



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2010;3(3):156-162

www.elsevier.es/ramd



Revisión

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

Efeito da ingestão de taurina no desempenho físico: uma revisão sistemática

J.C. Pereira, R. G. Silva, A.A. Fernandes e J.C.B. Marins

Grupo de Estudos em Performance Humana. Departamento de Educação Física. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa MG. Brasil.

Historia del artículo:

Recibido el 17 de marzo de 2012

Aceptado el 15 de septiembre de 2012

Palabras clave:

Taurina.

Recursos ergogénicos.

Bebida energética.

Deportes.

Key words:

Taurine.

Ergogenic resources.

Energy drinks.

Sports.

RESUMEN

Efecto de la ingesta de taurina en el rendimiento físico: una revisión sistemática

Objetivo. Presentar los efectos de la taurina (Tau) en la capacidad aeróbica y anaeróbica, además de describir sus mecanismos de acción.

Método. Se ha realizado una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos PubMed/Medline y SportDiscus, teniendo como criterios de inclusión estudios con humanos, publicados en lengua inglesa, entre el 1 de enero de 2000 hasta el 1 de septiembre de 2011. La manera de consumo de Tau fue: Tau aislada o como ingrediente de bebidas energéticas evaluada con un suplemento placebo. La calidad de los estudios seleccionados fue valorada por la escala de PEDro siendo considerados los artículos con puntuaciones por encima de 5.

Resultados. Fueron seleccionados 14 estudios, siendo 11 los que obtuvieron cambios en la capacidad física aeróbica y 3 en la anaeróbica. Se observaron mejoras significativas en las actividades aeróbicas (8 de los 11 artículos) de igual manera que en las anaeróbicas (2 de los 3 estudios) tras ingesta de Tau frente a placebo.

Conclusión. El consumo agudo de apenas 1 g de Tau, independiente del tiempo previo de ingesta presentó un efecto positivo frente la capacidad física aeróbica y anaeróbica. El principal efecto ergogénico que se observó en el componente aerobio fue aumentar la capacidad temporal para realizar un ejercicio, sin embargo en la actividad anaerobia proporcionó una mejora en la respuesta de los iones de calcio durante la contracción muscular

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Effect of taurine intake on physical performance: a systematic review

Objective. Describe the effects of taurine (Tau) on aerobic and anaerobic physical performance as well as its mechanisms of action.

Method. A systematic literature review on PubMed/Medline and SPORTDiscus was performed, including studies on humans which were published in English between January 1st, 2000 and September 1st, 2011. The forms of Tau intake were as the isolated compound (Tau) or as an ingredient in energy drinks analyzed with a placebo supplement. The quality of the selected articles was assessed using the PEDro scale and included articles with at least 5 points.

Results. After the filtering process, 14 studies were selected from which 11 presented changes in aerobic physical performance and 3 in anaerobic physical performance. Significant improvements were observed in aerobic activities (8 out of 11 articles) and in anaerobic activities (2 out of 3 studies) after intake of Tau, compared to the placebo.

Conclusion. The consumption of only 1 g of Tau, regardless of the time prior to intake, showed a beneficial effect on aerobic and anaerobic physical performance. The main ergogenic effect observed in the aerobic component was an increase on the temporal capacity of performing an exercise, whereas for the anaerobic activity there was a better response of calcium ions during muscle contraction.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondência:

J.C. Pereira.

Rua: Senador Vaz de Melo 64/41, Centro.

Viçosa- MG, CEP: 36570000

E-mail: juscelia87@yahoo.com.br

Introdução

Taurina (Tau) (ácido 2-aminoetanossulfônico) é o principal aminoácido intracelular livre da maior parte dos tecidos dos mamíferos^{1,2}. A Tau está presente em quantidade relativamente alta na retina e nos tecidos muscular esquelético e cardíaco³. É derivada do metabolismo da cisteína e sintetizada no fígado através de várias etapas enzimáticas e, por conseguinte, é considerada não essencial ou condicionalmente essencial^{4,5}. Sua maior concentração ocorre naturalmente em frutos do mar, peixes, carne escura de aves e leite materno^{6,7}.

A Tau proveniente da dieta é prontamente absorvida pelo trato gastrointestinal e sua captação contribui de forma significativa para o seu equilíbrio no organismo humano, podendo ser decisiva quando sua síntese se mostrar debilitada^{8,9}. A administração oral alcança o seu pico no soro uma hora após a sua ingestão e demonstra meia-vida de 1 a 2 horas¹⁰.

Experimentos clínicos têm sugerido que o ácido 2-aminoetanossulfônico exerce ação osmorreguladora, deixando células expostas ao estímulo hipotônico através de diferentes canais permeáveis a Tau e ânions^{11,12}. Estudos sobre a Tau no músculo esquelético revelaram papel poderoso na estabilização de fosfolípidios de membrana^{13,14} e na regulação da concentração de Ca²⁺ intracelular, aumentando a taxa de absorção do retículo sarcoplasmático (RS) e a capacidade de armazenamento total das vesículas do RS^{15,16}.

Existe uma ação scavenger (sequestradora) da Tau sobre os radicais livres e na regulação da taxa de geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) por mitocôndria¹⁷. Isto é importante, porque elevada geração de superóxido por mitocôndria é capaz de iniciar a transição de permeabilidade mitocondrial, que, por sua vez, aciona a cascata apoptótica¹⁸. Dessa forma, levou à proposição de que a suplementação de Tau pode ser benéfica em condições que impliquem aumento da susceptibilidade à lesão muscular e estresse oxidativo, como envelhecimento¹⁹ e exercício físico exaustivo^{20,21}.

