sartori¹, Adriane Rosa Costodio², Karen Mello de Mattos Margutti³

RESUMO

Introdução e objetivo: O ambiente esportivo expõe o praticante a frequentes consumos de altas doses de álcool, geralmente após o exercício, o que pode ser prejudicial para as adaptações fisiológicas do tecido muscular, afetando o desempenho do atleta. Assim, este estudo visa avaliar através de uma revisão sistemática o impacto do consumo de álcool na recuperação muscular em homens após exercício físico. **Materiais e métodos:** Trata-se de uma revisão sistemática, realizada no período de agosto de 2023, nas bases de dados Pubmed e Lilacs. Foram incluídos ensaios clínicos com humanos do sexo masculino, publicados em português, inglês ou espanhol, nos últimos dez anos, correspondendo ao período de 2013 a 2023; abordando a relação entre o consumo de bebidas alcoólicas e massa muscular em atletas homens. Os estudos selecionados para a pesquisa utilizaram indivíduos adultos do sexo masculino, saudáveis e ativos fisicamente. **Resultados:** Foram encontrados 397 artigos e destes, permaneceram somente três artigos para a revisão sistemática. O consumo de etanol variou de 0,88 a 1,5 g/kg de peso. O impacto no músculo esquelético depende do exercício e da dose do álcool. Em geral, a ingestão aguda de álcool após o exercício não afeta a potência, força e dor na recuperação, porém reduz as taxas de síntese de proteínas musculares, sinalização de mTOR, autofagia e biogênese mitocondrial, prejudicando a adaptação muscular e o desempenho a longo prazo. **Conclusão:** Sugere-se prudência com o consumo de álcool após exercício físico, sempre buscando os nutrientes necessários para promover a recuperação adequada.

Palavras-chave: Etanol. Exercício físico. Homens. Músculo esquelético.

1 - Acadêmico do Curso de Nutrição da Área do Conhecimento de Ciências da Vida (VIDA) da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul-RS, Brasil.

ABSTRACT

The impact of alcohol consumption on muscle recovery in men after physical exercise: a systematic review of randomized clinical trials

Introduction and objective: The sporting environment exposes the practitioner to frequent consumption of high doses of alcohol, generally after exercise, which can harm the physiological adaptations of muscle tissue, affecting the athlete's performance. Therefore, this study aims to evaluate, through a systematic review, the impact of alcohol consumption on muscle recovery in men after physical exercise. **Materials and methods:** This is a systematic review, carried out in August 2023, in the Pubmed and Lilacs databases. Clinical trials with male humans, published in Portuguese, English or Spanish, in the last ten years, corresponding to the period from 2013 to 2023, were included; addressing the relationship between alcohol consumption and muscle mass recovery in male athletes. The studies selected for the research used healthy and physically active adult males. **Results:** 397 articles were found and only three articles were listed for the systematic review. Ethanol consumption ranged from 0.88 to 1.5 g/kg of weight. The impact on skeletal muscle depends on the exercise and dose of alcohol. In general, acute alcohol ingestion after exercise does not affect power, strength and pain during recovery, but it reduces the rates of muscle protein synthesis, mTOR signaling, autophagy and mitochondrial biogenesis, impairing muscle adaptation and long-term performance. **Conclusion:** It is recommended caution with alcohol consumption after physical exercise, always seeking the necessary nutrients to promote adequate recovery.

Keywords: Ethanol. Exercise. Men. Skeletal muscle.

2 - Acadêmica do Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para a Educação Profissional da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria-RS, Brasil.

INTRODUÇÃO

Cerca de 54,1% das pessoas do continente americano fazem uso de bebida alcoólica, totalizando 8 litros per capita por ano, ultrapassando os valores da população mundial, representando 43% e com 6,4 litros per capita (WHO, 2018).

O ambiente esportivo, tanto recreativo quanto profissional, propicia aos praticantes um consumo de álcool elevado, quando comparado aos homólogos sedentários exibindo uma maior frequência e consumo de álcool. No Brasil, a prática de futebol está relacionada ao consumo excessivo de álcool episódico.

A prática de esportes e exercício físico exige mudanças e adaptações fisiológicas do corpo, ocasionando danos e inflamação muscular (Proske e Morgan, 2001), devido a contrações musculares, mudanças de direção e ritmo (Lastayo e colaboradores, 2003).

Após o estímulo provocado pelo exercício, o período de recuperação de qualidade, com disponibilidade de nutrientes, é essencial para restaurar os processos fisiológicos e tecidos lesados (Churchley e colaboradores, 2007), como a renovação do músculo esquelético, potencializando a adaptação e melhor desempenho do praticante nas próximas sessões (Halson, 2013).

A ingestão aguda de álcool tem efeitos prejudiciais na fisiologia humana, comprometendo o metabolismo neural (Suter e Schutz, 2008) e funcionamento renal (Shirreffs e Maughan, 2006).

Os órgãos e tecidos podem ser afetados, causando lesões e quebra da homeostase (Rachdaoui e Sarkar, 2013), podendo prejudicar a fase de recuperação muscular (Vella e Cameron-Smith, 2010).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar por meio de uma revisão sistemática o impacto do consumo de álcool na recuperação muscular em homens após exercício físico.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente revisão sistemática, utilizou para avaliação do risco de viés e da qualidade metodológica as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses (PRISMA) (Galvão, Pansani e Harrad, 2015).

Como critérios de elegibilidade foram incluídos ensaios clínicos com humanos adultos, do sexo masculino, saudáveis e ativos fisicamente, publicados em português, inglês ou espanhol, nos últimos dez anos, correspondendo ao período de 2013 a 2023; abordando a relação entre o consumo de bebidas alcoólicas e massa muscular em homens praticantes de atividade física.

Foram excluídos estudos experimentais com animais, estudos observacionais, relatos de caso, estudos de caso, teses, dissertações, carta ao editor, guidelines, protocolos, anais de eventos, capítulos de livros e ensaios clínicos que não abordassem a relação entre o consumo de bebidas alcoólicas e massa muscular em homens praticantes de atividade física, estudos publicados em outros idiomas que não sejam o português, inglês ou espanhol; estudos publicados a mais de dez anos.

