

ANÁLISE DA FORÇA ISOMÉTRICA DE CADETES DA FORÇA AÉREA BRASILEIRA EM SIMULADOR DE FORÇA DA AERONAVE EMB-312 T-27

Thiago Augusto Rochetti Bezerra ¹

Antônio Carlos Shimano ²

Irineu Otávio Marchiori Callegari ³

Artigo submetido em 16/06/2011

Aceito para publicação em 18/08/2011

RESUMO: Pilotos que compõem o Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA) e cadetes aviadores advindos da Força Aérea Brasileira (FAB), que realizam apresentações de voo acrobático, são submetidos a esforços excessivos, atribuídos a altos índices de Força Gravitacional (G), aplicados ao manche da aeronave EMB 312 (T-27 Tucano). Isso resulta em fortes dores e incômodos afetando diretamente os aviadores. Partindo deste fato, o objetivo deste trabalho foi aplicar um treinamento em Simulador de Força (SF) em um grupo de cadetes (n=4) aviadores da FAB visando à melhora da força isométrica, força necessária principalmente para sustentar o avião durante a realização de uma manobra. A análise estatística comprovou melhora significativa da força isométrica dos cadetes em poucas semanas de treinamento (p=0,026). Foram realizadas avaliações antes e após o período de intervenção na qual foi concluído que o SF é um instrumento válido para o treinamento dos aviadores, causando adaptações neuromusculares específicas da tarefa realizada por eles, além do fortalecimento da musculatura exigida durante as acrobacias. Tal fato possivelmente colabora na integridade dos aviadores e segurança na realização dos voos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Força. Força Isométrica. Simulador de Força.

1 INTRODUÇÃO

A atividade profissional desenvolvida por pilotos e cadetes aviadores sempre esta relacionada à saúde física durante a realização das apresentações acrobáticas. Isso porque o excesso de demanda referente ao número de horas de voo somado ao despreparo físico pode impor quadros de desgaste músculo-tendinoso, dores e incômodos. Desta forma, o risco de acidentes aéreos pode aumentar caso o aviador não esteja seguro e preparado para suportar tal tarefa.

O presente estudo foi realizado com uma amostra de cadetes aviadores dentro da Academia da Força Aérea Brasileira (AFA), local onde se encontra também o Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA), mais conhecido como Esquadrilha da

¹ Doutorando da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Laboratório de Bioengenharia, Universidade de São Paulo. thiago_rochetti@globomail.com

² Prof. Doutor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Laboratório de Bioengenharia, Universidade de São Paulo. ashimano@fmrp.usp.br

³ Cursando especialização *latu-sensu* em Fisiologia do Exercício (Ufscar) e prestando serviços relacionados a área da Saúde e Desempenho Físico. irineucallegari@yahoo.com.br

Fumaça. Pilotos e cadetes aviadores realizam treinamentos e estratégias de apresentações acrobáticas na própria AFA e o recrutamento dos indivíduos seguiu a previsão de estudos que concluíram riscos de problemas físicos a esta população.

Estes pilotos e cadetes, oficiais aviadores da FAB, são expostos diariamente a horas de voo. A quantidade de horas voadas irá depender do Esquadrão de voo no qual o piloto esta ingressado, ou no ano de formação de pilotos em se tratando de Cadetes Aviadores.

Bezerra (2002) verificou em estudo que isso pode ocasionar a essa população a aplicação de uma sobrecarga no ombro e no braço direitos devido à movimentação do manche com a interferência das Forças Gravitacionais (G), o que levou a quadros de dores e lesões aos pilotos. Em 2008, o mesmo autor desenvolveu um Simulador de Forças (SF) capaz de reproduzir movimentos e forças aplicadas ao manche iguais às forças reais de voo da aeronave EMB 312 (T-27 Tucano) e que pode ser de extrema utilidade para a prevenção dos quadros negativos a que são submetidos os pilotos. O Simulador de forças (FIGURA1), foi apresentado no volume 2, número 2 da Revista Conexão Sipaer.

