

ANÁLISE DA “PALMA” DO KUNG-FU YAU-MAN ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE CINEMETRIA

Osmar Pinto Neto, Marcio Magini, Charli Tortoza

Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, IP&D, UNIVAP
Av. Shishima Hifumi, 2911
12.244-000, São José dos Campos, SP
E-mail: osmaryauman@yahoo.com.br, magini@univap.br, cht@univap.br

Marcelo M. F. Saba

Departamento de Geofísica Espacial, DGE, INPE
Av. dos Astronautas, 1758
12227-010, São José dos Campos, SP
E-mail: msaba@dge.inpe.br

Palavras-chave: Biomecânica, Kung-Fu, Massa Efetiva, Câmera Rápida, Impulso.

Área do Conhecimento: ST14 - ST2 - Biomatemática

Resumo- Este trabalho apresenta um estudo biomecânico do movimento de “palma” do Kung-Fu Yau-Man. Mais especificamente foram calculados os valores de impulso, força muscular resultante, e massa efetiva gerados neste golpe. O trabalho também propõe analisar as variações da velocidade e da força muscular resultante em períodos de 5 ms durante os últimos 40 ms antecedendo a velocidade máxima de movimento. Para isso três praticantes foram requisitados a efetuar golpes contra uma bola de basquete. Os golpes foram filmados com 1000 quadros por segundo por uma câmera rápida. O trabalho apresentado tem sua importância no contexto da Biomecânica tendo em vista que não foram encontrados na literatura estudos similares para movimentos dessa natureza.

Introdução

A arte marcial chinesa (wushu), como a China, tem uma história de milhares de anos e nasceu da necessidade do ser humano de se defender dos ataques de predadores e de outros seres humanos (Chow, 1982). Na tradição chinesa, um guerreiro preocupa-se primeiro em defender-se, e tem como principal objetivo instaurar a “grande paz” (Despeux, 1981). Para isso, através da história, diferentes guerreiros desenvolveram diferentes sistemas ou estilos de autodefesa, cada um com particularidades próprias de idéias e de movimentos.

Os movimentos do Kung-Fu estilo Yau-Man têm como característica principal serem curtos (de pouca amplitude) e poderosos (alta força de impacto). Eles são provenientes do estudo feito pelos mestres ancestrais do estilo. Esses estudos, todavia, eram baseados principalmente em experiências pessoais, e tinham como objetivo a melhoria da eficiência do sistema para uma situação real de defesa pessoal.

Embora não foram encontrados na literatura estudos científicos aplicados a entender os movimentos do Kung-Fu, nas últimas décadas foram escritos trabalhos buscando entender o impacto de golpes de outras artes marciais (Wilk, 1983). Em alguns desses estudos é dada demasiada ênfase à velocidade da mão antes do impacto como fator determinante da maior força

de impacto de um artista marcial treinado (Wilk, 1983). Embora Jearl D. Walker (1975) tenha reportado que a massa efetiva de impacto pode mudar de um tipo de golpe para outro, não foram encontradas em nenhum artigo tentativas de quantificar essa variável. Também não foram encontradas referências sobre os impulsos gerados pelos movimentos das artes marciais, assim como as forças musculares resultantes necessárias para realizar esses movimentos.

Pretende-se com o presente trabalho obter valores de massa efetiva, impulsos, e forças musculares resultantes, além de analisarem-se as variações da velocidade e da força muscular resultantes de uma parte do movimento.

Materiais e Métodos

Para obterem-se os valores pretendidos no presente trabalho, três indivíduos praticantes de Kung-Fu Yau-Man foram selecionados para participar do experimento.

Os indivíduos foram requisitados a fazer várias vezes o movimento conhecido no Kung-Fu Yau-Man como “palma”. Durante o movimento os membros inferiores estão quase estáticos, em posição antero-posterior e semiflexionados (mabu). A posição inicial do tronco é levemente rotacionada projetando mais à frente o membro superior de defesa. Este tem o braço flexionado aproximadamente 80°, levemente aduzido, com

antebraço flexionado em aproximadamente 160° e o punho totalmente estendido. O braço de ataque apresenta uma flexão do ombro em torno de 50° com o antebraço flexionado aproximadamente 100° e o punho semiestendido (Figura 1). O movimento da palma consiste em rotacionar o tronco, o mais rápido possível, projetando a mão de ataque, e invertendo a posição dos membros superiores. Assim, a posição final do tronco e dos membros superiores é a mesma que a inicial, porém invertida (Figura 2).



