

O Papel do Esteróide Anabolizante Sobre a Hipertrofia e Força Muscular em Treinamentos de Resistência Aeróbica e de Força

CIÊNCIAS DO EXERCÍCIO
E DO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

The Role of Anabolic Steroids on Hypertrophy and Muscular Strength in Aerobic Resistance and Strength Training

Everton Crivoi do Carmo¹
Carlos Roberto Bueno Junior²
Tiago Fernandes¹
Diego Barretti¹
Stéphano Freitas Soares¹
Natan Daniel da Silva Junior¹
Marco Carlos Uchida³
Patrícia Chakur Brum²
Edilamar Menezes de Oliveira¹

1. Laboratório de Bioquímica da Atividade Motora - Escola de Educação Física e Esporte Universidade de São Paulo São Paulo - Brasil.

2. Laboratório de Fisiologia Celular e Molecular do Exercício - Escola de Educação Física e Esporte Universidade de São Paulo São Paulo - Brasil.

3. Curso de Educação Física Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde Unifief - São Paulo - Brasil.

Correspondência:

Laboratório de Bioquímica da Atividade Motora
Escola de Educação Física e Esporte
Universidade de São Paulo
São Paulo - Brasil
Av. Mello Moraes, 65 - Cidade Universitária - 05508-030
São Paulo - SP
E-mail: edilamar@usp.br

RESUMO

Introdução: Os efeitos dos esteróides anabolizantes (EA) sobre a massa muscular e força são controversos e dependentes do treinamento realizado e das fibras musculares recrutadas. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da associação de EA ao treinamento de força ou aeróbico sobre a hipertrofia e força muscular. **Métodos:** Ratos Wistar (42) foram divididos em seis grupos: sedentário (SC, n = 7), sedentário anabolizante (SA, n = 7), treinado natação controle (TNC, n = 7), treinado natação anabolizante (TNA, n = 7), treinado força controle (TFC, n = 7) e treinado força anabolizante (TFA, n = 7). O EA foi administrado duas vezes por semana (10mg/kg/semana). Os protocolos de treinamento foram realizados durante 10 semanas, cinco sessões semanais. Foram avaliadas a hipertrofia dos músculos sóleo, plantar e gastrocnêmio (massa muscular corrigida pelo comprimento da tíbia), a proteína total muscular (Bradford) e a força muscular em patas traseiras (testes de resistência à inclinação). **Resultados:** Não foram observadas diferenças significantes na hipertrofia do músculo sóleo. Os grupos TFC e TFA apresentaram, respectivamente, hipertrofia de 18% e 31% no músculo plantar comparado ao grupo SC. A hipertrofia foi 13% maior no grupo TFA em relação ao grupo TFC. Resultados semelhantes foram encontrados no músculo gastrocnêmio. Os grupos TFC e TFA apresentaram significantes aumentos na quantidade total de proteína nos músculos plantares, sendo essa mais pronunciada no grupo TFA e positivamente correlaciona a hipertrofia muscular. Observamos aumento de força nas patas traseiras nos grupos TCF e TAF. **Conclusão:** A administração de EA ou sua associação ao treinamento aeróbico não aumenta a massa muscular e força. Porém, à associação ao treinamento de força leva a maior hipertrofia muscular em fibras glicolíticas. Portanto, o tipo de treinamento físico, recrutamento muscular e características das fibras musculares, parecem ter importante impacto sobre as respostas anabólicas induzidas pelo EA.

Palavras-chave: hipertrofia, músculo esquelético, treinamento físico, ratos.

ABSTRACT

Introduction: The effects of the anabolic steroids (AS) on muscle mass and strength are controversial and dependent on the training protocol performed and the muscle fibers recruited. Thus, the aim of this study was to evaluate the AS effects combined with strength training or aerobic exercise training on muscle hypertrophy and strength. **Methods:** Wistar rats (42) were divided into six groups: sedentary control (SC, n = 7), steroid sedentary (SS, n = 7), swimming training control (STC, n = 7), swimming training steroid (STS, n = 7), strength training control (SRC, n = 7) and strength training steroid (SRS, n = 7). AS was administered twice a week (10mg/kg/week). The training protocols were performed for 10 weeks, 5 sessions per week. Soleus, gastrocnemius and plantar hypertrophy (muscle mass corrected for tibia length), total muscle protein (Bradford) and muscle strength in hind limb (resistance to twist) were assessed. **Results:** No significant differences were observed in soleus muscle hypertrophy. SRC and SRS groups showed hypertrophy of 18% and 31% in plantar muscles compared to the SC group. Hypertrophy was 13% higher in SRS than SRC group. Similar results were found in gastrocnemius muscle. SRC and SRS groups showed significant increases in the protein total amount in the plantar muscles, it was more pronounced in SRS group and positively correlated to muscle hypertrophy. The strength was increase in SRC and SRS groups. **Conclusion:** AS administration or its association to aerobic training does not increase muscle mass and strength. However, its association to strength training leads to muscle hypertrophy in glycolytic fibers. Therefore, the physical training protocol, muscle recruitment and muscle fibers characteristics, appear to have significant impact on anabolic responses induced by AS.