Devido a essas funções fisiológicas da Tau, este aminoácido tornou-se ingrediente funcional (aproximadamente 1.000-2.000 mg por porção) das bebidas energéticas (BE), com a alegação de efeitos ergogênicos por parte dos fabricantes²². O recorde de 7 bilhões de vendas em 2005 e o elevado consumo das BE por atletas treinados²³⁻²⁵ e pessoas ativas^{23,24} levaram a um aumento nas pesquisas com BE contendo Tau^{23,24,26-30}.

Existe uma literatura extensa apoiando a ingestão de Tau para melhorar o desempenho físico aeróbio^{2,22-24,27,29-36} e anaeróbio^{20,27,29,33,35,37,38}. Contudo, alguns estudos não apresentaram evidências de um efeito ergogênico^{22,28,39,40}. Além disso, não há um consenso na literatura em relação às doses necessárias de Tau para a prática esportiva, havendo sugestão de 1 g /dia^{27,41}, 1,66 g /dia^{22,42}, 2g/dia^{29,32} ou 6 g/dia².

Há muitas lacunas quando se discutem os efeitos da Tau, tanto quando consumida de forma isolada ou quando se encontra contida em uma BE em relação ao dano muscular e ao desempenho físico em diferentes indivíduos e modalidades de exercícios. Assim, o objetivo desta revisão sistemática é explorar os efeitos da Tau no desempenho físico aeróbio e anaeróbio e descrever os seus mecanismos de ação.

Métodos

Estudos foram identificados através de uma revisão sistemática da literatura, via PubMed/Medline e SportDiscus em setembro de 2011, utili-

zando-se uma combinação das seguintes palavras-chave: "taurine" and "exercise", "taurine" and "strength", "taurine" and "power", "taurine" and "resistance training", "taurine" and "endurance".

As referências bibliográficas dos estudos identificados pela pesquisa eletrônica foram revisadas para detectar estudos adicionais.

Critérios de exclusão

Artigos com foco de pesquisa em doenças genéticas, reabilitação e, ou, terapias cognitivas e estudos realizados em animais.

Critérios de inclusão

Estudos nos quais foram relatadas alterações no desempenho físico de *endurance* e, ou, exercícios de alta intensidade e curta duração após o consumo de Tau. A forma de ingestão de Tau incluiu: Tau isolada ou como ingrediente das BE, analisada com um suplemento placebo. As BE foram incluídas pelo fato de a Tau ser considerada um dos compostos responsáveis pelos possíveis efeitos ergogênicos. A pesquisa bibliográfica foi limitada a artigos disponíveis e publicados em língua inglesa entre 1º de janeiro de 2000 e 1º de setembro de 2011.

Escala de PEDro

A escala de PEDro (Physiotherapy Evidence Database) foi utilizada como critério para pontuar os artigos. Esta escala foi desenvolvida pelo Centro de Fisioterapia Baseada em Evidências⁴³ e projetada para avaliar objetivamente a validade interna do estudo. Cada artigo foi avaliado em vários critérios previamente estabelecidos para produzir pontuação máxima de 10 pontos. Dois pesquisadores (autores) aplicaram a escala de forma independente, sendo as discordâncias entre eles resolvidas mediante discussão e consenso. Os artigos que apresentaram pontuação superior a cinco, na escala, foram considerados de alta expressividade metodológica (fig.1).

Resultados

A média da escala de PEDro foi 8,50 ± 1,01 pontos; três dos 14 estudos receberam pontuação igual a 10. Os artigos selecionados apresentaram critérios de elegibilidade especificados, distribuição aleatória dos tratamentos e design duplo-cego. A ausência destes critérios pode acarretar interferências nos resultados e na relevância dos estudos.

Alterações no desempenho físico aeróbio envolvendo 11 estudos podem ser vistos na tabela 1, enquanto que a tabela 2 apresenta três estudos com desempenho anaeróbio. Ambas as tabelas trazem um resumo do desenho das pesquisas, por exemplo, número de avaliados, dose e tempo de ingestão de Tau empregados, protocolo de exercício, principais resultados, percentual de melhora e a pontuação da escala de PEDro.

Em relação aos artigos envolvendo exercícios aeróbicos (tabela 1), oito dos 11 artigos revelaram melhoras significativas na performance após a ingestão de Tau vs. placebo.

Alguns trabalhos relataram aumento no tempo (minutos) total de exercício^{23,24,27,33}, na capacidade cardiorrespiratória^{23,24}, na oxidação de gordura²², no volume de ejeção²⁹ e na velocidade do fluxo diastólico final; diminuição do índice de percepção de esforço^{24,31} e do tempo (minutos) de exercício³⁰.