A busca dos artigos ocorreu nas bases de dados: "PubMed" e "Lilacs", por dois autores, de forma independente, utilizando a seguinte sequência de descritores (DECS): [(Exercises OR Physical Activity OR Activities, Physical OR Activity, Physical OR Physical Activities OR Exercise, Physical OR Exercises, Physical OR Physical Exercise OR Physical Exercises OR Acute Exercise OR Acute Exercises OR Exercise, Acute OR Exercises, Acute OR Exercise, Isometric OR Exercises, Isometric OR Isometric Exercises OR Isometric Exercise OR Exercise, Aerobic OR Aerobic Exercise OR Aerobic Exercises OR Exercises, Aerobic OR Exercise Training OR Exercise Trainings OR Training, Exercise OR Trainings, Exercise) AND (Muscle OR Muscle Tissue OR Muscle Tissues OR Tissue, Muscle OR Tissues, Muscle) AND (Drinking, Alcohol OR Alcohol Consumption OR Consumption, Alcohol OR Alcohol Intake Alcohol Intakes OR Intake, Alcohol OR Alcohol Drinking Habits OR Alcohol Drinking Habit OR Drinking Habit, Alcohol OR Habit, Alcohol Drink)].

Foi utilizado o filtro de busca para pesquisa de ensaio clínico como delineamento de estudo, com idioma em português, inglês ou espanhol; sendo publicado nos últimos dez anos (2013-2023).

A busca de dados ocorreu em 22 de agosto de 2023.

A triagem dos artigos foi realizada por dois investigadores, que realizaram a leitura e análise do título e resumo como parte do processo de seleção dos artigos para posterior

leitura na íntegra. Após a leitura na íntegra houve a definição da inclusão ou exclusão do artigo.

Foi utilizada para avaliar individualmente a qualidade metodológica dos ensaios clínicos cruzados e randomizados, a Escala de PEDro (Shiwa e colaboradores, 2011).

A escala é composta por 11 critérios de avaliação. O primeiro critério não é considerado para a pontuação final, avaliando a validade externa do ensaio.

Assim, os critérios de 2 a 11, analisados como satisfatórios, são somados, resultando na pontuação final. Pontuação de 0 a 4 pontos indica baixa qualidade, 5 e 6 pontos, qualidade intermediária; e 7 a 10 pontos, alta qualidade.

RESULTADOS

Inicialmente, após a pesquisa utilizando a sequência de descritores, um total de 397 artigos foram encontrados nas duas bases de dados, sendo 396 artigos no Pubmed e um artigo no Lilacs. Após a aplicação de filtros conforme os critérios, resultaram 18 artigos elegíveis, sendo 17 estudos no Pubmed e um artigo no Lilacs, todos publicados em inglês. A partir dos critérios de inclusão com leitura do título e resumo, foram selecionados para a leitura na íntegra sete artigos.

Do total de estudos lidos na íntegra, foram selecionados para revisão sistemática três artigos (Figura 1), visto que os demais não se enquadravam no tema proposto.

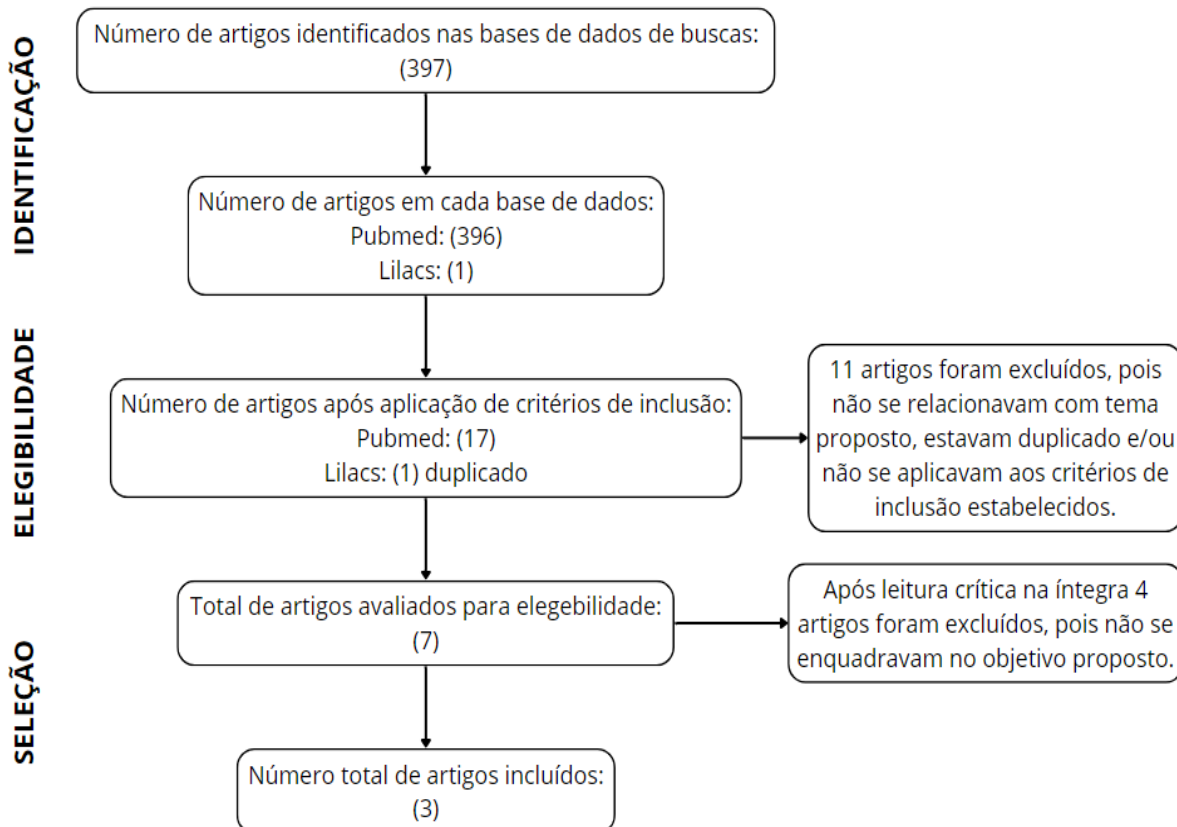


Figura 1 - Diagrama de fluxo de identificação, elegibilidade e seleção dos artigos da revisão sistemática.

