

Estudo comparativo da força muscular da mão entre cadetes homens e mulheres da Força Aérea Brasileira

Grip and pinch strength in Brazilian Air Force cadet pilots: a comparative study between men and women

Marcela Donatelli Meibach Teixeira¹, Daniele Aparecida Gomes¹, Gláucia Helena Gonçalves¹, Suraya Gomes Novais Shimano², Antonio Carlos Shimano³, Marisa de Cássia Registro Fonseca⁴

Estudo desenvolvido no Curso de Fisioterapia do RAL /FMRP/ USP – Depto. de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil

¹ Fisioterapeutas

² Fisioterapeuta; doutoranda no RAL/FMRP/USP

³ Engenheiro mecânico; Prof. Dr. do RAL/FMRP/USP

⁴ Fisioterapeuta; Profa. Dra. do RAL/FMRP/USP

ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA

Marcela D. M. Teixeira
Curso de Fisioterapia /RAL /
FMRP/USP
Av. Bandeirantes 3900
14049-900 Ribeirão Preto SP
e-mail:
marceladonatelli@gmail.com

Estudo realizado como trabalho da autora ¹ de conclusão do Curso de Fisioterapia do RAL/ FMRP/USP

APRESENTAÇÃO
dez. 2008

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
maio 2009

RESUMO: O objetivo do estudo foi quantificar a força muscular da mão, nos movimentos de preensão palmar e três tipos de pinça, comparando os cadetes homens e mulheres. Foram avaliados 31 cadetes da Academia da Força Aérea Brasileira, sendo 17 homens e 14 mulheres, com os dinamômetros Jamar e Preston Pinch Gauge. A média de preensão das mulheres foi de 31,4 kgf no lado dominante e 29,3 kgf no lado não-dominante; nos homens, foi 43,6 e 41,2 kgf, respectivamente ($p<0,01$). Na pinça lateral, a média feminina foi de 7,4 kgf e masculina, 10,2 kgf, no lado dominante ($p<0,01$); na pinça trípode, a média das mulheres foi de 7,2 kgf no lado dominante e 7,1 kgf do lado não-dominante; nos homens, foi respectivamente de 9,8 kgf e 9,5 kgf ($p<0,01$); na pinça polpa-a-polpa, as médias femininas foram de 4,9 e 4,6 kgf nos lados dominante e não-dominante; dos homens, foram de 6,5 e 5,7 kgf nos lados dominante e não-dominante, respectivamente ($p<0,01$). A força de preensão palmar, pinça lateral, pinça trípode e pinça polpa-a-polpa foi significativamente maior nos cadetes masculinos do que nas mulheres. Ambos os sexos mostraram mais força do lado dominante do que no não-dominante, exceto na pinça trípode. Quando comparados à população em geral, há pouca diferença dos valores obtidos nos cadetes, tanto em relação ao sexo quanto à dominância. Esses achados podem ser relevantes na avaliação fisioterapêutica e para o desempenho desses pilotos.

DESCRIPTORES: Fatores sexuais; Força muscular; Mão

ABSTRACT: The aim of this study was to quantify the hand muscle strength during grip and pinch movements, and to compare results between men and women. Thirty-one cadet pilots (17 men and 14 women) from the Brazilian Air Force Academy were assessed by means of Jamar dynamometer (grip) and Preston Pinch Gauge (pinch). Female cadets mean grip was 31.4 kgf at dominant hand and 29.3 kgf at non-dominant hand; in male subjects, corresponding values were 43.6 kgf and 41.2 kgf. Mean female lateral pinch at the dominant hand was 7.4 kgf and men's, 10.2 kgf ($p<0.01$); tripod pinch values were 7.2 kgf at dominant side and 7.1 kgf at non-dominant for women, and 9.8 kgf and 9.50 kgf for men, respectively ($p<0.01$); women pinch values were 4.9 kgf and 4.6 at dominant and non-dominant hands, and men's, 6.5 kgf and 5.7 kgf respectively ($p<0.01$). Grip, pinch, lateral pinch, and tripod pinch were all significantly higher ($p<0.01$) in men than in women. Both sexes showed higher strength at the dominant side, except of the tripod pinch. When compared to the population in general, there are little differences among cadets, both as to sex and dominance. These findings may be of relevance both for pilots performance and physical therapy assessment.