Figura 1: Posição Inicial.



Figura 2: Posição Final.

Os indivíduos fizeram a “palma” com intuito de acertar uma bola de basquete apoiada sobre o canto de uma mesa e tentar gerar a maior força de impacto possível. Foram considerados para o estudo dois movimentos de cada participante, nos quais a trajetória inicial da bola após o impacto faz um ângulo aproximado de 30° com a superfície da mesa.

Os choques foram filmados utilizando um Sistema de Imageamento Digital de Alta Velocidade (ou câmera rápida) “MotionScope PCI” do fabricante Red Lake, modelo 8000S, pertencente ao ELAT, Grupo de Eletricidade Atmosférica do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Este sistema baseia-se em um sensor CCD (Charge Couple Device) para a captura das imagens. Ele adquire e grava uma

seqüência de imagens digitais de um evento a uma taxa ajustável de 60 a 8.000 Hz (quadros por segundo), sendo que os arquivos de saída podem ser visualizados em um PC. A taxa de aquisição da câmera rápida para o nosso experimento foi ajustada para 1000 Hz. A figura 3 mostra uma imagem obtida pela câmera rápida.

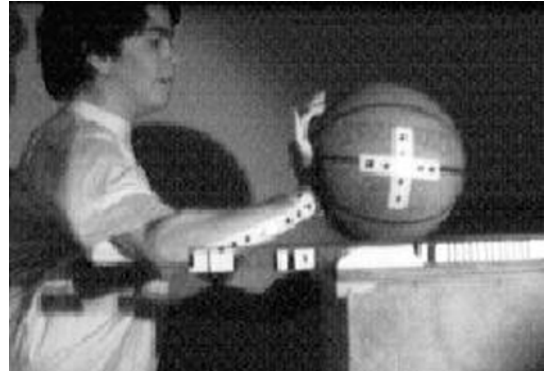


Figura 3: Imagem do impacto registrada pela câmera rápida. Os contrastes de cores no antebraço e na bola indicam os pontos usados como marcas para obtenção de posições na análise. Os contrastes de cores na régua foram usados para determinar a escala de conversão de pixels em cm da imagem.

Para obter-se o valor da massa efetiva de impacto produzida por cada sujeito sobre a bola de basquete, o problema foi analisado como um problema de colisão entre dois corpos de massas m_a e m_b , onde apenas as forças de interação entre eles foram consideradas. A massa m_a representa a massa efetiva usada pelo indivíduo na colisão e m_b representa a massa da bola de basquete que está em repouso antes do impacto. Foi considerado que apenas o corpo B apresentava elasticidade, assim o coeficiente de restituição da bola de basquete (e) representa a elasticidade total do choque.

Obtém-se o valor de e medindo-se a altura que a bola de basquete ricocheteia (h_2) quando cai de uma determinada altura conhecida (h_1) (Enoka, 2000):

$$e = \frac{h_2}{h_1} \quad (1)$$

Para achar m_a , usa-se uma outra fórmula para e (McInnis, 1971):

$$e = \left| \frac{v_{bf} - v_{af}}{v_b - v_a} \right| \quad (2)$$

e uma fórmula provinda do conceito de conservação de momento linear (Halliday, 1997):

$$m_a v_a + m_b v_b = m_a v_{af} + m_b v_{bf}, \quad (3)$$

onde, v_b é a velocidade inicial da bola de basquete que no caso é igual a zero, v_a é a velocidade da mão antes do impacto, v_{bf} é a velocidade da bola após o impacto, e v_{af} é a velocidade da mão após o impacto. As velocidades v_a e v_{bf} foram obtidas através da análise dos vídeos feita através do programa Pro-Analyst da Xcitex, usando marcas no antebraço dos indivíduos, como mostra, anteriormente, a Figura 3. Elas foram consideradas, por limitações na resolução espacial (240 x 210 pixels), como velocidades médias em cinco ms.

A partir das equações (2) e (3), obtém-se que:

$$m_a = \frac{m_b v_{bf}}{v_a (1 + e) - v_{bf}}. \quad (4)$$

Nota-se na equação (4) que para se achar m_a não é preciso o valor de v_{af} . Isso é importante, pois o possível valor obtido através das filmagens não necessariamente representa a velocidade da mão após o impacto. Isso ocorre, pois durante o período de restituição do impacto e principalmente após este, existe uma grande força muscular que tenta frear o movimento da mão. O fato de usar-se a média de 5 ms para obter uma velocidade indica que provavelmente obteria-se uma velocidade final da mão menor do que a esperada.