Todos os estudos incluídos foram avaliados quanto à qualidade metodológica. Após a análise, todos os estudos foram considerados de alta qualidade de acordo com a Escala PEDro, totalizando sete pontos em cada estudo. Os três artigos perderam pontos por não utilizarem o termo “duplo-cego” ao

descreverem o protocolo de estudo. Foi utilizado adoçante artificial ou suco de laranja a fim de reduzir a percepção de álcool pelos participantes. Porém, em estudo de Conrad, McNamara e King, (2012), foi concluído que a tentativa de cegamento para doses de álcool de 0,8g/kg de peso através da utilização de

RBNE
Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

substâncias como adoçante ou suco se mostra eficaz para, no máximo, 20% dos participantes,

dificultando a aplicação desse critério nos protocolos que vinculam a ingestão de álcool.

Tabela 1 - Apresentação de resultados da análise da qualidade metodológica com a Escala PEDro.

Autores	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Levitt e colaboradores (2020)	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x	x	7
Parr e colaboradores (2014)	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x	x	7
Smiles e colaboradores (2016)	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x	x	7

Legenda: 1: critérios de elegibilidade e origem dos participantes; 2: alocação aleatória; 3: alocação oculta; 4: comparabilidade da linha de base; 5: participantes cegos; 6: terapeutas cegos; 7: avaliadores cegos; 8: acompanhamento adequado; 9: análise de intenção de tratar; 10: comparação entre grupos; 11: estimativas pontuais e variabilidade. *O item 1 não contribui para a pontuação total. Fonte: Os autores (2023).

Tabela 2 - Características dos artigos selecionados para a revisão sistemática.

Artigos	Objetivo	População e Idade (anos)	Exercício realizado	Grupos de estudo e Alcool (dose)	Tempo de ingestão e Parâmetros avaliados	Principais resultados
Parr e colaboradores (2014)	Avaliar o efeito da ingestão de álcool nas taxas de síntese de proteínas miofibrilares (MPS) após exercício extenuante	8 saudáveis fisicamente ativos (mínimo 3 vezes por semana por >6 meses) 21,4 ±4,8	Extensão de Joelho em máquina extensora 8x5 repetições a 80%rpm (1RM), 3min descanso 5 minutos de descanso Ciclismo contínuo 30 min a ~63% da potência de pico 2 min de descanso Ciclismo intervalado 10x30 s de intervalos de alta intensidade	G1: PRO 25g de PTN G2: ALC-CHO 1,5g/kg etanol + 25g CHO G3: ALC-PRO 1,5g/kg etanol + 25g PTN 1,5g/kg de peso	1 - 4h pós-exercício. 6 porções (1-4) álcool para suco de laranja (240-ml) 1 porção a cada 30 min - Álcool no sangue - Glicemia. - Fosforilação de mTOR - Fosforilação p70S6K - Taxas de MPS (síntese de proteínas miofibrilares)	Pico ALC sangue após 4h Permaneceu elevada 8h [] AGL ALC-CHO > ALC PRO em 4 e 6h após Taxas de síntese de proteína muscular aumentaram acima de repouso com ALC-CHO (~29%), ALC-PRO (~57%) e PRO (~109%) 2-8 h de recuperação Fosforilação de mTOR foi maior no grupo ALC-PRO comparado ao ALC-CHO
Smiles e colaboradores (2016)	Avaliar os efeitos da ingestão de álcool nas respostas de sinalização de células autofágicas a uma sessão de exercício simultâneo	8 saudáveis fisicamente ativos (mínimo 3 vezes por semana por >6 meses) 21,4 ±4,8	Extensão de Joelho em máquina extensora 8x5 repetições a 80%rpm (1RM), 3min descanso 5 minutos de descanso Ciclismo contínuo 30 min a ~63% da potência de pico 2 min de descanso Ciclismo intervalado 10x30 s de intervalos de alta intensidade	G1: PRO 25g de PTN G2: ALC-CHO 1,5g/kg etanol + 25g CHO G3: ALC-PRO 1,5g/kg etanol + 25g PTN 1,5g/kg de peso	1 - 4h pós-exercício. 6 porções (1-4) álcool para suco de laranja (240-ml) 1 porção a cada 30 min -Proteínas mitocondriais - Genes alvo p53 e PGC-1α estresse oxidativo. - Fragmentação de DNA e sinalização apoptótica. - Mitofagia -Genes proteínas reguladores e da autofagia	ALC-PRO marcadores de autofagia reduz a apoptose intramiocelular e aumenta marcadores de biogênese mitocondrial comparado ao grupo ALC-CHO
Levitt e colaboradores (2020)	Investigar o efeito do álcool consumido após exercícios de resistência excêntricos pesados nas medidas de força muscular	10 saudáveis fisicamente ativos (mínimo 2 vezes por semana por >6 meses) 21-28	Agachamento no Smith 4 séries de 10 repetições a 110% de 1RM concêntrico 3 min de descanso passivo entre as séries	G1 Alcool G2 Placebo 0,88g/kg de peso	10 - 40min pós-exercício. 10 porções Smirnoff 40% diluída a 15% e adoçada artificialmente. 1 porção a cada 3 minutos - Dor - Pico de Potência - Pico de força altura do salto	Não foram encontradas diferenças na potência de pico, nem na força de pico ou na altura do salto. Não foram encontradas diferenças nas medidas de dor.

Os dados dos artigos foram extraídos para planilha do Google Sheets (Tabela 2), sendo analisados criticamente de acordo com os seguintes pontos: Nome do autor, ano de publicação, objetivo, população, idade, exercício realizado, álcool ingerido, grupos de estudo, tempo de ingestão, parâmetros avaliados, principais resultados

As pesquisas foram realizadas em indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 e 28 anos, saudáveis e ativos fisicamente, realizando duas ou mais sessões de exercício físico por semana, ao mínimo nos últimos seis meses. Nos estudos selecionados, foram avaliados os efeitos da ingestão de álcool após exercício físico, considerando marcadores físicos e biológicos.

Nos estudos realizados por Parr e colaboradores (2014) e Smiles e colaboradores (2016), foi utilizado o mesmo protocolo de estudo. Analisou-se como objetivo principal por Parr e colaboradores (2014) a taxa de síntese proteica miofibrilar (MPS), e por Smiles e colaboradores (2016) o sistema de autofagia, após exercício, com três tratamentos distintos. Um total de 8 homens completaram três testes experimentais separados por 14 dias. Para que não houvesse efeito do experimento nos testes sucessivos, os indivíduos mantiveram o nível constante de exercício e dieta habitual no intervalo de tempo entre as sessões. O protocolo de exercícios foi o mesmo entre os 3 grupos, diferindo apenas o conteúdo ingerido após o exercício.

