

Artigo de Revisão

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO AERÓBIO E ANAERÓBIO NA PERFORMANCE DO PILOTO DE CAÇA

André Osvaldo Brandão Guimarães

Base Aérea de Natal - RN - Brasil

Resumo

Desde o desenvolvimento dos modernos caças, de alta *performance*, capazes de atingirem altas e sustentadas forças de aceleração, o problema da tolerância humana tem se tornado de maior importância. A exposição às forças de aceleração positiva (+G) induz incrementos nas demandas das

funções cardiovasculares e pulmonares. O papel do condicionamento físico permanece alvo de discussões, porém, dados sugerem que o fator limitante para se sustentar altas +G seja, provavelmente, a capacidade anaeróbia.

Palavras-chave: Forças +G, Treinamento Físico, Aeróbio, Anaeróbio.

THE INFLUENCE OF AEROBIC AND ANAEROBIC TRAINING IN THE PERFORMANCE OF FIGHTER PILOTS

Abstract

Since the development of modern, high performance fighter planes, capable of reaching high and sustained forces of acceleration, the problem of human tolerance

has become of major importance. The exposure to the forces of positive acceleration (G+), induces increases in demands on Cardiovascular and Pulmonary functions. The role of physical conditioning remains the topic of discussion, however, data suggests that the factor limiting sustained high G+ is, probably, anaerobic capacity.

Key words: G+ Forces, Physical Training, Aerobic, Anaerobic.

INTRODUÇÃO

O voo, em ambientes de altas gravidades, impõe um forte desgaste metabólico e cardiocirculatório ao organismo (Tesch, Hjort e Balldin, 1983). Para manter a visão e a consciência, o piloto deve realizar manobras musculares vigorosas, levando ao cansaço e podendo resultar em fadiga local (Balldin, 1984). O estresse térmico, induzido pelas extenuantes manobras musculares e pela radiação do sol sobre o canopi, podem levar à desidratação e reduzir a

tolerância às forças gravitacionais positivas (+G). Estas tendem a direcionar o sangue para a circulação dos membros inferiores, gerando episódios de falta de visão (*blackout*), como também ocasionando perigosas perdas de consciência (G-LOC) (Burton e Whinnery, 1985; Voshell, 1995). Tais fenômenos podem acontecer a partir de +4G (Parkhurst, Leverett e Shubrooks, 1972). Quanto maior o número de +G suportada pelo piloto, melhor será a *performance* do conjunto homem/avião.

Cooper (1966), em seu trabalho pioneiro, relatou que o treinamento aeróbio não induz a um aumento no desempenho do piloto frente às altas gravidades.

Recebido em 09.01.2006. Aceito em 07.02.2006.

Com início na década de 80, prosseguindo até a presente data, crescem os estudos que demonstram a importância do componente anaeróbio, sob a forma de um vigoroso treinamento com resistência, para a *performance* dos aviadores de caça (Wiegman, Burton e Forster, 1995; Wiegman, Krock, Burton e Forster, 1997).

Esse artigo tem como objetivo revisar a literatura sobre as atuais necessidades de treinamento físico do piloto de caça.

DISCUSSÃO

Manobras de esforço voluntário (MEV)

Todas as necessidades de um treinamento físico, direcionado para aviação de caça, surgem da execução de manobras que visam incrementar a pressão arterial e manter o fluxo adequado de sangue para o cérebro durante a execução de manobras em ambientes de altas +G (Rusko, Kuronen, Tesch e Balldin, 1997). De tal forma que, nas linhas abaixo, iremos esmiuçar este artifício.

As manobras de esforço voluntário (MEV) foram desenvolvidas por Wood e colaboradores, na década de 40 (Burton, Leverett e Michaelson, 1974). Eles nomearam essas manobras de M-1 e M-2 e, posteriormente, desenvolveram a L-1. Porém, os pilotos de caça se utilizam da M-1 ou da L-1, em detrimento à M-2, que não eleva a tolerância às +G de modo eficiente (Burton et al., 1974). A M-2 envolve uma mínima contração muscular, enfatizando o esforço respiratório, na forma da manobra de Valsalva.

As MEV apresentam um considerável esforço muscular e respiratório (Balldin, 1984). Em termos práticos, segundo Burton et al. (1974), elas acontecem através de três passos:

a) o piloto abaixa a cabeça entre os ombros, para encurtar a distância olho-coração; b) contrai a musculatura periférica e abdominal tanto quanto o possível, de modo a suportar o diafragma e o coração; reduzindo, assim, o espaço venoso e incrementando a resistência periférica, diminuindo o acúmulo de fluidos na periferia; e c) incrementa a pressão intratorácica por um dos métodos, M-1 ou L-1, de expiração forçada, aumentando a pressão sanguínea ao nível do olho.