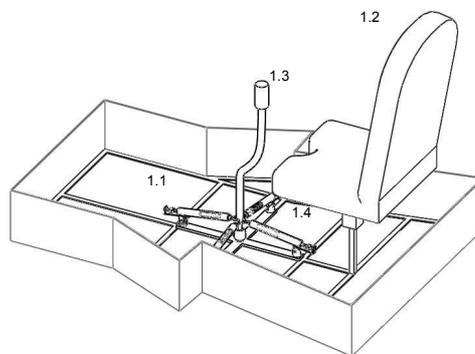


FIGURA 1 Simulador de Forças

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise da resistência da força isométrica (RFI) de cadetes aviadores da FAB durante um treinamento no SF. A força isométrica do braço do aviador é necessária para sustentar uma determinada manobra no manche por um tempo adequado com êxito (BEZERRA, 2008) e, segundo Zatsiorsky e Kraemer (2008), esta força causa uma tensão que mantém o comprimento da musculatura a fim de suportar uma sobrecarga. Desta forma, procurou-se proporcionar aos cadetes e pilotos um treinamento capaz de aumentar a aptidão desta força e a resistência aos efeitos da Força G, com o intuito de melhorar o desempenho físico desta população.

O SF é uma estrutura capaz de simular os movimentos de um voo, todavia ele não executa os comandos por instrumento que o simulador de voo aplica. Desse modo, existe a oportunidade de realizar um trabalho que crie adaptações referentes às forças que o cadete aviador encontrará em situações de voo real, até então não promovidas pelo simulador de voo. Tal artefato foi produzido a fim de criar condições ergonômicas no preparo dos aviadores além de ser útil na tentativa de entender melhor os efeitos da força centrípeta no sistema osteomuscular desta população (BEZERRA, 2008).

Estudos concluíram em questionário realizado com os pilotos que estes sofrem com maiores problemas de dores no ombro em 90% dos casos e no braço direito em 80% dos casos. O mesmo questionário foi feito ao grupo de mulheres que ingressaram na Força Aérea no ano de 2003, sendo que 84,6% apontaram dores no ombro e braço direitos, junto a 70% que apontaram dores na região lombar, chegando a ter sua capacidade de suportar as cargas questionadas devido à alta exigência da aptidão física para realização deste tipo de voo. Entendendo tais valores, fica evidente que os pilotos são prejudicados por tais efeitos sobre a estrutura muscular e articular do organismo (BEZERRA, 2002).

Soma-se a isso o fato de que os aviões deslocam-se com rapidez e modificam sua direção de movimento tão frequentemente que o corpo é, muitas vezes, submetido a graves estresses físicos. Em geral, as forças produzidas pela aceleração linear durante o voo normal de um avião não são suficientes para produzir efeitos fisiológicos importantes. Mas, quando um avião faz voltas, mergulhos ou “loopings”, as forças centrípetas são muitas vezes suficientes para promover sérias perturbações das funções corporais (SMITH apud BEZERRA, 2008).

Para que ocorra o aumento da RFI e a melhora do manejo do manche da aeronave, o treinamento seguiu uma rotina através de uma planilha de treinos que foi imposta aos cadetes, criada a partir de uma avaliação a qual medirá o tempo em que cada um resiste à sustentação do movimento de rotação externa do ombro direito, movimento relatado como mais difícil de ser realizado e possível causador da maioria das dores aos pilotos (BEZERRA, 2008).

Este estudo possibilitará a prescrição de um treinamento específico para a tarefa realizada pelos aviadores. Este experimento tem grande importância tanto para a Academia da Força Aérea quanto para o progresso de futuros estudos na área, favorecendo a melhora das capacidades desta população.