A sessão de exercícios foi realizada pelos oito indivíduos em jejum de 10 horas, contendo estímulos simultâneos de resistência, exercícios contínuos e intermitentes com intensidade alta, a fim de simular as principais características de esportes coletivos. Para isso, seguiu-se um protocolo com oito séries de cinco repetições de extensão de perna em uma máquina extensora, com intervalos para recuperação de 3 minutos, sentado entre cada série. Depois da conclusão da última série, descansaram por 5 minutos, iniciando 30 minutos de ciclismo contínuo. Após o término, ocorreu um descanso de 2 minutos, para assim realizarem intervalos de ciclismo de alta intensidade de 10x30 segundos, com 30 segundos de recuperação ativa entre cada sessão de trabalho.

O primeiro grupo (PRO) recebeu duas refeições com 25g de proteína de alto valor biológico em 0 e 4 horas pós-exercício. O segundo grupo (ALC-PRO) recebeu o mesmo

tratamento de PRO, mais ingestão de álcool; e o terceiro grupo (ALC-CHO) recebeu o mesmo tratamento de ALC-PRO, porém ingerindo carboidrato, com quantidade equivalente energeticamente, como substituição da proteína. Para os dois últimos grupos (ALC-PRO e ALC-CHO), foi administrado etanol na quantidade de 1,5 g/kg de peso de peso, iniciando em 1 hora de recuperação, seis volumes de aproximadamente 240 mL, na proporção de 1:4 vodcas/ suco de laranja, com intervalos de 30 minutos para cada volume. Em todos os ensaios, para PRO, ALC-PRO e ALC-CHO, 2 horas após o exercício foi ingerido refeição rica em carboidratos padronizada (1,5 g CHO/kg de peso).

Para avaliar o desfecho do consumo de álcool na recuperação pós-exercício, Parr e colaboradores (2014) e Smiles e colaboradores (2016) realizaram biópsias do vasto lateral de uma das pernas dos participantes, 2 e 8 horas após os exercícios, também ocorrendo a retirada de amostras de sangue em repouso, imediatamente após o exercício e em intervalos regulares de 30 e 60 minutos durante 8 horas de recuperação.

Parr e colaboradores (2014) encontraram uma redução significativa das taxas de síntese de proteína miofibrilar (MPS) no grupo ALC-CHO (37%) e um pequeno resgate no grupo ALC-PRO, com uma redução de 24% nas taxas de MPS, comparado ao grupo PRO nas primeiras 8 horas de recuperação. A fosforilação de mTOR com PRO foi 76% maior que ALC-CHO e 54% maior que ALC-PRO às 2 e 8 horas pós-exercício. A concentração de álcool no sangue atingiu o pico 4 horas após o exercício, sendo maior no grupo ALC-CHO em comparação com ALC-PRO entre 2 e 8 horas de recuperação.

Os resultados de Smiles e colaboradores (2016) mostraram que o grupo de ALC-CHO reprimiu a autofagia, desencadeando a apoptose intramiocelular, em contraponto, o consumo equivalente em calorias de proteína do grupo ALC-PRO reduziu as respostas apoptóticas induzidas pelo consumo de álcool pós-exercício e elevou marcadores responsáveis pela biogênese mitocondrial.

Levitt e colaboradores (2020) realizaram um estudo cruzado randomizado, em que submeteram, após 4 horas de jejum, dez homens a duas sessões idênticas de agachamento na máquina Smith, sendo quatro séries de dez repetições, com intervalos para

recuperação de 3 minutos entre cada série. Passados 10 minutos, um grupo de participantes ingeriu 1,09 g de etanol/kg de massa corporal livre de gordura ou 0,88 g de etanol/kg de peso, diluído em suco de laranja, enquanto o outro grupo recebeu uma quantidade isovolumétrica do suco, sem álcool. O estudo observou o efeito do consumo de álcool na recuperação da força muscular após exercícios de resistência excêntricos pesados. O cruzamento ocorreu uma semana após a primeira sessão.

Os testes de desempenho da parte inferior do corpo ocorreram antes, 24 e 48 horas após as sessões de agachamento. Os testes incluíram salto vertical, sendo registradas potência máxima, a força máxima e a altura do salto para cada tentativa; mudança de direção e um teste de aceleração de sprint, com uma distância de aproximadamente 18 metros para cada teste. O tempo no desempenho do teste de mudança de direção foi cronometrado manualmente por pesquisadores e para o de aceleração de sprint foram instalados na linha de largada e na linha de chegada. Foram realizadas em 3 tentativas, com 2 minutos de descanso entre cada teste, sendo utilizada para cada análise a tentativa com o melhor desempenho.

De acordo com o estudo realizado por Levitt e colaboradores (2020), a ingestão de álcool após exercício físico não trouxe redução ou retardo da recuperação da potência (diferenças na potência de pico, nem na força de pico ou na altura do salto) nos músculos exercitados, ou diferenças nas medidas de dor quando comparado ao placebo.

DISCUSSÃO

O presente estudo visa avaliar por meio de uma revisão sistemática o impacto do consumo de álcool na recuperação muscular em homens após exercício físico. Dada a importância do tema em questão, é necessário ressaltar que praticantes regulares de exercícios físicos fazem uso de bebida alcoólica em maior quantidade e com mais frequência que pessoas inativas (Moore e Werch, 2010, o que, segundo Barry e Piazza-Gardner (2012) propicia consumo compulsivo, aumentando o potencial de embriaguez.

Os resultados trazidos por Levitt e colaboradores (2020), mostram que não há redução ou retardo significativo de potência ou dor subjetiva com ingestão de álcool pós-

exercício. Em contraponto, em estudo realizado por Barnes, Mundel e Stannard (2010) os achados diferiram. Onze homens saudáveis executaram 300 contrações excêntricas máximas dos músculos do quadríceps femoral de maneira unilateral, ao término foi ingerida uma bebida com volume de álcool de 1 g/kg de peso corporal ou placebo (sem álcool), 36 horas após o exercício foi realizado o teste com dinamômetro isocinético isolando o movimento do quadríceps. Foi observado prejuízo na recuperação muscular, com perda significativamente maior no grupo que consumiu álcool para potência e força isométrica, concêntrica e excêntrica. Já quando, com o mesmo protocolo de exercício, Barnes, Mundel e Stannard (2011) utilizaram de álcool a 0,5 g/kg de peso corporal, não houve diferença significativa entre os tratamentos na perda de potência e força isométrica, concêntrica e excêntrica entre os dois grupos.