KEY WORDS: Hand; Muscle strength; Sex factors

INTRODUÇÃO

Na AFA – Academia da Força Aérea Brasileira, o curso de formação de pilotos tem duração de quatro anos. O cadete aviador tem sua formação baseada no estudo teórico-prático. Os anos ímpares são utilizados para estudo teórico, e os anos pares, para as aulas práticas de voo, primeiro em simuladores e posteriormente em aeronaves. Até poucos anos atrás (menos de cinco anos), não era permitido o ingresso de mulheres na academia.

O treinamento da musculatura intrínseca e extrínseca da mão imposto aos cadetes da AFA durante seu treino de voo é semelhante a um treino esportivo, leva ao ganho de força muscular e não varia de acordo com o sexo. Em voo, a resistência ocorre pela variação da força Gz, uma força centrífuga que tende a empurrar o piloto contra o assento e tem valores muito maiores quando o avião faz curvas¹. Exemplificando, como o braço representa cerca de 5% da massa corpórea², ou seja, cerca de 3,3 kg de uma pessoa de 70 kg, se estiver sob a ação de uma força de 3G+, seu braço passará a ter a massa instantânea de aproximadamente 9,9 kg.

A realização freqüente de exercícios melhora o rendimento muscular. Isso se explica pelo princípio da especificidade³, segundo o qual a mudança induzida no tecido muscular é específica à sobrecarga do exercício realizado⁴. A hipertrofia muscular envolve modificações como aumento na área de secção transversa do músculo envolvido, tipo de fibra muscular, volume muscular e na síntese de proteínas^{5,6}. Para manter a homeostase corporal de degeneração e sintetização de proteínas, um balanço dinâmico ocorre em resposta a qualquer estímulo, como hipertrofia ou atrofia muscular, que promove tanto o crescimento ou a diminuição da massa muscular⁵⁻⁷.

Nos membros superiores, as respostas ao treino físico indicam diferenças de sexo no ganho de força, mostrando que, apesar de os músculos de homens e mulheres apresentarem a mesma composição, o diâmetro muscular de homens é maior⁸, embora a resposta muscular de treino de força seja maior

nas mulheres, sugerindo que o aumento de força em resposta ao treino de resistência induzida seja maior nas mulheres⁹. Esse achado apóia a hipótese de que a qualidade da potência muscular não depende somente da hipertrofia, mas também da capacidade de adaptações neurais¹⁰. Também o treino de força em velocidade moderada (como ocorre nos vôos) aumenta o pico de potência nas mulheres, mas não em homens, quando normalizado o volume da musculatura treinada¹⁰.

O objetivo do presente estudo foi comparar a força dos músculos intrínsecos e extrínsecos da mão entre cadetes homens e mulheres da Academia da Força Aérea Brasileira, durante o período de formação como pilotos. Para isso, avaliou-se a força muscular isométrica da preensão palmar – onde é possível a ação dos músculos flexores extrínsecos da mão¹¹ – e de três tipos de pinças: pinça polpa-a-polpa, que oferece bastante destreza¹¹, pinça trípode, com força intermediária, e a pinça lateral, que é a mais forte. Na medição das forças de pinça avalia-se principalmente a ação dos músculos intrínsecos da mão, que são mais fracos que os extrínsecos, porém de maior precisão¹¹.

METODOLOGIA

O presente estudo integrou o projeto de pesquisa intitulado “Estudo biomecânico de pilotos das aeronaves EMB 312 T 27 – Tucano, durante realização de manobras em um simulador de voo”, aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital das Clínicas da FMRP-USP.