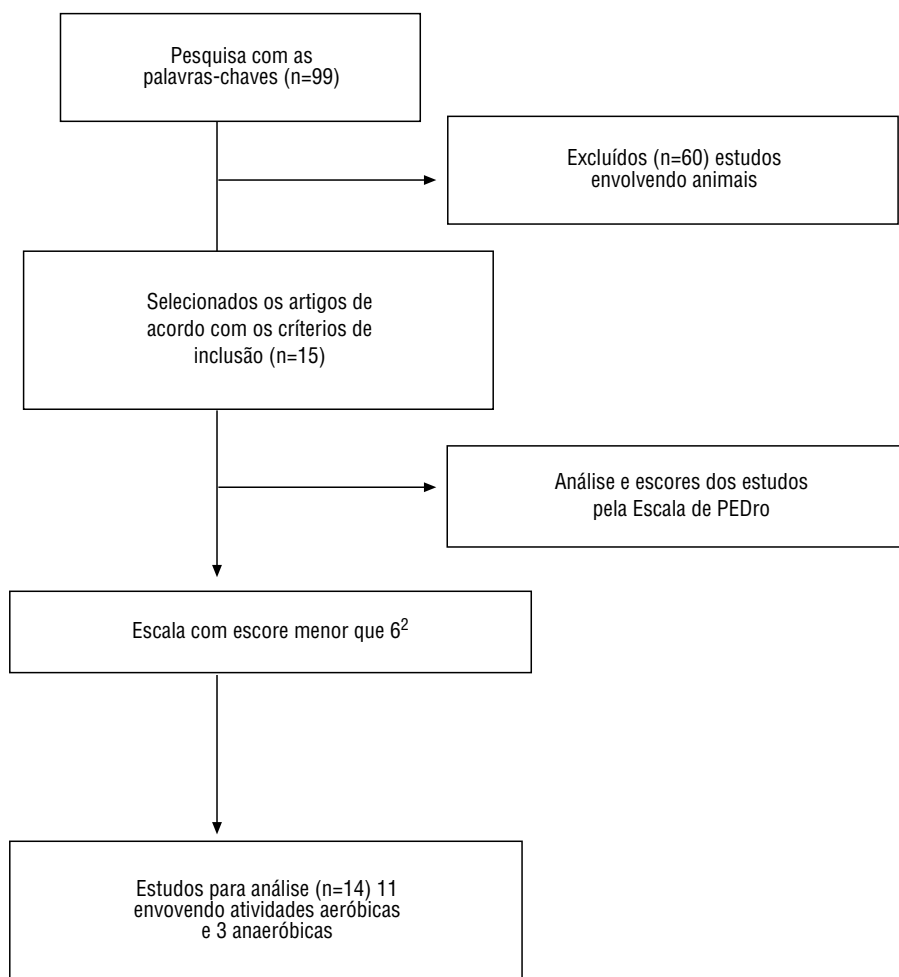


Fig. 1. Procedimentos de identificação, triagem e seleção dos estudos para análise.

Em sete estudos a Tau foi administrada em forma de BE, com doses de 1g^{23,27,44}, 1,5 g⁴⁵, 2g^{29,30} e 2,05g³³. Em dois estudos^{24,31} a média do consumo de Tau (6mL/kg de peso corporal) dos avaliados não foi mencionada. Um estudo²² apresentou aumento significativo na oxidação de gordura durante exercício contínuo, após a ingestão de 1,66 g de Tau dissolvida em suco light.

Em relação ao tempo de consumo de Tau antes do exercício físico aeróbico, estudos apresentaram melhora significativa com 40 minutos^{23,24,29,30}, 30 minutos^{27,31}, 60 minutos²² e 10 minutos³³.

Na tabela 2 são apresentados os resultados do desempenho físico após o consumo de Tau. Em relação aos artigos selecionados, dois dos três revelaram melhoras significativas na performance após a ingestão de Tau vs. placebo para os seguintes aspectos: aumento do tempo (minutos) de *sprint*²⁷ e do número de repetições⁴⁶ de 1 repetição máxima (RM). Em todos os artigos analisados, a administração de Tau foi através de BE, variando-se a concentração de gramas entre os estudos: 1 g²⁷ e 25 mg/kg de peso corporal⁴⁶. Não foi mencionada qual a média de ingestão de Tau dos avaliados, o que dificulta a comparação com outros estudos.

Em relação ao tempo de consumo de Tau antes do exercício físico anaeróbico, estudos apresentaram melhora significativa com 30 minutos²⁷ e 60 minutos⁴⁶. As atividades envolvidas nestes estudos foram *sprint* (ciclismo)²⁷ e repetições máximas no *bench press*⁴⁶.

Discussão

Devido a sua estrutura molecular, a Tau apresenta diversas ações: osmorreguladora, antioxidante, reguladora do fluxo de cálcio intracelular e estabilização da membrana celular¹⁵. Portanto, é razoável supor que o ácido 2-amino-etano-sulfônico pode exercer um efeito benéfico sobre o desempenho físico. Dessa forma uma análise dos possíveis efeitos ergogênicos levantados na tabela 1 e 2 serão apresentados em dois grandes grupos: efeitos ergogênicos sobre o sistema aeróbico e anaeróbico, respectivamente. Em cada um existem mecanismos específicos que serão abordados em sub-tópicos.

Efeito da taurina no desempenho físico aeróbico

Os resultados revelaram que de um total de 11 dos estudos analisados nesta revisão para o componente aeróbico, 8 (72,8%) apontaram um efeito positivo na performance após o consumo de Tau em forma isolada ou como ingrediente de BE (tabela 1). Esses benefícios estiveram concentrados sobre o aumento do tempo total de exercício e da oxidação de gorduras. Também foram mencionados achados positivos quanto ao sistema cardiovascular destacando-se: um aumento no volume de ejeção, na velocidade do fluxo diastólico final, e no VO_{2max}. Por último, foram

encontrados indícios de uma menor percepção de esforço. A seguir serão apresentados mais detalhes de cada um desses fatores.

Tempo total de exercício

Dentre os onze artigos analisados seis destes fizeram um acompanhamento sobre a questão do tempo total de exercício. Foram encontrados efeitos positivos, quanto o aumento na capacidade temporal de execução de exercício^{23,24,27,30,33}, enquanto que outros^{31,47}, não obtiveram vantagens significativas. Esse possível efeito ergogênico foi testado em animais, havendo também uma sinalização de um efeito ergogênico quanto a capacidade temporal de exercício^{34,38}.

Existem evidências que sinalizam que a suplementação de Tau pode contribuir para aumentar a capacidade temporal de sustentação do exercício. Esse resultado estaria relacionado na potencialização da oxidação de gorduras, contribuindo com a desaceleração da taxa de utilização de carboidratos e poupando os estoques de glicogênio, que são extremamente importantes para a realização do exercício de *endurance*⁴⁸. Além disso, a Tau pode reduzir alguns marcadores de estresse oxidativo induzidos pelo exercício, como a creatina quinase (CK) conhecida como

marcador de lesão da musculatura esquelética após os exercícios²⁰. No estudo de Tromm et al³⁷, o grupo suplementado com Tau apresentou redução significativa da atividade da CK. Isto pode ser atribuído ao potencial antioxidante deste aminoácido em sequestrar espécies reativas de oxigênio (ERO) e nitrogênio e modular a homeostase de cálcio celular²⁰. Outro mecanismo, segundo Schurr e Rigor⁴⁹, é que a Tau pode ter efeito sobre o tônus vascular através da vasodilatação, melhorando o fluxo sanguíneo e a oferta de oxigênio, diminuindo assim o processo de isquemia e a produção de ERO.