2 MÉTODOS

Foi proposto um modelo de intervenção ao grupo de cadetes com duração de seis semanas, com três sessões de treinamento por semana num total de dezesseis sessões por cadete. Cada sessão teve duração de vinte minutos. O protocolo foi aplicado em quatro cadetes do quarto ano de formação na AFA, tal público reduzido condiz com o fato de que o recrutamento da amostra dentro do local é dificultado em razão da rotina de trabalho dos cadetes.

Inicialmente, foram realizados pré-testes com a intenção de definir o tempo máximo de contração isométrica até a falha concêntrica do movimento de rotação externa do ombro direito com a carga do SF aplicada ao manche entre valores de 3 a 3,5+Gz para todos os cadetes. Assim, o pré-teste serviu como diretriz para a montagem do treinamento visando à melhora da RFI dos cadetes, já que a partir da mensuração do tempo máximo em que cada cadete conseguiu sustentar sua contração no pré-teste, foram determinadas as intensidades das sessões de treino através da duração dos estímulos de cada cadete.

No presente estudo, a intensidade dos estímulos é referente ao tempo de contração estática, ou seja, o aumento do tempo de contração no passar das sessões de treinamento significou um aumento gradativo da intensidade do estímulo, de acordo com o modelo de treinamento visualizado na Tabela 1. A porcentagem inicial da intensidade do treino foi escolhida devido ao fato de os cadetes ainda não possuírem experiência para suportar altas cargas referentes à reprodução da Força G. Assim, ocorreu um aumento progressivo da intensidade de treinamento com a intenção de promover as objetivas adaptações junto ao recrutamento de fibras necessárias para suportar tal sobrecarga imposta.

TABELA 1 – Modelo de Trabalho de Periodização de Treinamento

SESSÃO DE TREINO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
RDIE * (%)	50	50	60	60	70	70	75	75	80	80	85	85	90	90	100	105

*RDIE: Relação Duração-Intensidade do Esforço

As cargas aplicadas nas sessões finais do treinamento se encontraram superiores as da avaliação inicial, evidenciando que o treinamento aplicado promoveu subsídios suficientes para aumentar as capacidades da RFI do braço deste grupo.

O intervalo entre as séries de contração da musculatura foi sempre de trinta segundos, de modo que as séries e os intervalos entre elas tivessem a intenção de aproximar o treinamento à especificidade da tarefa dos pilotos, respeitando a recuperação dos sistemas energéticos aplicados a essa atividade. Assim, nota-se que tal proposta seja específica às situações a que os aviadores são impostos e bem próximas à realidade de um voo acrobático.

Terminado o período de treinamento em SF, os cadetes realizaram o pós-teste, com a intenção de verificar a melhora da aptidão física do cadete relacionada ao aumento do tempo de RFI do movimento de rotação externa do ombro direito. Este teve as mesmas características da primeira avaliação.

3 RESULTADOS

Para realização da análise de eficiência do presente estudo, foi utilizado o programa estatístico Biostat 4.0, através deste, realizou-se o teste paramétrico – Teste-t, indicado apenas a pequenas amostras e grupos, o qual analisa a diferença estatística entre duas amostras dependentes e do mesmo tamanho, em que cada indivíduo é seu próprio controle, isto é, no presente caso, foram analisados os resultados dos testes, realizados antes e depois do período de treinamento dos cadetes.

A Tabela 2 demonstra os valores das avaliações de força em simulador de quatro cadetes, no pré-participação no estudo e no pós-participação no processo de treinamento físico no simulador de forças.

TABELA 2 - Comparação dos Valores das Avaliações Pré e Pós-Treino

	Cadete 1	Cadete 2	Cadete 3	Cadete 4	MÉDIA ± DP
PRÉ-TESTE	27"20	43"20	34"10	26"50	32,75 ± 7,77
PÓS-TESTE	52"45	1'26"00	1'12"00	59"50	67,49 ± 14,75