Foram avaliados 31 cadetes, sendo 17 homens (10 do 2º ano e 7 do 4º ano) e 14 mulheres (7 do 2º ano e 7 do 4º ano). Apenas uma mulher do 4º ano era aviadora, as demais eram cadetes do quadro administrativo. A amostragem foi aleatória quanto aos cadetes homens, visto que o número total de alunos por período é 100, mas todas as cadetes mulheres (população total) foram avaliadas. Os critérios de inclusão foram: fazer parte do corpo de cadetes, não ter tido lesões prévias nas mãos e não ter quadro algico nas mãos. Foram excluídos os voluntários que não consentiram em participar do estudo.

Para uma descrição melhor da amostra, foi aplicado um questionário para verificação do tipo de atividade física extra-treino que cada aluno-piloto realizava.

Para avaliação da força muscular isométrica de preensão e pinça¹² utilizou-se o dinamômetro Jamar, e para as pinças polpa-a-polpa, trípode e lateral utilizou-se o dinamômetro Preston Pinch Gauge, ambos recomendados pela Sociedade Americana de Terapia da Mão (ASHT). Estes visam medir forças ou distribuição de pressões¹³ e são amplamente utilizados na prática clínica¹⁴.

O posicionamento do sujeito para as avaliações seguiu norma da ASHT: indivíduo sentado com apoio dos pés no chão, tornozelos em posição neutra, joelhos fletidos a 90º, coxas apoiadas no assento e quadris junto ao encosto da cadeira e fletidos a 90º. O membro superior avaliado permaneceu com ombro levemente abduzido, cotovelo em flexão de 90º, antebraço em posição neutra entre supinação e pronação e o punho entre 0º e 30º de extensão e 0º e 15º de desvio ulnar¹². O dinamômetro Jamar foi ajustado à segunda posição de manopla, seguindo recomendação das Sociedades Americana e Brasileira de Cirurgias da Mão e Terapeutas da Mão¹². Nessa posição, os cadetes foram orientados a exercer sua força máxima de preensão na manopla do dinamômetro por 6 segundos, após o comando verbal “vai”. A avaliação foi feita iniciando pela mão dominante e em seguida a não-dominante, de maneira alternada, com intervalos de 30 segundos entre elas para descanso, sendo utilizados os valores médios de três medições consecutivas.

Para a análise dos resultados foi utilizado um modelo linear de efeitos mistos¹⁵, no programa de computador SAS v.9. Esse método é utilizado na análise de dados onde as respostas de um mesmo indivíduo estão agrupadas e a suposição de independência entre observações num mesmo grupo não é adequada. Foram considerados efeitos aleatórios os indivíduos e efeitos fixos o sexo, as mãos, as repetições e a interação entre os mesmos. O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$.

RESULTADOS

Dentre os 31 indivíduos avaliados quanto à força de preensão palmar, pinça lateral, pinça trípede e pinça polpa-a-polpa, três eram sinistros, sendo um homem e duas mulheres. A faixa etária analisada foi de 19 a 26 anos. Pelo questionário sobre a atividade física, foi observado que todos praticavam algum esporte além das atividades militares, com duração de no mínimo uma hora, ao menos quatro vezes por semana. Somente dois homens não tinham atividades extra, o que não interferiu nos resultados.

A Tabela 1 apresenta os valores absolutos mínimo e máximo (em kgf) da preensão palmar e dos três tipos de pinça medidos nos cadetes dos dois sexos. Em todas as variáveis pôde-se encontrar diferença significativa ($p < 0,01$) entre os sexos, tendo os homens apresentados valores maiores que as mulheres.

Foram observados valores significativamente maiores de preensão palmar nos cadetes homens do que nas mulheres ($p < 0,001$), e valores maiores da mão dominante do que da não-dominante ($p < 0,001$) em ambos os sexos (Gráfico 1).