Em eventos de alto rendimento, estratégias de suplementação poderiam aumentar a capacidade temporal de desempenho físico do atleta. Essa adaptação é extremamente importante em ambiente de treinamento de provas de longa duração, principalmente quando há maior volume de treinamento. Outra situação prática seria em provas de ultra-endurance e de aventura.

Oxidação de gorduras

Dos 11 artigos que relataram o consumo de Tau no desempenho aeróbio, apenas em dois estudos^{42,47} foi avaliada a oxidação de substratos durante

Tabela 1
Efeitos da taurina no desempenho físico aeróbico

Autor	Amostra	Doses	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Percentual de melhora vs. placebo	Escala de Pedro
Alford et al ²⁷	7M / 7 F (18-35 anos)	1g‡	30	Pedalar a 65-75% da FCM	Tempo total de exercício	9*	8
Baum e Weib ²⁹	13 M (26 ± 4 anos)	2g‡	40	Pedalar: 6 min (2 mmol/l) 6 min (3 mmol/l) 6min (5-6 mmol/l) 6 min (acima de 8 mmol/l)	Volume de ejeção	Velocidad do fluxo diastolico final	NR* NR* 9
Gallowey et al ⁴²	8 M (22 ± 1 anos)	4,98 g/dia(7 dias)	Pedalar 120 min (60% VO _{pico})	Não houve efeito: FC, VO ₂ , RER e taxas de oxidação de CHO e de gordura		NR	7
Ivy et al ³⁰	6 M /6 F (27,3 ± 1,7 anos)	2g‡	40	Pedalar uma quantidade de trabalho padronizado correspondente a 60 min de bicicleta o mais rápido possível		- 4,7*	10
Kazemi et al ²⁴	12 F	(22 ± 0,63 anos)	6ml/Kg PC (1 g/250 ml)‡	40	Teste de esteira (Bruce)	Tempo total de exercício VO _{2max} ↑ IPE	9,3* 6,9*-4,5* 9
Nienhueser et al ⁴⁴	10 M (21,4 ± 1,6 anos)	1,25 g‡ (B1) 1g‡ (B2) 1g‡ (B3)	60	Caminhar / correr 50% do VO _{2MÁX} por 15 min	Não houve efeito no VO ₂ , FC e RER	7	
Rahnama et al ²³	10 M (22,4 ± 2,1 anos)	1 g‡ (B1) 1g‡ (B2)	40	Teste de esteira (Bruce)	↑ Tempo total de exercício VO _{2max}		B1: 10,5* B2: 9,7* B1: 11,53* B2: 9,9*
Rutherford et al ²²	11 M(27,2 ± 1,5 anos)	1,66 g	60		Pedalar 90 min a 65% do VO _{2MÁX} / seguido por 5 KJ de Watt/kg de PC, o mais rápido possível	Não houve efeito no tempo total de exercício, FC e IPE ↑Oxidação de gordura (90 minutos)	NR 16* 10
Sheehan Hartzler ⁴⁵	9M/ 3F (20,6 ± 1,6 anos)	1,5 g‡	30	Teste de esteira Ellestad modificado	Não houve efeito: VO _{2MÁX} , FCM, RER	NR	8
Umana-Alvarado e Moncada-Jiménez ³¹	11M (30,18 ± 11,50 anos)	6ml/ Kg PC (400 mg/ 100ml)‡	30	Corrida 10 km (cross country)	Não houve efeito no SG e no tempo total de exercício	↓IP	NR NR*
Walsh et al ³³	9M/6F (20,9 ± 1,0 anos)	2,05g‡	10	Corrida na esteira (70 % VO _{2MÁX}) até à exaustão	Tempo total de exercício	12,5*	10

M: Masculino; F: Feminino; TI: tempo de ingestão; B1: bebida 1; B2: bebida 2; B3: bebida 3; FCM: frequência cardíaca máxima; VO_{2MÁX}: consumo máximo de oxigênio; PC: peso corporal; FC: frequência cardíaca; IPE: índice de percepção de esforço; VO₂: consumo de oxigênio; RER: razão de troca respiratória; CHO: carboidratos; NR: não relatado; SG: sintomas gastrointestinais ‡ Tau contida em bebida energética; * Melhora significativa (p<0,05) vs. placebo.

o exercício, indicado assim que ainda é necessário maior aprofundamento sobre essa resposta metabólica. Contudo, o estudo de Rutherford et al⁴⁷ revelou aumento de 16% nas taxas de oxidação de gordura durante exercício contínuo após o consumo de 1,66 g de Tau, sinalizando que o aumento na oxidação de gordura durante o exercício poderia ser decorrente dos efeitos da Tau. Cabe destacar que vários estudos com cultura de células *in vitro* têm mostrado que a produção de cAMP pode ser diretamente estimulada pela Tau, através da ativação da enzima adenilato ciclase⁵⁰⁻⁵² ou, talvez, por meio de um aumento da secreção de catecolaminas⁵³. Este mecanismo é responsável pela elevação da lipólise e oxidação de gordura durante a realização de exercícios de intensidade moderada. Esta hipótese pode ser confirmada em trabalhos de Jester et al⁵⁴, que verificaram que bebida contendo taurina, cafeína e carboidratos resultou em aumento significativo dos níveis de epinefrina e norepinefrina no plasma em comparação à bebida com quantidades idênticas de cafeína e carboidratos; em outro estudo³² foi mostrado aumento de ácidos graxos livres no plasma após 45 minutos de um exercício submáximo no cicloergômetro com a ingestão de um bebida contendo taurina, carboidratos e cafeína, em comparação à uma bebida com as mesmas quantidades de carboidratos e cafeína.