Com o término do método e fechamento das coletas referentes ao pós-teste, observou-se melhora significativa de desempenho dos cadetes ($p=0,0026$). Essa melhora é relacionada ao desenvolvimento da RFI do braço direito do grupo treinado

no SF, assim, como está na Tabela 2, em que se mostra a comparação dos valores reais de duração da contração máxima tanto no pré-teste, como após o período de intervenção. Porém, assim como cita Arnheim e Prentice (2001), o treinamento isométrico causa adaptações somente ao ângulo e amplitudes treinados, isto é, os ganhos de desempenho comprovados são atribuídos somente ao ângulo de contração treinado pelos pilotos. Ainda na Tabela 2, são encontrados os valores das médias e do desvio padrão do tempo máximo de contração das avaliações do grupo completo de cadetes aviadores. Os resultados foram de $32,75 \pm 7,77$ segundos para o pré-teste e $67,49 \pm 14,75$ segundos no pós-teste.

Através destes dados, visualizados no Gráfico 01, referentes ao tipo Box-plot em que se verificam os valores da média de tempo de contração, apresentaram aumento significativo – o que explica a eficácia do treinamento, mas também houve aumento nos valores de desvio-padrão, aumentando a margem de variação dos resultados.

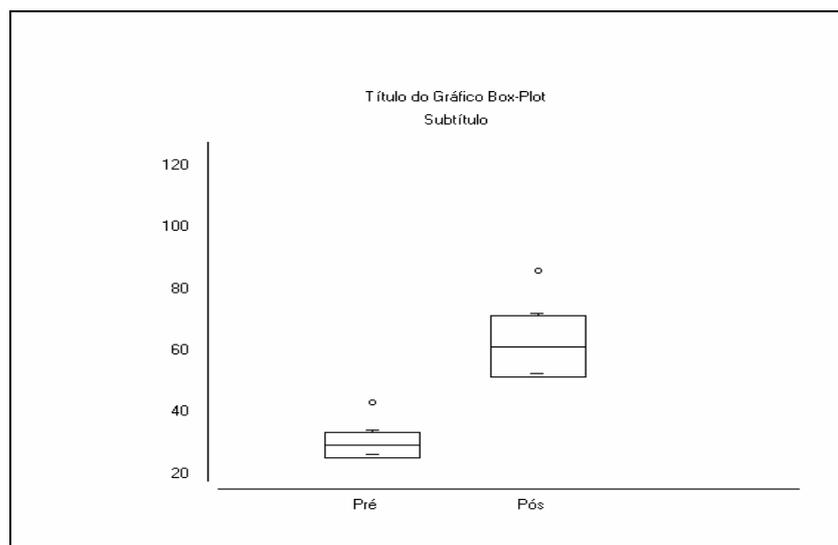


GRÁFICO 1 – Tipo de *Box Plot* referente à análise descritiva dos resultados

4 DISCUSSÃO

A partir de uma análise descritiva, é possível constatar como satisfatório o método de treinamento isométrico aplicado. Contudo, os resultados, que na avaliação inicial visualmente apresentavam-se praticamente homogêneos, na avaliação realizada após o período de treinamento mostraram-se com uma maior amplitude de valores. Essa heterogeneidade destaca-se em função de dois fatores: a) melhora da aptidão física do grupo em virtude da proposta que o treinamento

abrangia resultando no alcance das metas estipuladas e b) do princípio da individualidade de reação que o treinamento físico proporciona, causando as alterações de acordo com a variação e amplitude de adaptação dos indivíduos (BOMPA, 2001, p.42), na qual essa alteração ocorre em função da capacidade de cada um destes de apresentar diferentes características próprias, respondendo de acordo com a sua potencialidade.

Observa-se que o valor da duração do estímulo não foi o mesmo para todos os cadetes, ou seja, os valores de estímulo e duração foram determinados a partir dos resultados do pré-teste de cada um dos indivíduos. Conclui-se que o treinamento foi eficiente a todos os indivíduos do estudo, porém afetou em diferentes proporções a condição inicial de cada cadete.