Keywords: hypertrophy, skeletal muscle, physical training, rats.

INTRODUÇÃO

Os esteroides anabolizantes (EA) inicialmente foram sintetizados para fins terapêuticos; entretanto, tendo em vista seus possíveis efeitos sobre o aumento da síntese proteica, o incremento das reservas energéticas e a redução no tempo de recuperação após treinamento físico, passaram a ser utilizados por atletas para melhorar o desempenho esportivo⁽¹⁾, figurando atualmente entre as substâncias ergogênicas mais utilizadas nas situações de *doping*⁽²⁾.

Pesquisas mostram o aumento crescente do uso de EA por praticantes de treinamento de forças recreacionais⁽¹⁾, que têm como principal objetivo melhorar a aparência física. Esses indivíduos geralmente fazem uso de doses supra fisiológicas, chegando a valores de 10 a 100 vezes maiores do que os indicados para fins clínicos⁽³⁾. Entretanto, os verdadeiros efeitos dos EA sobre a massa muscular e força ainda são controversos na literatura e parecem ser dependentes, entre outros fatores, do regime de treinamento utilizado⁽⁴⁾, visto que somente vão promover aumento da massa muscular e da força se forem associados a estímulos – treinamento físico e dieta – específicos⁽⁵⁾.

Estudo mostrou que o EA associado ao treinamento de força melhorou o desempenho de atletas em torno de 1 a 5%, que pode não ser estatisticamente significativa, mas pode representar a vitória em esportes de alto nível⁽⁴⁾. Também são mostrados aumento de força em cerca de 5 a 20% e aumento da massa corpórea entre 2 a 5kg, o que foi diretamente relacionado ao aumento da massa magra e tamanho muscular⁽⁶⁾. Por outro lado, alguns estudos não encontraram aumento de massa muscular e força induzidos pelo EA^(7,8). Essas divergências nos resultados podem ser decorrentes dos diferentes EA utilizados, doses administradas ou protocolos de treinamento aplicados. Como pode ser observado, ainda permanecem dúvidas na literatura sobre os verdadeiros efeitos dos EA quando associados ao treinamento de força.

Apesar do uso de EA estar mais relacionado a indivíduos praticantes de exercícios que envolvam potência muscular e força, muitos atletas de modalidades aeróbias utilizam EA⁽⁹⁾. Esses indivíduos têm como objetivo diminuir o catabolismo induzido pelo grande volume de treinamento⁽⁹⁾. Segundo Zyl *et al.*⁽¹⁰⁾, que investigaram a resistência em corrida submáxima com uso de EA, verificou-se a melhora de 41% no desempenho aeróbio. No entanto, outro estudo mostra que o uso de EA não altera a fadiga em ratos treinados em natação⁽¹¹⁾. Portanto, os efeitos dos EA associados ao treinamento aeróbio são controversos. Os estudos que investigam a associação de EA ao treinamento aeróbio não avaliam seus efeitos sobre a massa muscular e a força, o que os torna, até o momento, desconhecidos.

Considerando as controvérsias encontradas na literatura a respeito dos efeitos do EA associado a diferentes protocolos de treinamento físico sobre a massa muscular e a força, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da associação de EA ao treinamento de força ou aeróbio (natação) sobre a hipertrofia dos músculos sóleo, plantar e gastrocnêmios e sobre a força muscular.