Tabela 1 Força da mão (em kgf, média \pm desvio padrão) das/os participantes, por sexo e dominância

Variável	Sexo	Dom	Média \pm dp	Mín	Mediana	Máx
Preensão	F	D	31,43 \pm 3,54	26,0	30,0	40,0
		ND	29,33 \pm 3,63	22,0	30,0	36,0
	M	D	43,61 \pm 7,61	28,0	42,0	62,0
		ND	41,22 \pm 8,50	28,0	40,0	64,0
Pinça lateral	F	D	7,36 \pm 1,08	4,5	7,2	9,5
		ND	6,80 \pm 1,29	3,1	7,2	8,6
	M	D	10,17 \pm 1,83	6,8	10,0	14,0
		ND	9,54 \pm 1,70	7,2	9,5	14,0
Pinça trípede	F	D	7,21 \pm 1,03	5,4	7,0	10,0
		ND	7,05 \pm 1,02	5,4	6,8	9,5
	M	D	9,78 \pm 2,43	6,3	10,0	14,0
		ND	9,50 \pm 2,27	6,0	9,5	14,0
Pinça polpa a polpa	F	D	4,85 \pm 0,77	3,6	4,5	6,8
		ND	4,56 \pm 0,81	2,2	4,5	6,0
	M	D	6,48 \pm 0,84	4,0	6,8	8,0
		ND	5,73 \pm 0,86	4,0	6,0	7,7

Dom = dominância; dp = desvio-padrão; Mín = mínimo valor encontrado; Máx = máximo valor encontrado; F = feminino; M = masculino; D = dominante; ND = não-dominante