TABELA 3. Índice de Melhora Individual Pelo Treinamento

	Cadete 1	Cadete 2	Cadete 3	Cadete 4
PRÉ - TESTE	27"20	43"20	34"10	26"50
PÓS - TESTE	52"45	1'26"00	1'12"00	59"50
VA	25"25	42"8	37"9	33"
VR	92%	99%	111%	124%

A Tabela 3 mostra individualmente a margem e variação de contribuição do treinamento no SF na melhora da RFI em cada um dos cadetes, na qual a Variação Absoluta (VA) resulta na reserva do tempo de melhora dos cadetes, ou seja, quanto tempo cada um melhorou precisamente com o treinamento e a Variação Relativa (VR) que converte os valores de VA em porcentagens de melhora comparados aos tempos da avaliação inicial, fazendo com que esses valores sejam relacionados com a probabilidade de encontrar resultados satisfatórios semelhantes em trabalhos com as mesmas características e comprovando que a melhora satisfatória do grupo treinado também resultou em uma visual dispersão dos valores do pós-teste.

Portanto, fica destacado que o treinamento aplicado aos cadetes foi de notável eficiência na melhora da RFI do movimento proposto, ou seja, melhorou significativamente o poder de sustentação do movimento de rotação externa do ombro direito. De acordo com Guyton e Hall (2003, p.83), o treinamento em geral modifica ou remodela as funções musculares rapidamente, com poucas semanas de estímulo.

O desenvolvimento da RFI dos pilotos se desenvolveu de forma gradual e progressiva. A progressão do treinamento, junto aos tempos de contração que caracterizavam a intensidade do esforço, permitiram um aumento superior aos valores do pré-teste.

Difícilmente um grupo controle apresentaria diferenças dos valores de RFI não realizando o treinamento no SF devido às exigências do método aplicado. Isso implica no fato de que trabalhos paralelos e relacionados ao presente tema ainda devem ser realizados a fim de descobrir comparações entre o método utilizado neste estudo, e outras possíveis estratégias de desenvolvimento da aptidão física dos aviadores que praticam voos acrobáticos, se possível, recrutando um maior número de indivíduos e formando um maior número de grupos para análise dos resultados.

Desta forma, fica evidente que o treinamento em SF, além de específico para o grupo selecionado, permitiu o desenvolvimento da força isométrica específica de voos acrobáticos reais, referentes ao movimento de rotação externa, levando a indagação de realização de novos estudos sobre os efeitos deste tipo de método voltado para outros movimentos de direção do manche da aeronave, verificando o comportamento dos outros músculos por esse processo.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo atendeu satisfatoriamente aos objetivos propostos, resultando no aumento da força isométrica do movimento de rotação externa máxima do ombro direito dos cadetes aviadores. Tais adaptações permitem uma melhor capacidade física para suportar os efeitos da tarefa e possivelmente reduzindo a incidência de lesões resultado das apresentações acrobáticas do EDA, caso o grupo se submeta ao princípio de treinamento presente.

Com o alcance das metas, espera-se que ocorram diminuições dos quadros de lesão muscular e articular identificadas pelos aviadores pelo fato da musculatura agonista, responsável pela realização dos movimentos de voo real, estar adaptada à aplicação da Força G. Desta forma, uma melhor capacidade de concentração do piloto, que estará atento aos imprevistos podendo ter uma melhor capacidade de raciocínio, evitando desastres por meio de diagnósticos de fraqueza muscular.

O presente estudo comprovou que o SF da aeronave EMB 312 T-27 Tucano é eficiente no treinamento dos cadetes que compuseram a amostra, principalmente

por se adequar à tarefa e aos movimentos realizados pelo grupo de aviadores citados.

Porém, mais estudos na área devem ser incentivados procurando encontrar melhores estratégias e subsídios junto ao estudo de outras vertentes do treinamento de força que levem os pilotos e cadetes a um quadro mais confortável relacionado à aptidão física necessária para a realização de voos e apresentações e comprovando de fato que um planejamento adequado às características deste grupo os levará a melhores condições de trabalho.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. C.; SHIMANO, A. C. **Perfil Postural dos Pilotos da Esquadilha da Fumaça e Instrutores de Voo da Academia da Força Aérea Brasileira**. 2006. 5 f. Artigo - Departamento de Laboratório de Bioengenharia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

ARNHEIM, D. D.; PRENTICE, W. E. **Princípios do treinamento atlético**. 10. ed. Rio de Janeiro: Ed: Guanabara Koogan; 2001.