MÉTODOS

Amostra: Foram utilizados 42 ratos Wistar machos, com massa corpórea inicial de $260 \pm 6g$. Os animais foram mantidos em gaiolas, de três a cinco animais, separados por grupos, no biotério do Laboratório de Bioquímica da Atividade Motora da EEFE/USP com temperatura mantida entre 22 e 24°C e controle de luminosidade, em ciclo invertido claro-escuro de 12 horas. Água e comida foram administradas ad libitum e os animais foram pesados semanalmente. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da USP e de acordo com as normas do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

Tratamento: Os animais foram aleatoriamente divididos em seis grupos experimentais (cada grupo, $n = 7$): sedentário controle (SC), sedentário anabolizante (SA), treinado natação controle (TNC), treinado natação anabolizante (TNA), treinado força controle (TFC) e treinado força anabolizante (TFA). Foram administradas injeções subcutâneas de veículo (controles) ou EA, Decanoato de Nandrolona (Decadurabolin; Organon, Roseland, NJ), duas vezes por semana, na dose de 5mg/kg por seção, totalizando 10mg/kg/semana. Essa dose equivale à geralmente utilizada por atletas (600mg/semana)⁽¹²⁾.

Treinamento de natação: Foi realizado segundo protocolo adaptado por Medeiros *et al.* (2004)⁽¹³⁾, em sistema de natação com água aquecida entre 30-32°C, durante 10 semanas, sendo realizadas cinco sessões semanais, com aumento gradual do tempo da sessão, até atingir 60 minutos, e da sobrecarga de trabalho (peso atado a cauda do animal) até ser atingido 5% da massa corporal. Esse protocolo é caracterizado como treinamento aeróbio de baixa intensidade e longa duração⁽¹³⁾.

Treinamento de força: Foi realizado segundo o modelo proposto por Tamaki *et al.* (1992)⁽¹⁴⁾. Os animais foram envolvidos com uma capa de lona inibindo a torção e flexão do seu tronco e foram colocados sobre o aparelho de agachamento, onde ficavam sustentados em suas patas traseiras. Uma estimulação elétrica (20V, 0,3 segundo de duração por três segundos de intervalo) foi aplicada na cauda do rato por meio de um eletrodo. Como resultado, os ratos estendiam as suas patas traseiras levantando o braço do aparelho com a carga estipulada (figura 1).

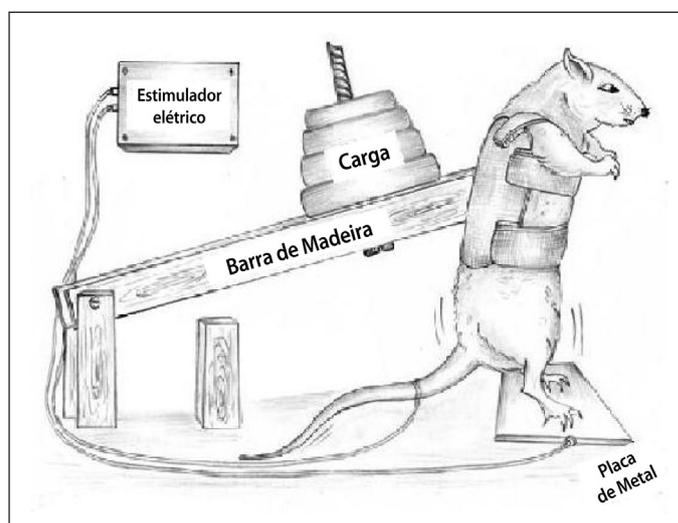


Figura 1. Aparato de treinamento de força adaptado de Tamaki *et al.* (1992).

Os animais realizaram quatro séries de 12 repetições com 90 segundos de intervalo entre as séries, cinco vezes por semana por 10 semanas. Antes do início do treinamento foram realizadas duas semanas de adaptação dos animais ao aparelho. Após a realização do teste de uma repetição máxima (1RM) no aparelho de agachamento, estipulou-se para a carga de treinamento a intensidade de 75% de 1RM. A carga máxima de cada animal foi estipulada como sendo o maior peso que o animal pode levantar após estímulo elétrico. Essa foi realizada com periodicidade de duas semanas até a última semana, ação importante para os ajustes na intensidade do treinamento.