Usam-se os valores de m_a e v_a para obter o Impulso médio gerado pelo praticante para levar a mão do repouso até a velocidade antecedendo o impacto:

$$I_1 = m_a v_a. \quad (5)$$

A partir desse impulso calcula-se a força muscular resultante média necessária para realizar esse impulso por:

$$F_1 = \frac{I_1}{\Delta t}, \quad (6)$$

onde Δt é o intervalo de tempo necessário para a mão sair do repouso até chegar à bola.

Outro impulso importante é o impulso gerado nos 5 ms que antecedem a velocidade máxima

atingida pela mão (igual a v_a). Este pode ser obtido por:

$$I_2 = m_a (v_a - v_5), \quad (7)$$

onde v_5 é a velocidade da mão 5 ms antes de atingir v_a .

Analogamente, pode-se calcular a força muscular resultante média capaz de gerar este impulso por:

$$F_2 = \frac{I_2}{0,005}. \quad (8)$$

O estudo também propõe analisar a variação da força muscular resultante em períodos de 5 ms durante os 40 ms que antecedem a velocidade máxima de movimento. Para isso um golpe foi analisado em maior detalhe, e gráficos de velocidades e forças musculares resultantes foram gerados.

Resultados

Foram obtidos os valores $h_1=186,5$ cm e $h_2=108,9$ cm usando a câmera rápida para filmar a bola de basquete em queda livre na frente de uma fita métrica; para esses valores, obtém-se através de (1) o valor de 0,584 para o coeficiente de restituição.

Através de uma balança mecânica manual com precisão de gramas foi obtido o valor de 0,594 kg para o peso da bola.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos através da câmera rápida e as massas corpóreas (m_c) dos indivíduos participantes. Estas foram obtidas após o experimento utilizando-se uma balança digital com precisão de 50 gramas. A Tabela 2 mostra os resultados calculados a partir das equações (4), (5), (6), (7), e (8), respectivamente, para os três indivíduos:

Tabela 1

Indivíduos	m_c (kg)	v_a (m/s)	v_{bf} (m/s)	Δt (ms)	v_5 (m/s)
1	54,80	6,9	9,2	87	6,3
1	54,80	8,3	10,7	80	7,3
2	69,05	8,0	10,5	90	7,1
2	69,05	8,7	12,1	127	7,9
3	80,80	8,7	11,4	127	8,1
3	80,80	8,0	11,3	127	7,2
Médias	68,22	8,1	10,9	106	7,3

Tabela 2

Indivíduos	m_a (kg)	I_1 (kgm/s)	F_1 (N)	I_2 (kgm/s)	F_2 (N)
1	3,16	21,87	251,3	1,87	374,3
1	2,6	21,72	271,5	2,63	525,2
2	2,87	22,96	255,1	2,52	503,5
2	4,28	37,33	293,9	3,70	739,3
3	2,84	24,77	195,0	1,81	361,8
3	4,89	39,13	308,1	4,14	827,4
Médias	3,44	27,96	262,5	2,78	555,3

O 2º golpe do Indivíduo 2 foi analisado em maiores detalhes; calculando-se a velocidade média em intervalos de 5 ms ao longo dos 40 ms que antecedem a velocidade máxima adquirida neste golpe obtém-se os pontos apresentados no gráfico da Figura 4. Este gráfico também mostra a curva que melhor ajusta esses pontos, sendo ela um polinômio de ordem 4.

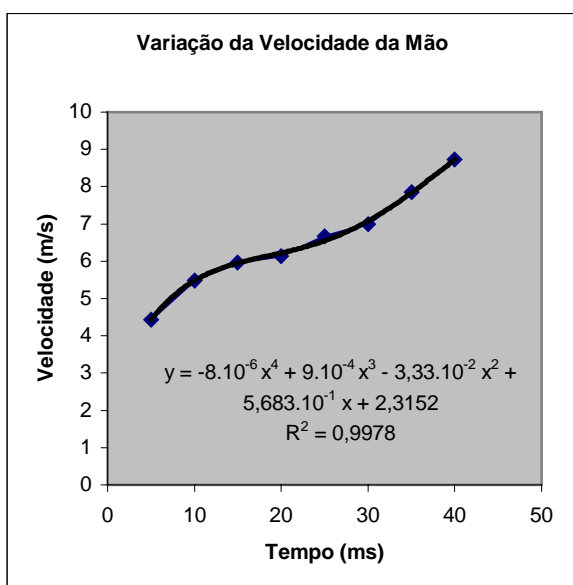


Figura 4: Gráfico da variação da velocidade da mão.