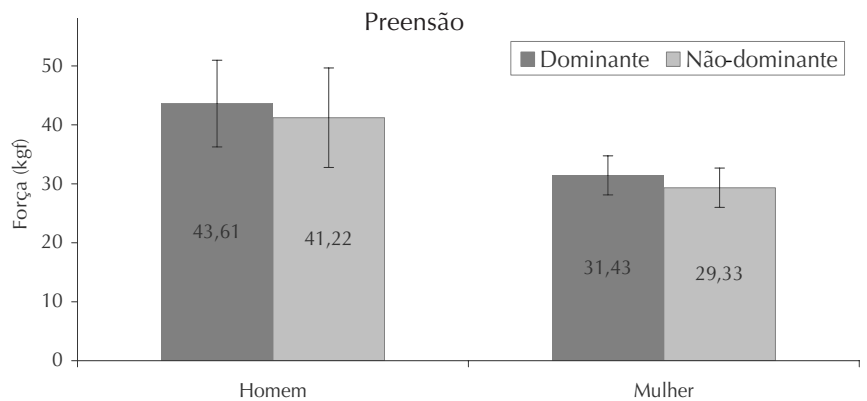


Gráfico 1 Força de preensão (em kgf) por sexo e dominância

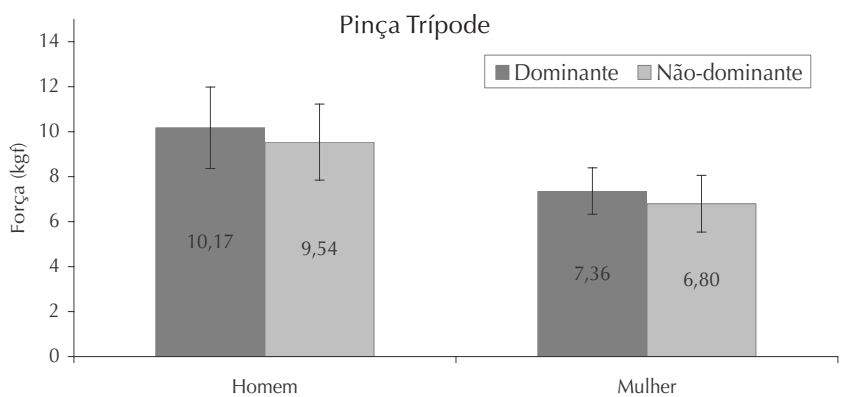


Gráfico 2 Pinça lateral (em kgf) por sexo e dominância

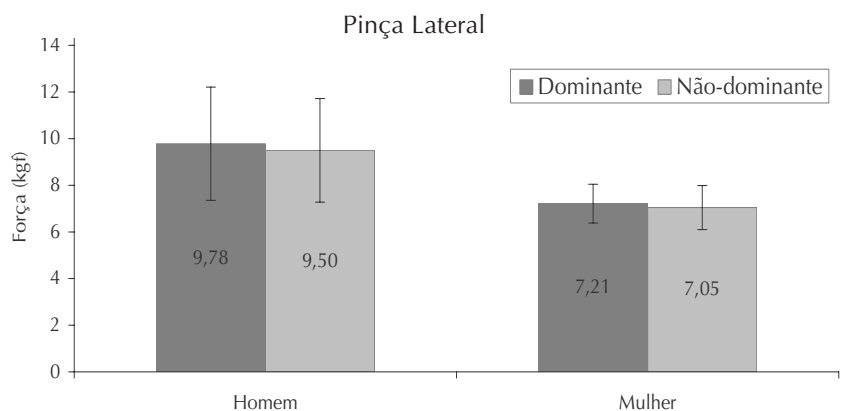


Gráfico 3 Pinça trípede (em kgf) por sexo e dominância

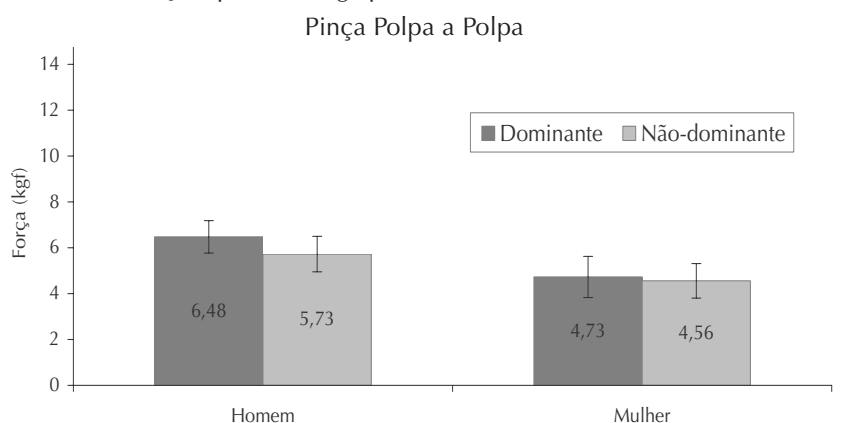


Gráfico 4 Pinça polpa a polpa (em kgf) por sexo e dominância

Pode-se observar no Gráfico 2 diferenças significativas ($p < 0,001$) nos valores de força da pinça lateral, tanto na comparação entre os sexos quanto na dominância. Do mesmo modo, a diferença é notada nos valores da pinça trí-pode (Gráfico 3) com diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$) entre os sexos, porém sem diferenças quanto à dominância (mulheres, $p = 0,40$ e homens, $p = 0,12$).

No último tipo de pinça avaliado, polpa-a-polpa, encontrou-se diferença significativa entre os sexos e vantagem significativa ($p < 0,01$) da dominância nos sujeitos de ambos os sexos (Gráfico 4).

DISCUSSÃO

A análise dos dados mostrou que em todas as variáveis estudadas na avaliação da força muscular das mãos, os homens possuem valor absoluto significativamente maior do que as mulheres, concordando com a literatura^{4,8-10,17-19}. Isso provavelmente ocorre por diferenças morfológicas e anatômicas entre os sexos, como a área e o diâmetro das fibras musculares, que são maiores nos homens do que nas mulheres; e essa diferença é maior quando se comparam adultos jovens⁸ – faixa etária dos cadetes neste estudo. Outra provável causa pode ser o aumento na expressão gênica de genes específicos, presente na musculatura em resposta ao exercício, na população masculina¹⁹.