Testes de resistência à inclinação: Para a análise da força muscular esquelética em patas traseiras, foi utilizado teste de resistência à inclinação, padronizado anteriormente na literatura⁽¹⁵⁾. Os animais foram colocados sobre uma prancha de madeira, que foi inclinada em velocidade aproximada de cinco graus por segundo, com auxílio

Nas figuras 3A e 3B são apresentados os dados referentes à quantificação de proteína total nos músculos sóleo e plantar de todos os grupos estudados. Não foi observada diferença significativa de proteína total no músculo sóleo em nenhum dos grupos experimentais. No entanto, os grupos que realizaram o treinamento de força (TCF e TAF) apresentaram significativo aumento na quantidade total de proteína no músculo plantar quando comparados aos outros grupos ($p < 0,05$). Também podemos observar maior concentração de proteína no grupo que treinou força e recebeu EA comparado ao grupo que apenas realizou o treinamento de força ($18,81 \pm 0,99$ vs. $17,54 \pm 0,45$, $p < 0,05$). O aumento nas concentrações de proteína total foi positivamente correlacionada com a hipertrofia muscular observada nesses grupos ($R^2 = 0,76$, $p < 0,05$) (figura 3C).

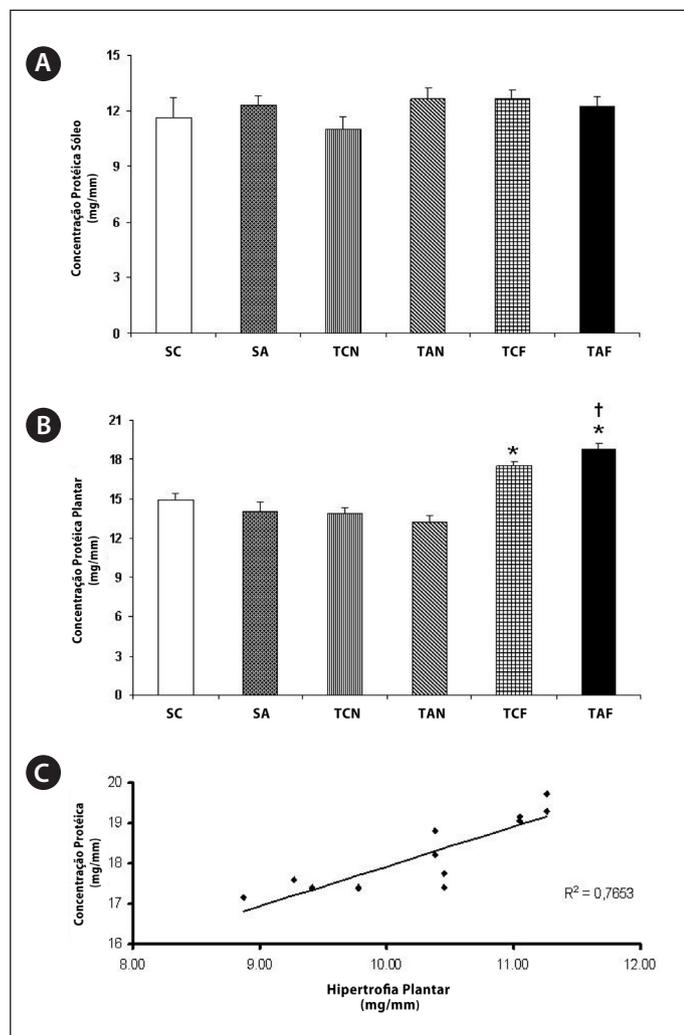


Figura 3. Concentração de proteína total muscular. Concentração de proteína total dos músculos sóleo (3A) e plantar (3B) em animais sedentário controle (SC), sedentário anabolizante (SA), treinado controle natação (TCN), treinado anabolizante natação (TAN), treinado controle força (TCF), treinado anabolizante força (TAF). Gráfico de correlação entre concentração proteína e hipertrofia nos músculos plantares nos grupos treinados em força (3C). Os dados estão representados como média \pm EP. *Diferença significante em relação aos demais grupos, $p < 0,05$. †Diferença significante em relação ao grupo TCF, $p < 0,05$.

O teste de resistência à inclinação, para avaliação da força muscular em patas traseiras, não apresentou diferenças significantes entre os grupos no período pré-experimental. Entretanto, após 10 semanas de tratamento experimental, observamos aumento de força nas patas traseiras dos grupos TCF e TAF em relação aos outros grupos ($p < 0,05$, figura 4).