Já Galloway et al⁴² analisaram a suplementação de 4,98g/dia por um período de sete dias e verificaram que durante o exercício contínuo não houve diferença significativa na taxa de oxidação de substratos. Os autores justificaram estes resultados destacando que este potencial da Tau de afetar a lipólise é decorrente da ligação com os receptores da membrana celular e, com isso, o músculo esquelético não conseguiria captar Tau extra após a suplementação de uma semana. Dessa forma, são necessários que examinem o efeito agudo e crônico da administração apenas de Tau antes da prática esportiva, para corroborar estes achados sobre a oxidação de substratos. Confirmada essa ação ergogênica, não somente atletas de provas de longa distância poderiam ser beneficiados, mas principalmente a população que realiza exercícios com o propósito de emagrecer, pois poderia potencializar a velocidade de emagrecimento.

Respostas do sistema cardiovascular

O desempenho aeróbio foi analisado em 11 artigos, porém, em apenas sete foram investigadas respostas do sistema cardiovascular após o consumo de Tau. Algumas melhoras significativas foram verificadas na capacidade cardiorrespiratória^{23,24}, no volume de ejeção²⁹ e na velocidade do fluxo diastólico final²⁹.

Diversos fatores têm sido relacionados a essas respostas, entre elas a indicação que Tau exerce ação protetora quando o coração está sob situ-

ações de estresse⁵⁵. Os mecanismos atribuídos a Tau incluem a modulação da capacidade do depósito de cálcio no retículo sarcoplasmático e maior taxa de bombeamento de cálcio ativada pela ATPase ou as influências nos canais iônicos¹⁵. Outro biomecanismo atribuído poderia ser o *turnover* do cAMP aumentado no coração através da estimulação da adenilato ciclase e fosfodiesterase induzida pela taurina¹⁶. Em estudo realizado por Baum e Weib²⁹ com investigação ecocardiográfica, antes e depois do exercício, os autores relataram aumento na contratilidade do átrio esquerdo, maior fração de encurtamento cardíaco (*Fractional Shortening*), acompanhada de grande ejeção sanguínea após o consumo de Tau em combinação com cafeína. Estes aumentos não foram observados no grupo que ingeriu apenas cafeína. Outros autores observaram efeito inotrópico positivo deste aminoácido^{32,56} ingerida isoladamente e, ou, em combinação com cafeína, podendo, dessa forma, explicar a razão de a Tau melhorar o desempenho físico³⁴.

Essas respostas no sistema cardiovascular, se confirmadas, podem ter efeitos importantes, tanto em atletas submetidos de forma crônica e aguda ao treinamento, atuando como um fator de cardioproteção, quanto em cardíacos submetidos a um programa de treinamento, potencializando assim sua recuperação. São focos interessantes de novos estudos realizados em humanos e também em modelo animal.

Redução da percepção de esforço

Apenas em três estudos^{24,31,47} foi analisada a percepção de esforço após a suplementação com Tau. Verificou-se, em estudos de Kazemi et al²⁴ e Umana-Alvarado e Moncada-Jimenez³¹, redução significativa do índice de percepção de esforço (IPE) vs. placebo. Porém, segundo estes autores, tal resultado deveu-se à presença de cafeína, que pode reduzir a sensação de dor através de seus efeitos como um antagonista de adenosina. Já em estudo de Rutherford et al⁴⁷ não foi encontrada diferença no IPE, e estes não explicaram a ocorrência de tal fato. Dessa forma, é necessário ampliar os estudos nessa linha da psicofisiologia, visando à obtenção de resultados mais consistentes.

Tendo em vista que o consumo de Tau é considerado legal pela WADA⁵⁷ e que existem fortes indícios científicos de que este suplemento possa produzir uma ação ergogênica, passa a ser interessante a sua utilização, aprimorando o desempenho em competição ou a qualidade do treino, em atividades de perfil aeróbio como ciclismo, mountain bike, triathlon e corrida de longa duração. Outros grupos populacionais também podem ser potencialmente beneficiados como os obesos e cardíacos, requerendo, contudo, que se focam estudos mais aprofundados.

Tabela 2

Efeitos da taurina no desempenho físico anaeróbico

Autor	Amostra	Doses	TI (minutos)	Protocolo	Resultados	Percentual de melhora vs. placebo	Escala de Pedro
Alford et al. ²⁷	M / SF (20-21 anos)	1g ‡	30	Pedalar na carga máxima de trabalho	Tempo total de exercício	24*	8
Astorino et al. ²⁸	15F (19,5 ± 1,1 anos)	1g ‡	60	Três séries de oito sprints no T-test modificado	Não houve efeito no tempo do teste, FC e IPE	NR	8
Forbes et al. ⁴⁶	11M/ 4 F (21 ± 5 anos)	25 mg/kg PC ‡	60	Três séries a 70% 1RM (<i>bench press</i>) + Três testes de Wingate	Número de repetições; Não houve efeito na potência (Watts)	6 * NR	8

M: Masculino; F: Feminino; TI: Tempo de Ingestão; PC: Peso Corporal; FC: Frequência Cardíaca; IPE: Índice de Percepção de Esforço; NR: Não Relatado; ‡Tau Contida em Bebida Energética; * Melhora Significativa (p<0,05) vs. Placebo.

Efeito da taurina no desempenho físico anaeróbio

Exercícios intensos e de curta duração, por exemplo provas de 100 metros (m), levantamento repetitivo de pesos, natação de 25 m, movimentos rápidos do futebol, no voleibol e basquete, requerem fornecimento imediato de energia⁵⁸. Nesta situação, a transferência de energia eficiente é fundamental para a manutenção do desempenho, e, nesse caso, o consumo de Tau poderia assim estar relacionado com a melhoria no desempenho dessas modalidades.