O método M-1 se utiliza de uma expiração forçada com a glote parcialmente fechada, enquanto o L-1 realiza a expiração com a glote totalmente fechada. A expiração dura cerca de um segundo. Muitos pilotos sentem a garganta ressecar e irritar ao executarem M-1, daí preferirem L-1. Porém, as duas manobras têm o mesmo valor na realização das MEV.

A atividade muscular assume importância ímpar na execução das MEV. É provado que o trabalho respiratório, na forma de exalação forçada, incrementa a pressão dentro do tórax e melhora a perfusão sanguínea do tecido nervoso. Entretanto, o incremento da pressão sobre os vasos produz um reflexo de diminuição da frequência cardíaca, com uma concomitante queda da pressão arterial. Caso não houvesse a contração vigorosa dos músculos, como na manobra M-2, a tendência seria que o sistema nervoso sofresse com essa menor pressão. Para reforçar a importância deste esforço, Bagshaw e Whinnery (1989) demonstraram que a ativação da musculatura esquelética conduz a um maior recrutamento de um conjunto de neurônios denominado de sistema reticular, responsável por manter a consciência.

Influência do treinamento muscular

Os anos 40, do século passado, foram pioneiros no estabelecimento da correlação entre uso do esforço muscular voluntário e o aumento da tolerância às +G. É desse período a criação das MEV. Também foi nessa década que o grupo de pesquisa de Lambert estabeleceu que puxar um manche de 8,6 kg, em ambiente de centrífuga, melhorava a *performance* do piloto, através de manobras respiratórias/musculares executadas mais intensamente (Parkhurst, Leverett e Shubrooks, 1972; Lohrbauer, Wiley, Shubrooks e McCally, 1972).

Na década de 60, foram iniciados estudos sobre a relação do treinamento físico e tolerância às +G. Cooper (1966) conduziu um experimento onde selecionou um grupo de homens e os submeteu a um treinamento aeróbio, na forma de corrida, durante três meses, com uma frequência de cinco vezes por semana. Ele percebeu que, após o treino, a resistência às forças gravitacionais positivas em nada tinha se alterado. Posteriormente, o grupo formado por Klein, Bruünner, Jovy, Vogt e Wegmann (1969)

obteve uma conclusão similar. Foi nos anos 80 a consagração do treinamento anaeróbio, na forma de exercícios com pesos, como meio de atenuar as reações adversas do organismo às +G (Burton, 1986; Epperson, Burton e Bernauer, 1982; Tesch et al., 1983).

Esta revisão de literatura buscou abordar detalhes sobre o treinamento aeróbio e o anaeróbio, como meios de aprimorar a fisiologia do piloto de caça frente aos ambientes das altas gravidades sustentadas.

Treinamento aeróbio

Autores como Craig (2005) e Newman, White e Callister (1999) citam algumas das principais mudanças geradas pelo treino aeróbio: a) aumento da atividade do sistema nervoso autônomo, em seu ramo parassimpático, ocasionando reduções na frequência cardíaca de repouso; b) tendência a uma menor pressão arterial; c) aumento da vascularização da musculatura trabalhada; d) hipertrofia das fibras de contração lenta; e) diminuição das gorduras sanguíneas; e f) redução do percentual de gordura corporal.

O principal desafio das +G é imposto à fisiologia cardiopulmonar, de tal forma que indivíduos que se submetam à +G devem ter um aparato cardiovascular capaz de reagir, rapidamente, à tendência do sangue em se acumular nos membros inferiores. Porém, o treinamento aeróbio impõe reduções, muitas das vezes significativas, na reação do sistema cardiovascular. Autores como Balldin (1984) mostram que atletas fundistas têm menor tolerância aos ambientes das altas +G que seus congêneres sedentários. Alterações que produzam um maior tônus do sistema parassimpático irão levar a uma menor reação do tecido cardíaco, fazendo com que haja um lapso de tempo maior na elevação da frequência cardíaca, no aumento da pressão arterial e, por fim, uma deterioração na perfusão sanguínea do cérebro. Além de que, um aumento do tônus parassimpático pode predispor a arritmias cardíacas em voo (Whinnery, Laughlin e Uhl, 1980). Uma maior vascularização dos membros dificultará o retorno do sangue ao coração. Como as +G direcionam o sangue para os membros inferiores, se houver mais espaço, na forma de novos vasos para acúmulo desse fluido, o retorno venoso irá diminuir. Por fim, o treinamento aeróbio seleciona, predominantemente, as fibras de contração lenta que possuem baixos

índices de hipertrofia, além de não incrementar, significativamente, nem a secção transversa, nem a força muscular, não contribuindo para melhorar as manobras musculares anti-G (Tesch e Balldin, 1984).