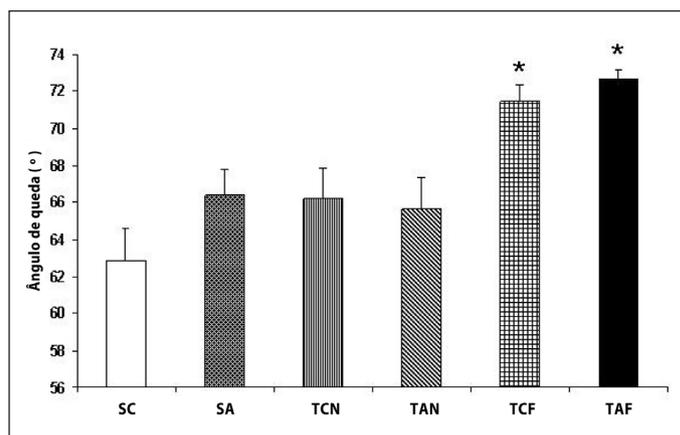


Figura 4. Força muscular em patas traseiras. Força muscular em patas traseiras avaliada pelo teste de resistência a inclinação (ângulo de queda) em animais sedentário controle (SC), sedentário anabolizante (SA), treinado controle natação (TCN), treinado anabolizante natação (TAN), treinado controle força (TCF), treinado anabolizante força (TAF). Os dados estão representados como média \pm EP. *Diferença significante em relação aos demais grupos, $p < 0,05$.

DISCUSSÃO

Os principais resultados encontrados no presente estudo mostram que o EA é eficaz em aumentar a hipertrofia e as concentrações de proteína muscular apenas quando associado ao treinamento de força. Esses efeitos parecem ser dependentes das características das fibras musculares, sendo os efeitos do EA observados no músculo plantar, caracterizado por ser predominantemente composto por fibras glicolíticas. O treinamento de força foi eficaz em aumentar a força muscular nas patas traseiras dos animais. No entanto, o EA parece não exercer influência sobre esse aumento.

Não foram observadas diferenças significantes na massa corporal após o período experimental, embora o grupo TAN tenha apresentado uma tendência a um menor ganho de massa quando comparado aos grupos que realizaram o treinamento de força. A influência do EA sobre a massa corporal ainda é muito contestada na literatura. Em trabalhos anteriores, Yu-Yahiro *et al.*⁽¹⁷⁾, mostraram redução da massa corporal em ratos tratados com EA, sendo essa associada a uma redução do apetite nesses animais. Por outro lado, outros autores não viram diferenças em ratos tratados com EA⁽¹⁸⁾. Em trabalho publicado anteriormente pelo nosso grupo, observamos resultados semelhantes ao presente estudo, no qual o grupo tratado com EA e treinado em natação apresentou menor ganho da massa corporal em relação aos outros grupos, o que foi explicado pela redução da gordura intraperitoneal encontrada, sugerindo que o uso de EA associado ao exercício físico aeróbio pode favorecer a lipólise⁽¹⁹⁾.

Quanto aos efeitos do uso dos EA sobre a hipertrofia muscular, os resultados vão depender principalmente das drogas utilizadas, dose e tipo de treinamento realizado. Quando falamos em treinamento, já é bem estabelecido na literatura que o método mais utilizado para promover hipertrofia muscular é o de alta intensidade e curta duração com aumento progressivo da sobrecarga, como o levantamento de peso⁽¹⁴⁾. Pela dificuldade para se estudar hipertrofia muscular em humanos com métodos invasivos e realizações de biópsia e a impossibilidade da aplicação de doses suprafisiológicas de EA, optamos por utilizar um modelo de treinamento de força proposto por Tamaki *et al.*⁽¹⁴⁾, que desenvolveram um aparelho de agachamento que se mostrou efetivo na promoção da hipertrofia muscular em ratos por mecanismos semelhantes aos encontrados em humanos.

Pelo uso de EA ser mais relacionado a modalidades que envolvem potência e força muscular, os efeitos da sua associação ao treinamento aeróbio sobre a hipertrofia muscular e força não são muito estudados,

sendo ainda pouco conhecidos. No entanto, atletas de modalidades aeróbias⁽⁹⁾, assim como indivíduos que praticam atividade física como forma de lazer⁽¹⁾ e realizam atividades aeróbias durante seus programas de treinamento, fazem uso de EA, o que torna importante o entendimento dos verdadeiros efeitos dos EA quando associado a esse tipo de exercício.