Outro estudo (Poulsen e colaboradores, 2007) realizaram testes de força muscular isocinética máxima e resistência dos extensores dominantes do joelho e flexores não dominantes do punho, com objetivo de avaliar o desempenho motor, sem intuito de fadigar a musculatura ou danificar fibras musculares. Após os testes de desempenho motor, ocorreu a ingestão de uma dose de álcool com aproximadamente 1,3 g/kg de peso, não encontrando nenhuma diferença no desempenho muscular e motor com a ingestão de álcool.

Corroborando com a análise sobre as divergências de resultados dos estudos que analisam força e potência muscular com a ingestão de álcool, Barnes, Mundel e Stannard, (2010) e Barnes, Mundel e Stannard, (2011) afirmam que o prejuízo na recuperação muscular se deve, dentre outros fatores, a uma interação entre o consumo de álcool pós-exercício, o músculo danificado pelo protocolo de exercício e/ou os processos de recuperação dos músculos agredidos.

Assim, o possível menor volume de protocolo de exercício e a baixa dose de álcool por quilo de peso do estudo de Levitt e colaboradores (2020), quando comparado a outros estudos da literatura, podem ter influência nos resultados encontrados na recuperação e desempenho de força e potência muscular.

Parr e colaboradores (2014) e Smiles e colaboradores (2016) são os únicos estudos encontrados nas bases de dados analisadas, a

investigar o efeito da co-ingestão de álcool com macronutrientes após exercício físico em humanos, dificultando comparações compatíveis com outros estudos em alguns critérios, como o mecanismo mTOR, MPS, adaptações mitocondriais e autofagia. Dessa forma, as discussões sobre esses dois artigos ocorreram através de estudos relacionados ao tema e variáveis analisadas.

O único estudo encontrado associando álcool e redução das taxas de MPS e mTOR foi realizado em ratos por Lang e colaboradores (2003), mostrando redução na sinalização de mTOR e resposta máxima do MPS após ingestão de álcool.

Apresentando o mesmo resultado que o estudo de Parr e colaboradores (2014) diferindo, porém, a via de administração e a quantidade de álcool ofertada, sendo em ratos intravenosa e em maior dosagem do que para os humanos.

Mesmo com a escassez de estudos com o protocolo de co-ingestão de álcool e macronutrientes relatado acima, estudos mostrando que os efeitos da ingestão de álcool causam prejuízos à homeostase da fisiologia humana (Suter e Schutz, 2008), lesando órgãos, tecidos (Rachdaoui e Sarkar, 2013), propiciando possível efeito prejudicial no tecido muscular (Vella e Cameron-Smith, 2010), corroboram com os resultados encontrados.

O estudo de Parr e colaboradores (2014) apresentaram diferentes resultados entre os grupos que ingeriram álcool, visto que houve atenuação de prejuízos nas taxas de MPS com o grupo que ingeriu proteína com álcool quando comparado à co-ingestão de carboidrato e álcool.

Após exercício físico sem ingestão de álcool, o consumo de proteína se mostra mais eficaz para a ativação das principais proteínas de sinalização intracelular envolvidas na síntese de proteínas, comparada ao carboidrato (Ferguson-Stegall e colaboradores, 2011). Já é bem descrito na literatura que a ingestão de proteína após o exercício potencializa o aumento das vias de sinalização de mTOR e eleva as taxas de síntese de proteínas (Babault e colaboradores, 2015; Moore e colaboradores, 2015; Moore e colaboradores, 2009), principalmente quando consumida de maneira fracionada (Areta e colaboradores, 2013), como realizado no protocolo com o grupo ALC-PRO no estudo de Parr e colaboradores (2014).

Dessa forma, parece plausível um pequeno aumento nas vias de mTOR e taxas de MPS, resultando em atenuação dos efeitos do álcool.

O objetivo do estudo de Smiles e colaboradores (2016) ao analisarem se a autofagia sofre interferência em seu mecanismo de ativação com a ingestão aguda de álcool pós exercício. Ao também comparar a ingestão de álcool associada a carboidratos ou a proteínas, encontrou no grupo que ingeriu aminoácidos (ALC-PRO) menor repressão à autofagia gerada pelo consumo de álcool, reduzindo a apoptose (morte celular programada (Renéhan, Cabine e Pottena, 2001)) intramiocelular e aumentando a biogênese mitocondrial, quando comparado ao grupo que ingeriu álcool e carboidratos (ALC-CHO).

Após exercícios resistidos realizados em jejum, a ingestão de proteína promoveu maior resposta autofágica comparado ao placebo não calórico (Areta e colaboradores, 2015).

Em outro estudo, Martin-Rincon e colaboradores (2019), encontraram inibição das vias de autofagia em que indivíduos que realizaram exercício com um grande déficit energético. Esses estudos reforçam um possível potencial de influência da ingestão proteica nas vias de autofagia ligadas ao exercício físico sem a ingestão de álcool, tornando provável o resultado encontrado por Smiles e colaboradores (2016).

Areta e colaboradores (2015), Martin-Rincon e colaboradores (2019) e Smiles e colaboradores (2016) encontraram em seus estudos os respectivos resultados por a autofagia atuar em níveis basais, garantindo a remoção de organelas disfuncionais ou alteradas, permitindo a reutilização dos próprios constituintes por outras células, assim auxiliando na homeostase e buscando garantir a integridade de tecidos (Jokl e Blanco, 2016).

Quando há dano celular, estresse metabólico, e aumento na quantidade de espécies reativas de oxigênio, ocorre ativação dos mecanismos da autofagia (Singh e Cuervo, 2011; Jokl e Blanco, 2016), em prol da auto-sobrevivência celular (Cao e colaboradores, 2021).