Os resultados revelaram que dois dos três artigos analisados nesta revisão apontaram efeito positivo no desempenho, após o consumo deste aminoácido presente nas BE (tabela 2). Esses benefícios estiveram concentrados sobre o aumento do tempo total de exercício de carga máxima²⁷ e do número de repetições a 1 RM⁴⁶.

A suplementação de Tau pode contribuir para tais benefícios, tendo em vista que seu consumo pode manter a concentração deste substrato nos músculos esqueléticos, regular a concentração de cálcio (Ca^{+2}) intracelular, aumentar a taxa de absorção do retículo sarcoplasmático (RS), além de sua capacidade de armazenamento total das vesículas do RS, contribuindo assim para a contração muscular¹⁶.

Bakker e Berg⁵⁹ verificaram aumento na produção de força nas fibras musculares de animais roedores após a suplementação de Tau, possivelmente em razão de maior liberação de Ca^{+2} do retículo sarcoplasmático e da sensibilidade do Ca^{+2} no acoplamento excitação-contracção. Matsuzaki et al⁶⁰ demonstraram, em estudo realizado em ratos, que as concentrações de Tau muscular diminuem significativamente após o exercício, sendo esse decréscimo específico para fibras de contração rápida. Essa diminuição tem sido explicada por várias hipóteses como ação sinérgica da Tau e AMPc durante a contração muscular, contribuindo, portanto, para aumentar a atividade das enzimas glicolíticas através de um provável aumento na secreção de catecolaminas. Esse decréscimo poderia também estar associado à queda da concentração de sódio e ao aumento da concentração de lactato no soro, uma vez que o transporte de Tau é facilitado pelos íons de cloro e sódio e inibido pelo lactato e alanina⁶⁰. Tudo indica que a reposição de Tau pode ser apropriada para praticantes de modalidades com perfil eminentemente anaeróbio.

No estudo de Astorino et al²⁸ não houve diferença no tempo de *sprint* entre as bebidas. Segundo estes autores, a ausência de um efeito positivo de Tau pode ser devida ao número de *sprints* insuficiente para gerar um quadro de fadiga, principalmente por se tratar de jogadoras de futebol que já estão habituadas com este tipo de estímulo.

Cabe destacar que todos os estudos foram realizados em ambiente terrestre, o que abre uma possibilidade de estudo em ambiente aquático. Também não foram realizados estudos em condições de exercício acíclico e intermitente, como o futebol ou judô, possibilitando assim novos horizontes interessantes de estudo.

Posição crítica sobre os estudos

O consumo de apenas 1 g de Tau, independentemente do tempo prévio de ingestão, apresentou efeitos ergogênicos no desempenho físico aeróbio e anaeróbio. Entretanto, não se pode afirmar que estes benefícios se devem ao consumo de Tau de forma exclusiva, pois as BE contêm outros ingredientes como cafeína, glucoronolactona e vitaminas do grupo B que, quando combinados, podem contribuir na performance.

Não é possível apontar qual a melhor dose e o tempo ideal de ingestão da Tau na melhora do desempenho esportivo, uma vez que nenhum

estudo teve como objetivo principal a análise destes fatores. Além disso, as discrepâncias dentre as atividades realizadas, as características amostrais e o local dos experimentos dificultam a comparação entre os estudos selecionados. Estudos futuros deverão explorar o efeito do consumo pré-exercício de Tau nos esportes e investigar a dose e o tempo ideal de ingestão para a obtenção de melhores resultados.

Conclusões

Existem evidências de que o consumo de apenas 1 g de Tau, independentemente do tempo prévio de ingestão, apresentou efeito ergogênico tanto em exercícios de componente aeróbio com anaeróbio. No componente aeróbio foram observados efeitos positivos sobre o aumento do tempo total de exercício, na oxidação de gorduras e no sistema cardiovascular. Já no exercício de componente anaeróbio os efeitos foram observados sobre o aumento do tempo total de exercício de carga máxima e do número de repetições a 1 RM.

Existe uma série de implicações metabólicas decorrentes do consumo da Tau. Dentre as principais, destacam-se: maior potencial de oxidação de gorduras durante o exercício aeróbio e melhor resposta dos íons de Cálcio na contração muscular no exercício anaeróbio.

Os efeitos ergogênicos de Tau, se comprovados, podem ser interessantes tanto na dinâmica diária de treinamento e competição de atletas como de certas populações especiais, a exemplo de obesos e de cardíacos.

RESUMO

Objetivo. Descrever os efeitos da taurina (Tau) no desempenho físico aeróbio e anaeróbio, além de apresentar os seus mecanismos de ação.

Métodos. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura na base de dados PubMed/Medline e SportDiscus, tendo como critérios de inclusão estudos com humanos, publicados em língua inglesa, entre 1° de janeiro de 2000 e 1° de setembro de 2011. A forma de ingestão de Tau incluiu: Tau isolada ou como ingrediente das bebidas energéticas analisada com um suplemento placebo. A qualidade dos estudos selecionados foi avaliada pela escala de PEDro e incluídos os artigos com pontuação superior a 5.

Resultados. Foram selecionados, após o processo de filtragem, 14 estudos, sendo 11 com alterações no desempenho físico aeróbio e 3 no desempenho físico anaeróbio. Melhoras significativas foram observadas nas atividades aeróbicas (8 dos 11 artigos) e nas atividades anaeróbicas (2 dos 3 estudos) após a ingestão de Tau vs. placebo.

Conclusão. O consumo de apenas 1 g de Tau, independentemente do tempo prévio de ingestão, apresentou efeito benéfico no desempenho físico aeróbio e anaeróbio. O principal efeito ergogênico observado do componente aeróbio está centrado no aumento da capacidade temporal de realização do exercício, enquanto que na atividade anaeróbia haveria melhor resposta dos íons de cálcio durante a contração muscular.