No presente estudo, ambos os grupos que realizaram o treinamento de natação, mesmo quando tratado com EA não apresentaram hipertrofia em nenhum dos músculos analisados, mostrando, assim, que o EA quando associado ao treinamento aeróbio não é eficaz em induzir a hipertrofia muscular, sugerindo que os efeitos dos EA sobre a hipertrofia são dependentes das características de treinamento realizado.

Quando analisamos os grupos que realizaram o treinamento de força, não observamos hipertrofia nos músculos sóleo e gastrocnêmio; no entanto, foi encontrada hipertrofia no músculo plantar desses animais. Quando o EA foi associado ao treinamento de força, observamos hipertrofia nos músculos gastrocnêmio e plantar, sendo essa ainda mais pronunciada quando comparada ao grupo que apenas realizou o treinamento físico, sugerindo, assim, que o EA quando associado ao treinamento de força pode levar a maior hipertrofia muscular.

Resultados semelhantes foram observados por Giorgi *et al.*⁽²⁰⁾, que mostraram em seu estudo aumento mais pronunciado da circunferência do músculo reto femoral no grupo que realizou o treinamento de força associado ao EA comparado ao grupo que realizou o treinamento e recebeu placebo, o que corrobora com os nossos resultados.

Resultados interessantes observados no presente estudo sugerem que o EA pode ter maior efeito sobre músculos compostos predominantemente por fibras musculares glicolíticas, como no caso do músculo plantar, visto que, no músculo sóleo com características predominantemente oxidativas, não foi observada hipertrofia, o que pode explicar a hipertrofia no músculo gastrocnêmio observada no grupo TFA, que pode ter ocorrido pelos efeitos do EA sobre as fibras glicolíticas, sendo o gastrocnêmio caracterizado como músculo misto, composto por fibras glicolíticas e oxidativas. Resultados encontrados na literatura confirmam nossos resultados, nos quais têm sido sugerido que os EA parecem atuar mais sobre fibras musculares com características glicolíticas, de contração rápida, do que sobre fibras de características oxidativas, de contração lenta⁽²¹⁾. Kuipers *et al.*⁽²¹⁾, em seu estudo observaram que oito semanas de administração de EA foi efetivo em aumentar as fibras do músculo deltóide de atletas que realizavam treinamento de força, sendo esse aumento mais evidente em fibras glicolíticas do que em fibras oxidativas. Entretanto, o mesmo trabalho ainda ressalta que o uso de EA pode, também, induzir a hipertrofia em fibras oxidativas, principalmente se a administração da droga ocorrer por um longo período de tempo.

A maior hipertrofia observada em fibras glicolíticas pode estar relacionada à maior concentração de receptores androgênicos, que podem ser alteradas por diversos fatores, incluindo atividade contrátil, concentrações de testosterona e tipo de fibra muscular⁽²²⁾. Estudo mostrou aumento nas concentrações dos receptores androgênicos induzido pelo treinamento de força no músculo extensor longo dos dedos de ratos; por outro lado, foi observada redução desses receptores no músculo sóleo, demonstrando a importância das características das fibras musculares sobre os efeitos do treinamento⁽²³⁾, o que pode explicar os resultados observados no presente estudo.

Buscando entender os efeitos dos EA sobre a hipertrofia muscular, avaliamos a quantidade total de proteína nos músculos plantares, predominantemente glicolítico, e sóleo, predominantemente oxidativo.

A hipertrofia muscular pode ocorrer por aumento da área de secção transversa da fibra ou por incorporação de novas fibras⁽²⁴⁾, sendo que o EA tem sido mostrado por ter importante papel nesse processo, atuando na proliferação e diferenciação de células satélites e dos mio-núcleos⁽²⁵⁾, o que acaba refletindo em uma maior concentração proteica nesses músculos.

Não foram observadas diferenças significantes nas concentrações totais de proteína no músculo sóleo em nenhum dos grupos estudados. Por outro lado, quando analisados o músculo plantar, observamos aumento das concentrações proteicas em ambos os grupos que realizaram o treinamento de força quando comparado aos outros grupos. Assim como os resultados observados em relação à hipertrofia muscular, o aumento na proteína total no grupo que treinou força e recebeu EA foi ainda maior comparado ao grupo que apenas treinou força. A hipertrofia muscular foi positivamente correlacionada com o aumento na concentração de proteína total no músculo plantar, o que nos leva a sugerir que a hipertrofia observada nos grupos TFC e TFA foi induzida pelo aumento da síntese proteica induzido pelo treinamento, o que pode ser exacerbado pela associação ao EA.