Deve-se ressaltar que o treinamento aeróbio não pode ser abandonado (Newman et al., 1999), pois ele diminui o tempo de recuperação dos músculos envolvidos nas manobras anti-G (Balldin, 1984), além de auxiliar na manutenção de uma composição corporal ideal e da saúde do sistema cardiovascular de seu praticante.

Prescrição do exercício aeróbio

Baseado em Burton (1986), concluímos que o treino deve ter as seguintes características: envolver grandes grupos musculares; ter frequência de, no máximo, quatro vezes por semana; não ultrapassar um volume de 22 km semanais; apresentar uma intensidade por volta de 85% da frequência cardíaca máxima; e ter duração de até 35 minutos. Como última diretriz, o treinamento não deve provocar bradicardias para valores da frequência cardíaca de repouso abaixo de 55 batimentos por minuto (Newman et al., 1999).

Treinamento anaeróbio

O treino anaeróbio conduz a algumas modificações fisiológicas, sendo as mais importantes: aumento da atividade do sistema simpático; hipertrofia de fibras de contração rápida, tipo de fibra que mais facilmente incrementa sua força e secção; diminuição na densidade capilar do músculo; e capacidade aumentada em tolerar as cargas do exercício (Balldin, 1984; Tesch et al., 1983; Tesch e Balldin, 1984).

Pelo exposto acima, podemos deduzir a importância do treinamento anaeróbio na melhoria da tolerância do piloto em ambientes de altas +G. Nestes, o organismo deve incrementar a pressão arterial através de uma musculatura desenvolvida e de um maior tônus simpático. Conforme o músculo se hipertrofia, ele incrementa sua área, mantendo constante o número de vasos capilares. Isto gera, proporcionalmente, uma menor quantidade de vasos para o sangue se acumular.

Na literatura especializada, todos os estudos de tolerância às forças G são conduzidos em ambiente laboratorial, mais precisamente em centrífugas, onde

o protocolo que mais se aproxima do ambiente real encontrado pelo avião militar é o *Simulated Aerial Combat Maneuvering*- SACM (Burton e Shaffstall, 1980). Essa metodologia consiste, na maioria das vezes, em se alternar 15 s em +4,5G com 15 s em +7,0G, até a exaustão do executante. Quanto maior o tempo para a exaustão, melhor a tolerância do testado. No intervalo dos 15 s em que o piloto sofre +7,0G, ele deve executar as MEV, entre três e cinco vezes, para evitar o *G-LOC*. Porém, nos outros 15 s, ele pode se recuperar, parcialmente, do esforço, pois o organismo consegue suportar +4,5G com a ajuda do traje anti-G e com a contração da musculatura dos membros inferiores, sem necessitar das MEV. Avaliações realizadas em pilotos, depois de serem submetidos ao SACM, mostram níveis elevados de lactato no sangue. Dessa forma, vários autores como Burton, Whinnery e Forster (1987) chegaram à conclusão de que o vôo de combate é uma atividade, predominantemente, anaeróbia. Este metabolismo advém das manobras musculares intensas e repetidas que acontecem por meio de contrações isométricas ou estáticas, o que reduz, diferentemente das contrações isotônicas ou dinâmicas, o fluxo sanguíneo para o músculo, gerando um acúmulo de subprodutos do metabolismo anaeróbio.

Prescrição do treinamento anaeróbio

São muitos os manuscritos científicos que evidenciam o valor do treinamento com resistência para a melhoria do desempenho, em ambientes de altas acelerações gravitacionais (Balldin, 1984; Balldin, Myhre, Tesch, Wilhelmsen e Andersen, 1985; Epperson et al., 1982; Epperson et al., 1985; Newman et al., 1999; Tesch et al., 1983). Podemos citar como um dos primeiros trabalhos deste tipo o de Epperson et al. (1982). Este autor efetuou seu protocolo, com duração de 12 semanas, com um grupo de treinamento com pesos (TP), outro com treinamento na forma de corrida (TC) e um grupo controle (GC). Concluiu que indivíduos que se submetem a um programa de treinamento com pesos, para força/hipertrofia, tinham um incremento no tempo do SACM da ordem de 15 s, para cada semana de treino; enquanto o grupo TC e o GC tinham apenas 4 s para cada semana do protocolo. Isto implica em um incremento de 77% no tempo de permanência no protocolo do SACM para os indivíduos treinados e

somente 24% para os outros grupos. Tesch et al. (1983), após submeter aviadores de caça a um programa de treinamento com pesos por onze semanas, observou haver um incremento de 38% no tempo de permanência, dos treinados, no protocolo SACM.

