

Monograph

Efectos de la Altura y la Distancia sobre la Producción de Fuerza y Aceleración en Golpes de Artes Marciales

Richard P Bolander¹, Osmar Pinto Neto² y Cynthia A Bir¹

¹*Biomedical Engineering Center. Wayne State University.*

²*Universidade Camilo Castelo Branco and Instituto de Pesquisa e Qualidade Académica (IPQA), São Paulo, Brazil.*

RESUMEN

Casi todas las culturas tienen raíces en algún tipo de sistema de defensa y la investigación que existe en esta área aún es relativamente escasa fuera del entorno relacionado con el deporte. Este proyecto ha investigado diferentes aplicaciones de golpes en practicantes de Kung Fu que la literatura nunca había abordado. Se compararon directamente golpes de puño y de palma desde distintas alturas y distancias con la utilización de una celda de carga, acelerómetros y un video de alta velocidad. Los datos indicaron que la aceleración del brazo en ambos golpes fue similar, aunque la fuerza y la aceleración resultante del objetivo fueron significativamente mayores para los golpes dados con la palma de la mano. Además, también se investigó la altura relativa en la que se asestó el golpe. La conclusión general es que el golpe de palma es más eficaz para transferir fuerza a un objeto. Asimismo, se puede concluir que un ataque al pecho sería ideal para aumentar al máximo la fuerza de impacto y hacer que un rival pierda el equilibrio.

Palabras Clave: deportes, aceleración, kung fu, cumplimiento de la ley, combate

INTRODUCCIÓN

El Ving Tsung es un estilo de Kung Fu que fue desarrollado en el sur de China y que también puede traducirse como Wing Chun, aunque las diferentes escuelas de todo el mundo prefieren una traducción por encima de la otra. En general, se describe al Ving Tsung como un sistema de defensa personal de corta distancia con base en la idea de atacar la línea central del oponente (Reid y Croucher, 1983). La línea central puede describirse como el eje del plano medio que ide al cuerpo en la mitad derecha y la mitad izquierda.

Cuando un estudiante comienza a aprender las técnicas del Wing Chun, aprende una posición que incluye la inversión de los pies y las rodillas y un centro de gravedad más bajo, donde el cuerpo mira hacia adelante. Las manos están cerca del rostro con los codos hacia adentro para proteger las costillas. Desde esta posición, el artista marcial es capaz de lanzar una serie de golpes en un breve período de tiempo.

La posición con la que comienzan los alumnos es diferente de la posición de un boxeador. Dado que el Wing Chun se considera un sistema de proximidad, la potencia de cada golpe es menor que la de un boxeador, aunque un artista marcial

hábil puede sorprender a un rival con reiterados golpes y precisión. No obstante, cada golpe debería tener el mayor efecto posible. La fuerza generada en cada impacto debería ser sustancial y, por lo tanto, es importante investigarla en relación con los impactos en las artes marciales.

Aunque existen varios factores que pueden afectar la cantidad de fuerza generada con un golpe determinado, en física clásica, puede simplificarse a: $F = M \times A$

Para el impacto, el pico de fuerza está relacionado con la aceleración de ese objeto en cada instante multiplicado por su masa efectiva. Se define a la masa efectiva como toda la masa utilizada en el impacto (Blum, 1977). Según la destreza del golpe, la masa efectiva puede variar desde la masa del puño hasta la suma del antebrazo, la parte superior del brazo y el tronco (Nakayama, 1966). La técnica adecuada es crucial para generar la fuerza en todo el cuerpo. La transferencia óptima de fuerza está basada en la habilidad del cuerpo para convertir una serie de eslabones rígidos, y la alineación anatómica adecuada es crucial para el desarrollo de esta fuerza (Bartel, 2006; Neto y Magini, 2008). Se ha demostrado que cuando un individuo golpea un objetivo y no se soporta la muñeca con la musculatura, o no se encuentra en la alineación adecuada, se produce un gran momento en la muñeca y la transferencia de la cadena de fuerza se rompe (Waliko, 2005). En efecto, una gran cantidad de la energía será absorbida por el movimiento entre la mano y la muñeca.

Existen estudios que han buscado una mejor comprensión de un golpe básico. Los investigadores han examinado las aceleraciones resultantes de un golpe sobre sustitutos mediante la utilización de acelerómetros junto con sistemas de mapeo de la presión (Waliko, 2004; Waliko et al., 2005). Otros han medido la fuerza utilizando dinamómetros de golpe (Filamonov, 1983; Nakayama, 1966). Algunos investigadores también han supuesto las masas efectivas y luego utilizaron sistemas pendulares para calcular la velocidad en el impacto sobre seres humanos y sustitutos (Johnson et al., 1975). Además, otros investigadores han hecho cálculos de la masa efectiva del brazo y multiplicaron la aceleración del brazo en el impacto (Sherman et al., 2004).