Semelhante aos resultados observados em humanos, o método de treinamento de força utilizado neste estudo tem-se mostrado efetivo em desencadear aumento da síntese proteica muscular⁽¹⁴⁾. O treinamento de força é efetivo em aumentar a síntese e a degradação proteica; no entanto, a degradação acaba ocorrendo em menor escala do que a síntese, gerando um balanço proteico positivo, aumentando as concentrações totais de proteína⁽²⁶⁾. Por outro lado, o EA, além de estar associado ao aumento da síntese proteica, também exerce efeito sobre a degradação, inibindo a ação dos receptores de glicocorticoides, diminuindo assim o catabolismo proteico, o que acaba gerando um balanço proteico ainda maior do que o comparado ao treinamento de força apenas⁽²⁴⁾. Esses dados podem explicar o aumento mais pronunciado das concentrações proteicas no músculo plantar do grupo treinado em força, associado ao uso de EA.

Por fim, é importante ser ressaltado que a hipertrofia muscular nem sempre é acompanhada de aumento na força muscular⁽¹⁵⁾. Para avaliar os efeitos do EA e sua associação a diferentes protocolos de treinamento físico sobre a força muscular, utilizamos um teste de resistência à inclinação segundo Kennel *et al.*⁽¹⁵⁾, que avalia a força em patas traseiras.

O teste de resistência à inclinação mostrou aumento significativo em ambos os grupos que realizaram o treinamento de força, não sendo observados efeitos adicionais induzidos pela associação ao EA. Esses resultados nos mostram que o EA não exerceu influência sobre o aumento de força muscular induzido pelo treinamento neste estudo. O aumento de força pode ser ocasionado por adaptações neurais, que ocorrem no início do programa de treinamento, e por adaptações musculares, hipertrofia muscular, que ocorre posteriormente⁽²⁷⁾. Ambos os grupos que realizaram o treinamento de força apresentaram hipertrofia nos músculos plantares, o que pode explicar, em parte, o aumento de força nas patas traseiras observado. Entretanto, quando os animais foram tratados com EA, a maior hipertrofia observada, parece não ter exercido influência sobre a força muscular.

Em trabalhos realizados com indivíduos que realizaram treinamento de força e receberam EA, foi observado um aumento de 22% da força muscular em relação ao grupo placebo no final do período experimental, os autores concluem que o uso de EA pode aumentar a força até duas vezes mais rápido do que apenas o treinamento⁽²⁰⁾. O aumento da força muscular induzido pelo EA pode estar relacionado à maior ativação dos receptores androgênicos neurais, aumentando as

concentrações de neurotransmissores, o que pode refletir em maior produção de força⁽²⁸⁾.

Os efeitos dos EA sobre o aumento de força são dependentes do tipo de EA utilizado, protocolo de treinamento e metodologia do estudo. No presente estudo, quando analisamos a evolução dos testes de repetição máxima (dados não publicados), observamos um aumento significativo da carga levantada no grupo TAF em relação ao grupo TCF. Entretanto, para análise da força muscular, optamos pela realização do teste de resistência à inclinação, para que os animais que realizaram o treinamento de natação e força fossem avaliados nas mesmas condições, excluindo possíveis interferências de adaptações ao treinamento, o que ocorreria se fosse realizado o teste de força máxima.

Através dos resultados deste estudo, conclui-se que apenas a administração de EA, ou sua associação ao treinamento físico de resistência