Araújo *et al.*¹¹ e Caporrino *et al.*¹⁶ avaliaram a força de preensão palmar com Jamar e de pinças com o dinamômetro Pinch Gauge, respectivamente, na população normal e encontraram que os homens têm cerca de 30% a mais

de força nas mãos do que as mulheres, proporção semelhante à encontrada entre os pilotos. Os valores por eles calculados da média de preensão palmar masculina são 42,8 kgf (dominante) e 40,7 kgf (não-dominante) – semelhantes às aqui encontradas, de 43,6 kgf e 41,2 kgf, respectivamente; nas mulheres, as médias foram 31,4 kgf (dominante) e 29,3 kgf (não-dominante), ou 28% a menos de força do que os homens no lado dominante e 29% no lado não-dominante.

No que se refere aos valores das pinças, observa-se uma diferença maior das cadetes mulheres do que dos homens, quando comparados à população em geral, embora as médias dos cadetes, de modo geral, sejam superiores às da população. No entanto, nas pinças polpa-a-polpa e lateral, os valores são maiores na população geral, provavelmente por serem dados normativos somente por faixa etária, mas que consideram médias de ambos os sexos em valor absoluto^{14,15}. O único *outlier* abaixo da média masculina na preensão palmar do lado dominante tem uma história de luxação de ombro, mas no lado não-dominante.

Uma consideração importante na comparação entre os sexos são os valores pré-treino. O valor absoluto de força pré-treino em homens é maior do que nas mulheres, mas estas respondem de modo superior aos níveis relativos de aumento de força^{10,17}. Portanto, apesar das diferenças, os valores de força muscular das cadetes femininas não impedem que possam controlar a aeronave.

Cabe destacar que muitos pilotos já relataram sentir a sensação do braço pesado após o treinamento²⁰, especialmente as cadetes femininas. Esse quadro algíco explica-se pelo fato de os aviões

se deslocarem com tal rapidez e modificarem sua direção, que submetem o corpo a altos estresses físicos, modificando sua estrutura²¹. As sobrecargas posturais associadas ao alerta constante e ao uso repetitivo podem provocar desordens musculoesqueléticas nos cadetes^{22,23}.

Acredita-se que, no decorrer dos quatro anos do curso na Academia, possa ocorrer uma evolução da força dos membros superiores devido ao treinamento em vôo. Mas a comparação entre os sexos é muito difícil, visto que após rigorosa seleção e a recente chegada das mulheres como cadetes, seu número é muito reduzido. Apenas uma cadete chegou ao último ano como aviadora, pois as exigências de treinamento são iguais para ambos os sexos, sobrecarregando muito o sexo feminino.

O estudo apresentou limitações: apesar do total apoio do Comandante do Corpo de Cadetes, os horários de aula e treino dos cadetes não permitiram que a amostra do estudo fosse maior; e o número reduzido de mulheres não permitiu uma análise mais sensível dos dados.

CONCLUSÃO

A força de preensão palmar, pinça lateral, pinça trí-pode e pinça polpa-a-polpa foi significativamente maior nos cadetes masculinos do que nas mulheres. Ambos os sexos mostraram mais força do lado dominante do que no não-dominante na preensão palmar, pinça lateral e pinça polpa-a-polpa, mas não houve diferença na pinça trí-pode. Quando comparados à população em geral, há pouca diferença dos valores obtidos nos cadetes, tanto em relação ao sexo quanto à dominância.

REFERÊNCIAS

- 1 Guyton AC. Fisiologia humana. 10a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
- 2 Chaffin DB, Anderson GBJ, Martin BJ. Biomecânica ocupacional. Belo Horizonte: Ergo; 1999.
- 3 Enoka RM. Bases neuromecânicas da cinesiologia. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2000.
- 4 Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007;37:145-68.
- 5 Boonyarom O, Inui K. Atrophy and hypertrophy of skeletal muscles: structural and functional aspects. *Acta Physiol.* 2006;188:77-89.

Referências (cont.)