O metabolismo do álcool é capaz de produzir metabólitos tóxicos, aumentando radicais livres e espécies reativas de oxigênio capazes de deturpar a homeostase celular (Lieber, 2005), podendo ativar os mecanismos

de autofagia para evitar a morte celular (Steiner e Lang, 2019).

Dessa forma, a atenuação dos efeitos do álcool com o grupo ALC-PRO, promovendo aumento da autofagia e biogênese mitocondrial descrita pelo estudo de Smiles e colaboradores (2016), apontam um potencial benefício do consumo de proteína em relação aos efeitos do álcool na recuperação do tecido muscular esquelético.

A biogênese mitocondrial é necessária para a melhora no desempenho esportivo, visto que no músculo esquelético as mitocôndrias são especializadas principalmente em fornecer energia para contração muscular, auxiliando na funcionalidade e desempenho da musculatura (Ogata e Yamasaki, 1997; Kuznetsov e colaboradores, 2019; Kay e colaboradores, 2000).

As mitocôndrias adaptam-se conforme as demandas metabólicas, podendo sofrer fissão/ mitofagia ou biogênese (Mishra e Chan, 2016).

Quando há estresse oxidativo, condições hipóxicas ou estresse energético, efeitos que o metabolismo do álcool pode produzir (Lieber, 2005), ocorre a fissão ou mitofagia, eliminando mitocôndrias excessivas ou defeituosas para restabelecer a homeostase metabólica e manter a saúde mitocondrial dentro das células (Mishra e Chan, 2016; Hood e colaboradores, 2019).

Já a biogênese mitocondrial é uma adaptação que provoca o aumento dessas organelas, geralmente ocorrendo para que se tenha maior quantidade de síntese de ATP (adenosina trifosfato), beneficiando a respiração celular.

A resposta ao exercício físico provoca um aumento na expressão gênica, desencadeando um aumento da biogênese mitocondrial (Viloria e colaboradores, 2022), com ativação simultânea a da autofagia, melhorando a renovação das organelas, e mantendo-as saudáveis.

O efeito crônico da estimulação muscular constante gera adaptação tecidual, resultando em mais mitocôndrias com maior densidade (Hood e colaboradores, 2019).

O que mostra uma ligação entre autofagia e biogênese mitocondrial para melhora da recuperação muscular no exercício físico.

Os resultados de Parr e colaboradores (2014) e Smiles e colaboradores (2016), encontrando como resultado ativação de

autofagia e mTOR com a utilização do mesmo protocolo experimental, divergem de alguns estudos demonstram que a ativação das vias de mTOR inibem a ativação da autofagia (Nicklin e colaboradores, 2009; Fader e colaboradores, 2015).

Porém, estudos recentes mostraram outras vias metabólicas que podem regular a autofagia, sofrendo influência não somente das vias de mTOR (Wang e colaboradores, 2017; Jang e colaboradores, 2018; Bootman e colaboradores, 2018; Ozturk e colaboradores, 2019), o que possibilita que a ingestão de aminoácidos beneficie o mTOR, a síntese de proteína miofibrilar e a autofagia de maneira simultânea, consequentemente viabilizando a biogênese mitocondrial.

Como limitações deste estudo, pode ser referido o conjunto limitado de estudos nas bases de dados utilizadas, sobre o tema do consumo de álcool após exercício físico em homens.

As diferentes doses de álcool, assim como os diferentes protocolos de exercícios, dificultam a avaliação dos efeitos do álcool na prática de atividade física. Os diferentes parâmetros avaliados não possibilitam comparar os resultados com estudos compatíveis.

O pequeno tamanho amostral de cada estudo (entre oito e dez participantes) pode ter influenciado nos resultados.

Além disso, uma única exposição dos participantes ao consumo de álcool não possibilita avaliar o efeito muscular crônico da exposição ao álcool.

CONCLUSÃO

Pode ser observado que os efeitos do álcool no desempenho físico de homens dependem de alguns fatores, como tipo e intensidade de exercício e dose de álcool.

De maneira geral, a ingestão moderada (<0,88 g/kg) de álcool após exercício físico em homens, não parece afetar força, potência e dor muscular nas primeiras 48 horas de recuperação.

A ingestão de maiores quantidades de álcool (1,5g/kg) apresentou efeitos negativos, reduzindo as taxas de MPS e sinalização de mTOR, autofagia e biogênese mitocondrial desencadeando apoptose intramiocelular.

A co-ingestão de proteína atenua o efeito do álcool, aumentando as taxas de MPS, sinalização de mTOR, autofagia e

biogênese mitocondrial e reduzindo a apoptose intramiocelular quando comparado com a ingestão de carboidrato.

Dessa forma, mesmo aparentemente não havendo um efeito agudo no desempenho de força e potência no período de recuperação, é válido ressaltar que os prejuízos do álcool na taxa de síntese de proteína miofibrilar, autofagia e mitocôndrias podem prejudicar o funcionamento do músculo esquelético, reduzindo a adaptação e o desempenho físico ao exercício a longo prazo. É indicado que os praticantes de exercício físico tenham prudência com o consumo de álcool após exercício físico, sempre buscando os nutrientes necessários para promover a recuperação adequada.

Por fim, sugere-se a realização de novos estudos, com maior tamanho amostral, padronizando a ingestão de álcool, o protocolo de exercícios e o consumo alimentar, bem como a padronização dos parâmetros avaliados, unindo parâmetros físicos (potência, força e dor) com parâmetros bioquímicos (taxa de síntese de proteína miofibrilar, autofagia e mitocôndrias) ao mesmo protocolo de estudo.