aeróbia, não leva ao aumento da massa muscular e força. A associação do EA ao treinamento de força resultou em maior hipertrofia muscular e concentrações proteicas em fibras com características glicolíticas. Portanto, o tipo de treinamento físico, recrutamento neuromuscular e características das fibras musculares, parecem ter importante impacto sobre as respostas anabólicas induzidas pelo EA.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Urhausen A, Albers T, Kindermann W. Are the cardiac effects of anabolic steroid abuse in strength athletes reversible? *Heart*. 2004;90:496-501.
2. Parssinen M, Seppala T. Steroid use and long-term health risks in former athletes. *Sports Med*. 2002;32:83-94.
3. Wilson JD. Androgen abuse by athletes. *Endocr Rev*. 1988;9:181-99.
4. Kuhn CM. Anabolic steroids. *Recent Prog Horm Res*. 2002;57:411-34.
5. Bhasin S, Storer TW, Berman N, Callegari C, Clevenger B, Phillips J, et al. The effects of supraphysiological doses of testosterone on muscle size and strength in normal men. *N Engl J Med*. 1996;335:1-7.
6. Hartgens F, Kuipers H. Effects of androgenic-anabolic steroids in athletes. *Sports Med*. 2004;38:513-54.
7. Crist DM, Stackpole PJ, Peake GT. Effects of androgenic-anabolic steroids on neuromuscular power and body composition. *J Appl Physiol*. 1983;54:366-70.
8. Brown GA, Vukovich MD, Reifenhath TA, Uhl NL, Parsons KA, Sharp RL, et al. Effects of anabolic precursors on serum testosterone concentrations and adaptations to resistance training in young men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2000;10:340-59.
9. Georgieva KN, Boyadjiev NP. Effects of Nandrolone Decanoate on VO2max, Running Economy, and Endurance in Rats. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1336-41.
10. Van Zyl CG, Noakes TD, Lambert MI. Anabolic-androgenic steroid increases running endurance in rats. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1385-9.
11. Cavalcante WLG, Dal Pai-Silva M, Gallacci M. Effects of nandrolone decanoate on the neuromuscular junction of rats submitted to swimming. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*. 2004;139:219-24.
12. Pope HG Jr, Katz DL. Affective and psychotic symptoms associated with anabolic steroid use. *Am J Psychiatry*. 1988;145:487-90.
13. Medeiros A, Oliveira EM, Gianolla R, Casarini DE, Negrão CE, Brum PC. Swimming training increases cardiac vagal activity and induces cardiac hypertrophy in rats. *Braz J Med Biol Res*. 2004;37:1909-17.
14. Tamaki T, Uchiyama S, Nakano S. A weight-lifting exercise model for inducing hypertrophy in the hindlimb muscles of rats. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24:881-6.
15. Kennel PF, Fonteneau P, Martin E, Schmidt JM, Azzouz M, Borg J, et al. Electromyographical and motor performance studies in the pnm mouse model of neurodegenerative disease. *Neurobiol Dis*. 1996;3:137-47.
16. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*. 1976;72:248-54.
17. Yu-Yahiro JA, Michael RH, Nasrallah DV, Schofield B. Morphological and histologic abnormalities in female and male rats treated with anabolic steroid. *Am J Sports Med*. 1989;17:686-9.
18. Masonis AE, McCarthy MP. Direct effects of the androgenic/anabolic steroid stanozolol and 17 alpha-methyltestosterone on benzodiazepine binding to the gamma-aminobutyric acid(a) receptor. *Neurosci Lett*. 1995;189:35-8.
19. Rocha FL, Carmo EC, Roque FR, Hashimoto NY, Rossoni LV, Frim C, et al. Anabolic steroids induce cardiac renin-angiotensin system and impair the beneficial effects of aerobic training in rats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007;293:H3575-83.
20. Giorgi A, Weatherby RP, Murphy PW. Muscular Strength, Body Composition and Health Responses to the Use of Testosterone Enanthate: A Double Blind Study. *J Sci Med Sport*. 1999;2:341-55.
21. Kuipers H, Peeze BF, Hartgens F, Wijnen JA, Keizer HA. Muscle ultrastructure after strength training with placebo or anabolic steroid. *Can J Appl Physiol*. 1993;18:189-96.
22. Bricout VA, Serrurier BD, Bigard AX, Guezennec CY. Effects of hindlimb suspension and androgen treatment on testosterone receptor in rat skeletal muscles. *Eur J Appl Physiol*. 1999;79:443-8.
23. Deschenes MR, Maresch CM, Armstrong LE, Covault J, Kraemer WJ, Crivello JF. Endurance and resistance exercise induce muscle fiber type specific response in androgen binding capacity. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 1994;50:175-9.
24. Kadi F. Adaptation of human skeletal muscle to training and anabolic steroids. *Acta Physiol Scand Suppl*. 2000;646:1-52.
25. Joubert Y, Tobin C. Satellite cell proliferation and increase in the number of myonuclei induced by testosterone in the levator ani muscle of the adult female rat. *Dev Biol*. 1989;131:550-7.
26. Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 1997;273:E99-E107.
27. Morinati T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*. 1979;58:115-3.
28. Kraemer WJ, Ratamess N. Hormonal response and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med*. 2005;35:339-61.