Palavras-chave:

Taurina.
Recursos ergogênicos.
Bebida energética.
Esportes.

Referências

1. Camerino DC, Tricarico D, Pierno S, Desaphy J-F, Liantonio A, Pusch M, et al. Taurine and Skeletal Muscle Disorders. *Neurochem Res.* 2004;29:135-42.
2. Zhang M, Izumi I, Kagamimori S, Sokejima S, Yamagami T, Liu Z, et al. Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. *Amino Acids.* 2004;26:203-7.

3. Timbrell JA, Seabra V, Waterfield CJ. The in vivo and in vitro protective properties of taurine. *Gen Pharmacol*. 1995;26:453-62.
4. Brosnan JT, Brosnan ME. The sulfur-containing amino acids: an overview. *J Nutr*. 2006;136:1636S-49S.
5. van de Poll MC, Dejong CH, Soeters PB. Adequate range for sulfur-containing amino acids and biomarkers for their excess: lessons from enteral and parenteral nutrition. *J Nutr*. 2006;136:1694S-700S.
6. Laidlaw SA, Grosvenor M, Kopple JD. The taurine content of common foodstuffs. *J Parenteral Enteral Nutr*. 1990;14:183-8.
7. Rana SK, Sanders TA. Taurine concentrations in the diet, plasma, urine and breast milk of vegans compared with omnivores. *J Nutr*. 1986;56:17-27.
8. Stipanuk M. Role of the Liver in Regulation of Body Cysteine and Taurine Levels: A Brief Review. *Neurochem Res*. 2004;29:105-10.
9. Korang K, Milakofsky L, Hare TA, Hoffer JM, Vogel WH. Taurine administration raises plasma taurine levels and affects certain plasma amino acids and related compounds in rats. *Adv Exp Med Biol*. 1996;403:51-3.
10. Thompson GN. Excessive fecal taurine loss predisposes to taurine deficiency in cystic fibrosis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 1988;7:214-9.
11. Schaffer S, Takahashi K, Azuma J. Role of osmoregulation in the actions of taurine. *Amino Acids*. 2000;19(3-4):527-46.
12. Pasantes-Morales H, Quesada O, Moran J. Taurine: an osmolyte in mammalian tissues. *Adv Exp Med Biol*. 1998;442:209-17.
13. Conte CD, Bryant SH, Mambrini M, Franconi F, Giotti A. The action of taurine on muscle fibers of normal and congenitally myotonic goats. *Pharmacol Res*. 1990;22:93-4.
14. Pasantes MH, Wright CE, Gaull GE. Taurine protection of lymphoblastoid cells from iron-ascorbate induced damage. *Biochem Pharmacol*. 1985;34:2205-7.
15. Huxtable RJ. Physiological actions of taurine. *Physiol Rev*. 1992;72:101-63.
16. Schaffer SW, Jong CJ, Ramila KC, Azuma J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *J Biomed Sci*. 2010;17 Suppl 1:S2.
17. Schaffer SW, Azuma J, Mozaffari M. Role of antioxidant activity of taurine in diabetes. *Can J Physiol Pharmacol*. 2009;87:91-9.
18. Ricci C, Pastukh V, Leonard J, Turrens J, Wilson G, Schaffer D, et al. Mitochondrial DNA damage triggers mitochondrial-superoxide generation and apoptosis. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2008;294:C413-22.
19. Conte Camerino D, Tricarico D, Pierno S, Desaphy JF, Liantonio A, Pusch M, et al. Taurine and skeletal muscle disorders. *Neurochem Res*. 2004;29:135-42.
20. Silva LA, Silveira PC, Ronsani MM, Souza PS, Scheffer D, Vieira LC, et al. Taurine supplementation decreases oxidative stress in skeletal muscle after eccentric exercise. *Cell Biochem Funct*. 2011;29:43-9.
21. Lourenco R, Camilo ME. Taurine: a conditionally essential amino acid in humans? An overview in health and disease. *Nutr Hosp*. 2002;17:262-70.
22. Rutherford JA, Spriet LL, Stellingwerff T. The effect of acute taurine ingestion on endurance performance and metabolism in well-trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010;20:322-9.
23. Rahnema N, Gaeini A, Kazemi AF. The effectiveness of two energy drinks on selected indices of maximal cardiorespiratory fitness and blood lactate levels in male athletes. *J Res Med Sci*. 2010;15:127-32.
24. Kazemi F, Gaeini AA, Kordi MR, Rahnema N. The acute effects of two energy drinks on endurance performance in female athlete students. *Sport Sciences for Health*. 2009;5:55-60.
25. Petróczi A, Naughton DP, Pearce G, Bailey R, Bloodworth A, McNamee M. Nutritional supplement use by elite young UK athletes: fallacies of advice regarding efficacy. *J Int Soc Sports Nutr*. 2008;5:22.
26. Seidl R, Peyrl A, Nicham R, Hauser E. A taurine and caffeine-containing drink stimulates cognitive performance and well-being. *Amino Acids*. 2000;19:635-42.
27. Alford C, Cox H, Wescott R. The effects of Red Bull Energy Drink on human performance and mood. 2001;21:139-150.
28. Astorino TA, Matera AJ, Basinger J, Evans M, Schurman T, Marquez R. Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. *Amino Acids*. 2012;42:1803-8.
29. Baum M, Weiss M. The influence of a taurine containing drink on cardiac parameters before and after exercise measured by echocardiography. *Amino Acids*. 2001;20:75-82.
30. Ivy JL, Kammer L, Ding Z, Wang B, Bernard JR, Liao Y-H, et al. Improved Cycling Time-Trial Performance After Ingestion of a Caffeine Energy Drink. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2009;19:61-78.
31. Umana-Alvarado M, Moncada-Jiménez J. Consumption of an 'Energy Drink' does not Improve Aerobic Performance in Male Athletes. *International Journal of Applied Sports Sciences*. 2005; 17:26-34.