Donde se conclui que o treino anaeróbio é o mais eficaz na melhoria frente às +G, sendo os exercícios de força, ou com pesos, os mais indicados. Entretanto, há que se definir quais grupamentos musculares seriam chaves para esta função. Um estudo de Balldin, Myhre, Tesch, Wilhelmsen e Andersen (1985) tentou demonstrar que somente o trabalho da musculatura abdominal, executado por 11 semanas, elevaria o tempo de permanência no protocolo SACM, porém a melhoria, entre os treinados, foi de apenas 12%. A maioria dos artigos científicos preconiza que o treinamento deve englobar grupamentos musculares-chaves para o piloto de caça. Abaixo, descreveremos os grupos-alvo a serem trabalhados, como também os argumentos da literatura especializada para tal (Balldin, 1984; Bulbulian, 1986; Bulbulian, Crisman, Thomas e Meyer, 1994; Epperson et al., 1982; Epperson et al., 1985; Tesch et al., 1983; Wiegman, Burton e Forster, 1995):

- Pescoço: desde que o incremento na pressão mecânica pelo conjunto cabeça/capacete, durante altas cargas G, afetam de maneira significativa as estruturas da coluna cervical, levando à fadiga local e afetando, de maneira indireta, a tolerância do piloto, aconselha-se o desenvolvimento dessa região;

- Tórax (peitoral): uma musculatura peitoral desenvolvida tende a incrementar a intensidade das expirações utilizadas nas MEV;

- Membros superiores (braço, antebraço e ombro): o treino de força para os grupos musculares dos membros superiores auxilia no incremento das contrações isométricas, levando ao aumento na resistência periférica e, por consequência, da pressão arterial durante as manobras musculares. Isso vai suplementar o esforço do abdômen e dos membros inferiores. Em particular, o músculo bíceps é utilizado de forma intensa, quando se necessita puxar para trás o manche na manutenção de altas G. Nessa situação, a força requerida se aproxima a 20 kg;

- Abdômen (reto abdominal): contrações intensas do abdômen previnem o acúmulo de sangue nos membros inferiores, auxiliando o retorno venoso. Estudos, utilizando medições das pressões intra-abdominais, mostram que esse músculo, em pilotos, já apresenta um estado de treinamento acima da média. Dessa forma, o desenvolvimento da força abdominal, nessa população, requer um treinamento mais intenso; e

- Membros inferiores (coxa e perna): onde há a tendência de se acumular os líquidos corporais. O desenvolvimento desse grupo auxilia no mecanismo da bomba muscular, durante o voo de altas G, incrementando-se, assim, a resistência periférica e a pressão arterial.

Quanto às variáveis do volume e frequência semanal, a maior parte da literatura revisada emprega protocolos de contrações dinâmicas, com três séries de oito a dez repetições, como volume, e frequência entre três e cinco vezes por semana.

CONCLUSÃO

Evidenciamos que a doutrina do treinamento físico para o piloto de caça deve ser baseada na melhoria do

condicionamento anaeróbio, por meio de exercícios com pesos. A literatura preconiza que, para se otimizar a tolerância às forças gravitacionais positivas, é primordial a execução de contrações musculares rápidas e vigorosas, evitando-se a ocorrência de fenômenos como as perdas de visão e/ou consciência. O treinamento com pesos deve ser realizado com contrações dinâmicas para os grandes grupamentos musculares e três séries de oito a dez repetições, entre três e cinco vezes por semana. O papel do exercício aeróbio fica evidente entre a recuperação das missões de combate, na melhoria e na manutenção do sistema cardiovascular do combatente, devendo esse tipo de treinamento ser executado com tempos entre 30-35 min, sendo importante manter a frequência cardíaca de repouso em valores acima de 55 batimentos por minuto, para que se evite uma deterioração frente às +G. Futuros trabalhos devem ser conduzidos na busca de protocolos de treinamento com pesos mais específicos para os pilotos de combate.