- 6 Matsakas A, Patel K. Skeletal muscle fibre plasticity in response to selected environmental and physiological stimuli [abstract]. *Histol Histopathol.* 2009;24(5):611-29.
 - 7 Hoffman EP, Nader GA. Balancing muscle hypertrophy and atrophy. *Nat Med.* 2004;10(6):584-5.
 - 8 Toft I, Lindal S, Bønaa KH, Jenssen T. Quantitative measurement of muscle fiber composition in a normal population. *Muscle Nerve.* 2003;28:101-8.
 - 9 Delmonico MJ, Kostek MC, Doldo NA, Hand BD, Bailey JA, Rabon-Stith KM, et al. Effects of moderate-velocity strength training on peak muscle power and movement velocity: do women respond differently than men? *J Appl Physiol.* 2005;99:1712-8.
 - 10 O'Hagan FT, Sale DC, Macdougall D, Garner SH. Response to resistance training in young women and men. *Int J Sports Med.* 1995;16:314-21.
 - 11 Araújo MP, Araújo PMP, Caporrino FA, Faloppa F, Albertoni WM. Estudo populacional das forças das pinças polpa-a-polpa, trípole e lateral. *Rev Bras Ortop.* 2002;37:496-504.
 - 12 Abdalla, LM, Brandão MCF. Força de preensão palmar e digital. In: Sociedade Brasileira de Terapeutas da Mão e do Membro Superior. Manual: recomendações para avaliação do membro superior. 2a ed. São Paulo: SBTM; 2005. p.42-54.
 - 13 Amadio AC, Duarte M. Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano. São Paulo: Laboratório de Biomecânica/EEF/USP; 1996.
 - 14 Shinzato GT, Batistella LR. Exercício isocínético: sua utilização para avaliação e reabilitação musculoesquelética. *Ambito Med Desportiva.* 1996;1:11-8.
 - 15 McLean RA, Sanders WL, Stroup WW. A unified approach to mixed linear models. *Am Stat.* 1991;45:54-64.
 - 16 Caporrino FA, Faloppa F, Santos JBG, Ressio C, Soares FHC, Nakachima LR, et al. Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar. *Rev Bras Ortop.* 1998;33:150-4.
 - 17 Cureton KJ, Collins MA, Hill DW, McElhannon Jr FM. Muscle hypertrophy in men and women. *Med Sci Exerc.* 1988;20:338-44.
 - 18 Booth FW, Baldwin KM. Muscle plasticity: energy demanding and supply processes. In: Rowell L, Shepherd J, editors. *Handbook of physiology.* Bethesda: American Physiology Society; 1996. v.24, p.1075-123.
 - 19 Roth SM, Ferrel RE, Peters DG, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA. Influence of age, sex, and strength training on human muscle gene expression determined by microarray. *Physiol Genomics.* 2002;10:181-90.
 - 20 Bezerra TAR. Contribuição ergonômica à carreira dos oficiais aviadores do esquadrão de demonstração aérea Esquadrilha da Fumaça da Força Aérea Brasileira [trabalho de conclusão de curso]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2002.
 - 21 Enoka RM, Christou EA, Hunter SK, Kornatz KW, Semmler JG, Taylor AM, et al. Mechanisms that contribute to differences in motor performance between young and old adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13:1-12.
 - 22 Anton D, Gerr F, Meyers A, Cook TM, Rosecrance JC, Reynolds J. Effect of aviation snip design and task height on upper extremity muscular activity and wrist posture. *J Occup Environ Hyg.* 2007;4:99-113.
 - 23 Bernard BP. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related disorders of the neck, upper extremity, and low back. Cincinnati: DHHS; 1997. [NIOSH Pub. No.97-141]
- Agradecimentos: Ao Coronel Aviador Celestino Todesco e ao Corpo de Cadetes da Aeronáutica pela colaboração na Academia da Força Aérea. Ao Cemeq – Centro de Métodos Quantitativos/ USP, pela ajuda na estatística.