32. Geib KR, Jester I, Falke W, Hamm M, Waag KL. The effect of a taurine containing drink on performance in 10 endurance-athletes. *Amino Acids*. 1994;7:45-56.
33. Walsh AL, González AM, Ratamess NA, Kang J, Hoffman JR. Improved time to exhaustion following ingestion of the energy drink Amino Impact. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7:14.
34. Yatabe Y, Miyakawa S, Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ochiai N. Effects of taurine administration in rat skeletal muscles on exercise. *J Orthop Sci*. 2003; 8:415-9.
35. Goodman CA, Horvath D, Stathis C, Mori T, Croft K, Murphy RM, et al. Taurine supplementation increases skeletal muscle force production and protects muscle function during and after high-frequency in vitro stimulation. *J Appl Physiol*. 2009;107:144-54.
36. Dawson R, Jr., Biasetti M, Messina S, Dominy J. The cytoprotective role of taurine in exercise-induced muscle injury. *Amino Acids*. 2002;22:309-24.
37. Baumer Tromm C, Bom K, Moreira da Silva D, Wingist Guerro G, Laurentino da Rosa G, Pinho RAd, et al. Taurine supplementation decreases serum oxidative stress after eccentric exercise. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 2011;5:34-44.
38. Miyazaki T, Matsuzaki Y, Ikegami T, Miyakawa S, Doy M, Tanaka N, et al. Optimal and effective oral dose of taurine to prolong exercise performance in rat. *Amino Acids*. 2004;27:291-8.
39. Dall'Agnol T, Souza PFA. Efeitos fisiológicos da taurina contida em uma bebida energética em indivíduos fisicamente ativos. *Rev Bras Med Esporte*. 2009;15:123-6.
40. Candow DG, Kleisinger AK, Grenier S, Dorsch KD. Effect of Sugar-Free Red Bull energy drink on high-intensity run time-to-exhaustion in young adults. *J Strength Cond Res*. 2009;23:1271-5.
41. Schuller-Levis GB, Park E. Taurine: new implications for an old amino acid. *FEMS Microbiol Lett*. 2003;226:195-202.
42. Galloway SDR, Talanian JL, Shoveller AK, Heigenhauser GJF, Spriet LL. Seven days of oral taurine supplementation does not increase muscle taurine content or alter substrate metabolism during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*. 2008;105:643-51.
43. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*. 2003;83:713-21.
44. Nienhueser J, Brown GA, Shaw BS, Shaw I. Effects of Energy Drinks on Metabolism at Rest and During Submaximal Treadmill Exercise in College Age Males. *Int J Exerc Sci*. 2011;4:65-76.
45. Sheehan KM, Hartzler HLK. Effects of XS® Energy Drink on Aerobic Exercise Capacity of Athletes. *Int J Exerc Sci*. 2011;4:152-63.
46. Forbes SC, Candow DG, Little JP, Magnus C, Chilibeck PD. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17:433-44.
47. Rutherford JA, Spriet LL, Stellingwerff T. The Effect of Acute Taurine Ingestion on Endurance Performance and Metabolism in Well-Trained Cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010;20:322-9.
48. Morifuji M, Kanda A, Koga J, Kawanaka K, Higuchi M. Preexercise ingestion of carbohydrate plus whey protein hydrolysates attenuates skeletal muscle glycogen depletion during exercise in rats. *Nutrition*. 2011;27:833-7.
49. Schurr A, Rigor BM. The mechanism of neuronal resistance and adaptation to hypoxia. *FEBS Lett*. 1987;224:4-8.
50. Chen YX, Zhang XR, Xie WF, Li S. Effects of taurine on proliferation and apoptosis of hepatic stellate cells in vitro. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. 2004;3:106-9.
51. Mal'chikova LS, Elizarova EP. Taurine and the adenosine cyclic monophosphate levels in the heart. *Kardiologia*. 1981;21:85-9.
52. Mal'chikova LS, Speranskaia NV, Elizarova EP. Effect of taurine on cyclic AMP and GMP levels in the hearts of rats exposed to stress. *Biull Eksp Biol Med*. 1979;87:134-7.
53. Takekura H, Tanaka H, Watanabe M, Yoshikawa T, Ono M. Effect of taurine on glycolytic and oxidative enzyme activities of rat skeletal muscles. *Sulfur-Containing Amino Acids*. 1986;9:125-32.
54. Jester I, Grigereit M, Bernhardt M, Heil S, Banzer W. Effects of ingesting ataurine-enriched, caffeine-containing drink on performance and haemodynamics in acyclic trained athletes. *Amino Acids*. 1997;13:72-3.
55. Azuma J, Sawamura A, Awata N. Usefulness of taurine in chronic congestive heart failure and its prospective application. *Jpn Circ J*. 1992;56:95-9.
56. Ono M, Watanabe M, Minato K. Effects of taurine on the metabolism under physical exercise. *Sulfur Amino Acids*. 1987;10:183-6.
57. Agency WA-D. The 2011 Prohibited list World Anti-Doping code. [Acesso 09 dez 2011]. Disponível em http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-Prohibited-list/To_be_effective/WADA_Prohibited_List_2011_EN.pdf
58. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 6.ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008.
59. Bakker AJ, Berg HM. Effect of taurine on sarcoplasmic reticulum function and force in skinned fast-twitch skeletal muscle fibres of the rat. *J Physiol*. 2002;538:185-94.
60. Matsuzaki Y, Miyazaki T, Miyakawa S, Bouscarel B, Ikegami T, Tanaka N. Decreased taurine concentration in skeletal muscles after exercise for various durations. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:793-7.