REFERÊNCIAS

- 1-Areta, J.L.; Burke, L.M.; Ross, M.L.; Camera, D.M.; West, D.W.; Broad, E.M.; Jeacocke, N.A.; Moore, D.R.; Stellingwerff, T.; Phillips, S.M.; Hawley, J.A.; Coffey, V.G. Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *The Journal of physiology*. Vol. 591. Num. 9. 2013. p. 2319-2331.
- 2-Areta, J.L.; Smiles, W.J.; Coffey, V.G.; Phillips, S.M.; Moore, D.R.; Stellingwerff, T.; Burke, L.M.; Hawley, J.A.; Camera, D.M. Modulation of autophagy signaling with resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*. Vol. 309. Num. 5. 2015. p. R603-R612.
- 3-Barnes, M.J.; Mündel, T.; Stannard, S.R. A low dose of alcohol does not impact skeletal muscle performance after exercise-induced muscle damage. *European journal of applied physiology*. Vol. 111. Num. 4. 2011. p. 725-729.
- 4-Barnes, M.J.; Mündel, T.; Stannard, S.R. Acute alcohol consumption aggravates the decline in muscle performance following strenuous eccentric exercise. *Journal of science and medicine in sport*. Vol. 13. Num. 1. 2010. p. 189-193.
- 5-Barnes, M.J.; Mündel, T.; Stannard, S.R. Post-exercise alcohol ingestion exacerbates eccentric-exercise induced losses in performance. *European journal of applied physiology*. Vol. 108. Num. 5. 2010. p. 1009-1014.
- 6-Barry, A.E.; Piazza-Gardner, A.K. Drunkorexia: understanding the co-occurrence of alcohol consumption and eating/exercise weight management behaviors. *Journal of American college health : J of ACH*. Vol. 60. Num. 3. 2012. p. 236-243.
- 7-Babault, N.; Paizis, C.; Deley, G.; Guérin-Deremaux, L.; Saniez, M.H.; Lefranc-Millot, C.; Allaert, F.A. Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 12. Num. 1. 2015. p. 3.
- 8-Bootman, M.D.; Chehab, T.; Bultynck, G.; Parys, J.B.; Rietdorf, K. The regulation of autophagy by calcium signals: Do we have a consensus?. *Cell calcium*. Num. 70. 2018. p. 32-46.
- 9-Cao, W.; Li, J.; Yang, K.; Cao, D. An overview of autophagy: Mechanism, regulation and research progress. *Bulletin du cancer*. Vol. 108. Num. 3. 2021. p. 304-322.
- 10-Conrad, M.; McNamara, P.; King, A. Alternative substance paradigm: effectiveness of beverage blinding and effects on acute alcohol responses. *Experimental and clinical psychopharmacology*. Vol. 20. Num. 5. 2012. p. 382-389.
- 11-Churchley, E.G.; Coffey, V.G.; Pedersen, D.J.; Shield, A.; Carey, K.A.; Cameron-Smith, D.; Hawley, J. A. Influence of preexercise muscle glycogen content on transcriptional activity of metabolic and myogenic genes in well-trained humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. Vol. 102. Num. 4. 2007. p. 1604-1611.

- 12-Fader, C.M.; Aguilera, M.O.; Colombo, M.I. Autophagy response: manipulating the mTOR-controlled machinery by amino acids and pathogens. *Amino acids*. Vol. 47. Num. 10. 2015. p. 2101-2112.
- 13-Ferguson-Stegall, L.; McCleave, E.L.; Ding, Z.; Doerner, P.G.; 3rd, Wang, B.; Liao, Y.H.; Kammer, L.; Liu, Y.; Hwang, J.; Dessard, B.M.; Ivy, J.L. Postexercise carbohydrate-protein supplementation improves subsequent exercise performance and intracellular signaling for protein synthesis. *Journal of strength and conditioning research*. Vol. 25. Num. 5. 2011. p. 1210-1224.
- 14-Galvão, T.F.; Pansani, T.D.S.A.; Harrad, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e serviços de saúde*. Num. 24. 2015. p. 335-342.
- 15-Jang, M.; Park, R.; Kim, H.; Namkoong, S.; Jo, D.; Huh, Y.H.; Jang, I.S.; Lee, J.I.; Park, J. AMPK contributes to autophagosome maturation and lysosomal fusion. *Scientific reports*. Vol. 8. Num. 1. 2018. p. 12637.
- 16-Jokl, E.J.; Blanco, G. Disrupted autophagy undermines skeletal muscle adaptation and integrity. *Mammalian genome : official journal of the International Mammalian Genome Society*. Vol. 27. Num. 11-12. 2016. p. 525-537.
- 17-Kay, L.; Nicolay, K.; Wieringa, B.; Saks, V.; Wallimann, T. Direct evidence for the control of mitochondrial respiration by mitochondrial creatine kinase in oxidative muscle cells in situ. *The Journal of biological chemistry*. Vol. 275. Num. 10. 2000. p. 6937-6944.
- 18-Kuznetsov, A.V.; Javadov, S.; Margreiter, R.; Grimm, M.; Hagenbuchner, J.; Ausserlechner, M.J. The Role of Mitochondria in the Mechanisms of Cardiac Ischemia-Reperfusion Injury. *Antioxidants*. Vol. 8. Num. 10. 2019. p. 454.
- 19-Lang, C.H.; Frost, R.A.; Deshpande, N.; Kumar, V.; Vary, T.C.; Jefferson, L.S.; Kimball, S.R. Alcohol impairs leucine-mediated phosphorylation of 4E-BP1, S6K1, eIF4G, and mTOR in skeletal muscle. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*. Vol. 285. Num. 6. 2003. p. E1205-E1215.
- 20-LaStayo, P.C.; Woolf, J.M.; Lewek, M.D.; Snyder-Mackler, L.; Reich, T.; Lindstedt, S.L. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. Vol. 33. Num. 10. 2003. p. 557-571.
- 21-Halson, S.L. Recovery Techniques for Athletes. *Sports Science Exchange*. Vol. 26. Num. 120. 2013. p. 1-6.
- 22-Hood, D.A.; Memme, J.M.; Oliveira, A.N.; Triolo, M. Maintenance of Skeletal Muscle Mitochondria in Health, Exercise, and Aging. *Annual review of physiology*. Vol. 81. 2019. p. 19-41.
- 23-Levitt, D.E.; Idemudia, N.O.; Cregar, C.M.; Duplanty, A.A.; Hill, D.W.; Vingren, J.L. Alcohol After Resistance Exercise Does Not Affect Muscle Power Recovery. *Journal of strength and conditioning research*. Vol. 34. Num. 7. 2020. p. 1938-1944.
- 24-Lieber, C.S. Metabolism of alcohol. *Clinics in liver disease*. Vol. 9. Num. 1. 2005. p. 1-35.
- 25-Martin-Rincon, M.; Pérez-López, A.; Morales-Alamo, D.; Perez-Suarez, I.; de Pablos-Velasco, P.; Perez-Valera, M.; Perez-Regalado, S.; Martinez-Canton, M.; Gelabert-Rebato, M.; Juan-Habib, J.W.; Holmberg, H.C.; Calbet, J.A.L. Exercise Mitigates the Loss of Muscle Mass by Attenuating the Activation of Autophagy during Severe Energy Deficit. *Nutrients*. Vol. 11. Num. 11. 2019. p. 2824.
- 26-Mishra, P.; Chan, D.C. Metabolic regulation of mitochondrial dynamics. *The Journal of cell biology*. Vol. 212. Num. 4. 2016. p. 379-387.
- 27-Moore, D.R.; Churchward-Venne, T.A.; Witard, O.; Breen, L.; Burd, N.A.; Tipton, K.D.; Phillips, S.M. Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2015.
- 28-Moore, D.R.; Robinson, M.J.; Fry, J.L.; Tang, J.E.; Glover, E.I.; Wilkinson, S.B.; Prior, T.; Tarnopolsky, M.A.; Phillips, S.M. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in