Endereço para correspondência:

Base Aérea de Natal - Seção de Educação Física
Estrada da BANT s/nº - Emaús
Parnamirim - RN - Brasil
e-mail: aobg@superig.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGSHAW RJ, WHINNERY JE. Contribution of skeletal muscle activity to the natural history of acceleration-induced loss of consciousness (G-LOC). *Medical Hypotheses* 1989; 30: 123-8.
- BALLDIN UI. Physical training and +Gz tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1984; 991-2.
- BALLDIN UI, MYHRE K, TESCH PA, WILHELMSEN U, ANDERSEN HT. Isometric abdominal muscle training and G tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1985; 56: 120-4.
- BULBULIAN R. Physical training and +Gz tolerance reevaluated. *Aviat Space Environ Med* 1986; 57: 709-11.
- BULBULIAN R, CRISMAN RP, THOMAS ML, MEYER LG. The effects of strength training and centrifuge exposure on +Gz tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1994; 65: 1097-104.
- BURTON RR. Simulated aerial combat maneuvering tolerance and physical conditioning: current status. *Aviat Space Environ Med* 1986;57:712-4.

BURTON RR, SHAFFSTALL RM. Human tolerance to aerial combat maneuvers. *Aviat Space Environ Med* 1980; 51: 641-8.

BURTON RR, WHINNERY JE. Operational G- induced loss of consciousness: something old; something new. *Aviat Space Environ Med* 1985; 56: 812-7.

BURTON RR, LEVERETT SD, MICHAELSON ED. Man at high sustained +Gz acceleration: a review. *Aerospace Med* 1974; 45: 1115-36.

BURTON RR, WHINNERY JE, FORSTER EM. Anaerobic energetics of the simulated aerial combat maneuver (SACM). *Aviat Space Environ Med* 1987; 58: 761-7.

COOPER KH. Physical conditioning versus +Gz tolerance. *Aerospace Med* 1966; 462-5.

CRAIG WB. What is the physiologic limit of aerobic performance? *Strength and Cond J* 2005; 27(3): 57-8.

EPPERSON WL, BURTON RR, BERNAUER EM. The effectiveness of specific weight training regimens on simulated aerial combat maneuvering G tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1985; 56: 534-9.

EPPERSON WL, BURTON RR, BERNAUER EM. The influence of differential physical conditioning regimens on simulated aerial combat maneuvering tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1982; 53: 1091-7.

KLEIN KE, BRÜNNER H, JOVY D, VOGT L, WEGMANN HM. Influence of stature and physical fitness on tilt-table and acceleration tolerance. *Aerospace Med* 1969; 40: 293-7.

LOHRBAUER LA, WILEY RL, SHUBROOKS SJ, McCALLY M. Effect of sustained muscular contraction on tolerance to +Gz acceleration. *J Appl Physiol* 1972; 32: 203-9.

NEWMAN DG, WHITE SW, CALLISTER R. Patterns of physical conditioning in Royal Australian Air Force F/A-18 pilots and the implications for +Gz tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70: 739-44.

PARKHURST MJ, LEVERETT SD, SHUBROOKS SJ. Human tolerance to high, sustained +Gz acceleration. *Aerospace Med* 1972; 43: 708-12.

RUSKO H, KURONEN P, TESCH P, BALLDIN U. Relationship between G-tolerance and physical fitness of fighter pilots. *EUA: National Aeronautics and Space Administration*, 1997.

TESCH PA, BALLDIN UI. Muscle fiber type composition and G-tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1984; 55: 1000-3.

TESCH PA, HJORT H, BALLDIN UI. Effects of strength training on G tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1983; 54: 691-5.

VOSHELL M. High acceleration and the human body 1999. Disponível em: <<http://csel.eng.ohio-state.edu/voshell/gforce.pdf>>. Acesso em: 04 mar 2005.

WHINNERY JE, LAUGHLIN MH, UHL GS. Coincident loss of consciousness and ventricular tachycardia during +Gz stress. *Aviat Space Environ Med* 1980; 51: 827-31.

WIEGMAN JF, KROCK LP, BURTON RR, FORSTER EM. Anaerobic power testing and +Gz endurance. *EUA: National Aeronautics and Space Administration*, 1997.

WIEGMAN JF, BURTON RR, FORSTER EM. The role of anaerobic power in human tolerance to simulated aerial combat maneuvers. *Aviat Space Environ Med* 1995; 66: 938-42.