A Figura 5 mostra a variação da força muscular resultante por intervalos de tempo de 5 ms ao longo dos mesmos 40 ms, também ajustada por um polinômio.

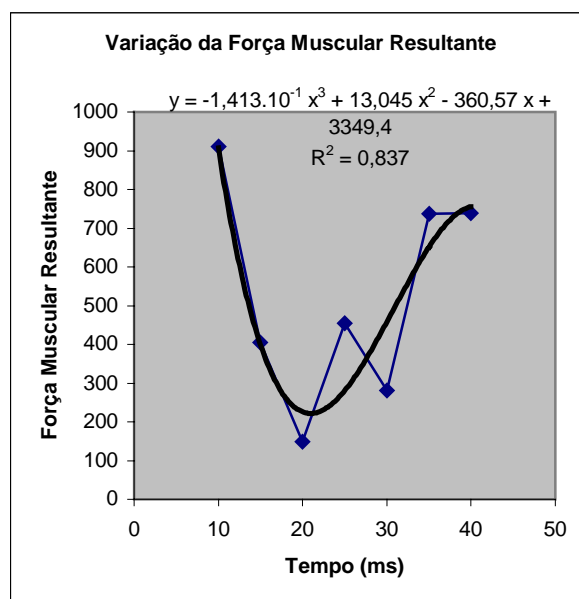


Figura 5: Gráfico da variação da força muscular resultante.

Discussão

Dividindo-se o valor obtido para a média das massas efetivas de impacto pelo valor médio das massas corpóreas dos participantes obtemos 5,04%. Esse valor é próximo ao valor em torno de 5%, obtido somando-se as porcentagens em massa dos segmentos mão, antebraço, e braço do corpo humano (Zatsiorsky, 1983). Isso indica uma possível identidade entre essas massas.

Embora os resultados apresentados na tabela indicam que a força muscular resultante necessária para gerar a última aceleração da mão seja em média maior que a força necessária para efetuar o movimento como um todo (555,3 N para 262,5 N), a análise feita ao longo do movimento descarta a possibilidade da força muscular resultante aumentar gradativamente. Diferentemente, a velocidade aumentou gradativamente seguindo um polinômio de ordem 4 com um fator R^2 de 99,78%.

Conclusão

A presente metodologia foi eficiente em obter valores coerentes de massa efetiva, impulso e forças musculares resultantes. Contrário ao que se pode pensar, a força muscular resultante em um golpe não varia de maneira progressiva conforme o movimento; de fato, parece variar com um polinômio de terceiro grau.

Referências

- [1] D Chow, R. Spangler, "Kung-Fu, History, Philosophy and Technique", Unique Publications, California, EUA, 1982.

- [2] C. Despeux, "Tai-Chi Chuan Arte Marcial Técnica de Longa Vida", Círculo do Livro S.A., São Paulo, Brasil, 1981.
- [3] R. M. Enoka, "Bases Neuromecânicas da Cinesiologia", Editora Manole Ltda., São Paulo, Brasil, 2000.
- [4] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, "Fundamentals of Physics Part 1", John Wiley and Sons Inc., Nova York, EUA, 1997.
- [5] P.G. Hoel, "Introduction to Mathematical Statistics", John Wiley and Sons Inc., p.415, Nova York, EUA, 1984.
- [6] B. C. Mcinnis, G. R. Webb, "Mechanics Dynamics: The motion of solids", Prentice Hall Inc., Nova Jersey, 1971.
- [7] P. M. Mcginnis, "Biomecânica do Esporte e Exercício", Editora Armed, p.403, Porto Alegre, Brasil, 1999.
- [8] J. D. Walker, Karate Strikes. American Journal of Physics 43 (1975) 845-849.
- [9] S.R. Wilk, et al., The Physics of Karate. American Journal of Physics 51 (1983) 783-790.
- [10] V. Zatsiorsky, V. Seluyanov, The mass and inertia characteristics of the main segments of the human body, In H. Matsui and K. Kobayshi (Eds.), "Human Kinetics", Illinois, EUA, 1983.