BEZERRA, T. A. R. **Projeto e Desenvolvimento de Simulador de Forças da Aeronave EMB 312 T-27 Tucano**. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

BEZERRA, T., SHIMANO, A. Simulador de Forças da aeronave EMB 312 T-27 Tucano. **Conexão SIPAER**, v.2, n 2, mar./abr. 2011. Disponível em: <<http://inseer.ibict.br/sipaer/index.php/sipaer/article/view/72>>. Acesso em: 24 maio 2011.

BEZERRA, T. H. A.; HENTELL, L. P. **Contribuição Ergonômica à carreira dos Oficiais Aviadores do Esquadrão de Demonstração Aérea Esquadilha da Fumaça da Força Aérea Brasileira**. Universidade Federal de São Carlos; 2002.

BOMPA, T. O. **A periodização no treinamento esportivo**. Barueri, SP: Manole, 2001.

BOMPA, T. O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. São Paulo: Phorte; 2002.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Portal da FAB**. Disponível em: <www.fab.mil.br>. Acesso em: 10 jun. 2009.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11. ed. [S.l.]: Saunders Elsevier; 2006.

HYPOLITO, L. C. **A Influência das Acelerações +Gz na Prevalência de Lombalgia em Pilotos de Caça**. 2006. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (CEM) - Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2006.

JOSEPH, J.; ALBANO, M. D; STANFORD, M. D. Prevention of minor neck injuries in F-16 pilots. **Aviation Space Environmental Medicine**; v 69; p. 1193-1199; 1998.

LECH, O., VALENZUELA NETO, C., SEVERO, A. Tratamento Conservador das Lesões Parciais e Completas do Manguito Rotador. **Acta ortop bras**, v.8, n.3, jul./ set. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aob/v8n3/v8n3a08.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

EMBRAER. **Manual EMB**: Normas técnicas da Aeronave Embraer T-27. São José dos Campos: EMBRAER, 1984.

PLATOVOV, V. N. **Tratado geral de treinamento desportivo**. São Paulo: Phorte; 2004.

WEINECK, J.; **Treinamento ideal**. 9. ed. .São Paulo: Ed. Manole, 1999;

ZATSIORSKY, V. M., KRAEMER, W. J. **Ciência e prática do treinamento de força**. São Paulo: Phorte, 2008.

ANALYSIS OF BRAZILIAN AIR FORCE CADETS' ISOMETRIC STRENGTH IN EMB-312 T-27 AIRCRAFT FORCE SIMULATOR

ABSTRACT: Pilots that make up the Air Demonstration Squadron (EDA), and Brazilian Air Force (FAB) cadets who stage aerobatic flight maneuvers are subjected to excessive strain attributed to the high levels of gravitational force (G), when they operate the control column of the EMB 312 T-27 Tucano aircraft. The strain results in severe pain and discomfort directly affecting the aviators. Thus, the objective of this paper was to implement a Force Simulator (SF) training in a small group of FAB aviator cadets (n = 4), aiming at the improvement of their isometric strength, which is required mainly to support the airplane during the performance of a maneuver. Statistical analysis demonstrated a significant improvement of the cadets' isometric strength in just a few weeks of training (p = 0.026). Evaluations were made before and after the intervention period, with the conclusion that the SF is a valid tool for pilot training, as it generates neuromuscular adaptations specific to the tasks undertaken by them, in addition to strengthening the muscles required for the acrobatic maneuvers. This fact may contribute to the integrity of pilots and safety of flight.

KEYWORDS: Strength Analysis. Isometric strength. Force Simulator.