- young men. *The American journal of clinical nutrition*. Vol. 89. Num. 1. 2009. p. 161-168.
- 29-Moore, M.J.; Werch, C. Relationship between vigorous exercise frequency and substance use among first-year drinking college students. *Journal of American college health: J of ACH*. Vol. 56. Num. 6. 2008. p. 686-690.
- 30-Nicklin, P.; Bergman, P.; Zhang, B.; Triantafellow, E.; Wang, H.; Nyfeler, B.; Yang, H.; Hild, M.; Kung, C.; Wilson, C.; Myer, V.E.; MacKeigan, J.P.; Porter, J.A.; Wang, Y.K.; Cantley, L.C.; Finan, P.M.; Murphy, L.O. Bidirectional transport of amino acids regulates mTOR and autophagy. *Cell*. Vol. 136. Num. 3. 2009. p. 521-534.
- 31-Ozturk, D.G.; Kocak, M.; Akcay, A.; Kinoglu, K.; Kara, E.; Buyuk, Y.; Kazan, H.; Gozuacik, D. MITF-MIR211 axis is a novel autophagy amplifier system during cellular stress. *Autophagy*. Vol. 15. Num. 3. 2019. p. 375-390.
- 32-Ogata, T.; Yamasaki, Y. Ultra-high-resolution scanning electron microscopy of mitochondria and sarcoplasmic reticulum arrangement in human red, white, and intermediate muscle fibers. *The Anatomical record*. Vol. 248. Num. 2. 1997. p. 214-223.
- 33-Parr, E.B.; Camera, D.M.; Areta, J.L.; Burke, L.M.; Phillips, S.M.; Hawley, J.A.; Coffey, V.G. Alcohol ingestion impairs maximal post-exercise rates of myofibrillar protein synthesis following a single bout of concurrent training. *PloS one*. Vol. 9. Num. 2. 2014. p. e88384.
- 34-Poulsen, M.B.; Jakobsen, J.; Aagaard, N.K.; Andersen, H. Motor performance during and following acute alcohol intoxication in healthy non-alcoholic subjects. *European journal of applied physiology*. Vol. 101. Num. 4. 2007. p. 513-523.
- 35-Proske, U.; Morgan, D.L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*. Vol. 537. Num. (Pt 2). 2001. p. 333-345.
- 36-Rachdaoui, N.; Sarkar, D.K. Effects of alcohol on the endocrine system. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*. Vol. 42. Num. 3. 2013. p. 593-615.
- 37-Shirreffs, S.M.; Maughan, R.J. The effect of alcohol on athletic performance. *Current sports medicine reports*. Vol. 5. Num. 4. 2006. p. 192-196.
- 38-Shiwa, S.R.; Costa, L.O.; Costa, L.C.; Moseley, A.; Hespanhol Junior, L.C.; Venâncio, R.; Ruggero, C.; Sato, T.O.; Lopes, A.D. Reproducibility of the Portuguese version of the PEDro Scale. *Cadernos de saude publica*. Vol. 27. Num. 10. 2011. p. 2063-2068.
- 39-Singh, R.; Cuervo, A.M. Autophagy in the cellular energetic balance. *Cell metabolism*. Vol. 13. Num. 5. 2011. p. 495-504.
- 40-Smiles, W.J.; Parr, E.B.; Coffey, V.G.; Lacham-Kaplan, O.; Hawley, J.A.; Camera, D.M. Protein coingestion with alcohol following strenuous exercise attenuates alcohol-induced intramyocellular apoptosis and inhibition of autophagy. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*. Vol. 311. Num. 5. 2016. p. E836-E849.
- 41-Steiner, J.L.; Lang, C.H. Ethanol acutely antagonizes the refeeding-induced increase in mTOR-dependent protein synthesis and decrease in autophagy in skeletal muscle. *Molecular and cellular biochemistry*. Vol. 456. Num. 1-2. 2019. p. 41-51.
- 42-Suter, P.M.; Schutz, Y. The effect of exercise, alcohol or both combined on health and physical performance. *International journal of obesity*. Vol. 32. Num. Suppl 6. 2008. p. S48-S52.
- 43-Vella, L.D.; Cameron-Smith, D. Alcohol, athletic performance and recovery. *Nutrients*. Vol. 2. Num. 8. 2010. p. 781-789.
- 44-Viloria, M.A.D.; Li, Q.; Lu, W.; Nhu, N.T.; Liu, Y.; Cui, Z.Y.; Cheng, Y.J.; Lee, S.D. Effect of exercise training on cardiac mitochondrial respiration, biogenesis, dynamics, and mitophagy in ischemic heart disease. *Frontiers in cardiovascular medicine*. Num. 9. 2022. p. 949744.
- 45-Wang, P.; Long, M.; Zhang, S.; Cheng, Z.; Zhao, X.; He, F.; Liu, H.; Ming, L. Hypoxia inducible factor-1 α regulates autophagy via the p27-E2F1 signaling pathway. *Molecular medicine reports*. Vol. 16. Num. 2. 2018. p. 2107-2112.

RBNE
Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

46-WHO. World Health Organization. Global status report on alcohol and health. Geneva: World Health Organization. 2018.

3 - Docente do Curso de Nutrição da Área do Conhecimento de Ciências da Vida (VIDA) da Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul-RS, Brasil.

E-mail dos autores:

hssartori@ucs.br

adrianerosacostodio@gmail.com

kmmargutti@ucs.br

Recebido para publicação em 13/12/2023

Aceito em 04/02/2024