Existen varios factores que hipotéticamente afectan la fuerza generada durante un golpe que incluyen: la distancia del objetivo, la altura del objetivo en relación con el hombro y el tipo de puñetazo/golpe. Se identificaron dos estudios de la literatura que investigaron la manera en que las distancias afectan la fuerza de un golpe (Gulledge y Dapena, 2007; Neto et al., 2007). Se estableció que, mientras que la distancia al blanco aumentaba, también aumentaba la cantidad de fuerza desarrollada. Esto, desde luego, ocurría solo a una cierta distancia. Según el presente hallazgo, se exploraron tres distancias diferentes para ver si un golpe de alcance medio resultaría más efectivo en la producción de fuerza. Asimismo, se determinó que la altura del blanco y el tipo de golpe también pueden afectar la fuerza generada en el impacto. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue investigar las relaciones entre las aceleraciones y la fuerza en diferentes condiciones de golpe. La distancia del golpe, el tipo de golpe y la altura del objetivo se incluyeron en un protocolo desarrollado para investigar la manera en que estas características se interrelacionaban.

MÉTODOS

Trece artistas marciales de Moy Tung Ving Tsung, 10 hombres y 3 mujeres, dieron su consentimiento para participar en el experimento. Los participantes tenían en promedio de 2 a 6 años de entrenamiento en artes marciales. La metodología fue aprobada por el Comité de Investigación Humana de la Universidad del Estado de Wayne, y todos los individuos dieron su consentimiento informado por escrito. Se seleccionó a profesionales de la Escuela Ving Tsung porque practican ambos golpes, de puño y de palma. Estos artistas marciales golpean con las articulaciones inferiores de los metacarpianos (MCP), con los nudillos perpendiculares al suelo y la palma golpea con la eminencia hipotenar.

Golpe	Objetivo	Distancia	Nombre de la prueba
Palma	Cabeza	Corta	PHS
		Media	PHM
		Larga	PHL
	Pecho	Corta	PTS
		Media	PTM
		Larga	PTL
Puño	Cabeza	Corta	FHS
		Media	FHM
		Larga	FHL
	Pecho	Corta	FTS
		Media	FTM
		Larga	FTL

Tabla 1. Protocolo de golpes. PHS = golpe corto a la cabeza con la palma, PHM = golpe de media distancia a la cabeza con la palma, PHL = golpe de larga distancia a la cabeza con la palma, PTS = golpe corto al tórax con la palma, PTM = golpe de media distancia al tórax con la palma, PTL = golpe de larga distancia al tórax con la palma, FHS = golpe corto de puño a la cabeza, FHM = golpe de media distancia a la cabeza con el puño, FHL = golpe de larga distancia a la cabeza con el puño, FTS = golpe corto de puño al tórax, FTM = golpe de media distancia al tórax con el puño, FTL = golpe de larga distancia al tórax con el puño.

Se registraron el peso y la altura de los participantes. Se utilizó un protocolo similar al de (Sherman et al. 2004) para tomar las mediciones antropométricas, así como también los volúmenes de las manos y los brazos. Los participantes colocaban la mano en un gran tubo de PVC con un canal designado para dirigir agua hacia otro contenedor. El agua del tubo se llenaba hasta este canal y cualquier derrame se determinaba como el volumen desplazado del puño, y después el antebrazo hasta el codo. Luego, el volumen se utilizó para calcular la masa de cada segmento según las densidades promedio calculadas para esos aspectos del cuerpo. Asimismo, se tomó una fotografía del puño y la palma de los sujetos. A los participantes también se les pidió que utilizaran un equipo que estaba marcado en las articulaciones específicas para el análisis del movimiento. A cada participante se le pidió que "entrara en calor" completando un patrón de movimientos, conocido como forma, que ayuda a desarrollar las habilidades específicas dentro del Arte.

Después de la entrada en calor, los participantes se pararon sobre una plataforma de altura variable. La plataforma se utilizó para permitir que los participantes golpearan al objetivo al nivel de la cabeza y el pecho con respecto a su altura. El objetivo al nivel de la cabeza estaba alineado con los ojos del participante y el nivel del pecho con el esternón, con el centro del objetivo. Esto permitió que la dimensión del péndulo se mantuviera constante y permitiera una transición rápida durante la prueba.

Para cada sujeto se desarrolló un protocolo de golpes (Tabla 1) con 12 golpes diferentes asignados de manera aleatoria. Los participantes se paraban sobre la plataforma y colocaban los pies donde pudieran ejercer la mayor fuerza para todos los golpes, se les pedía que no movieran los pies durante el descanso de la prueba. Los golpes se estratificaron en golpes de palma y de puño. A los participantes se les ordenó que realizaran cada uno de estos golpes hacia la cabeza y el pecho desde tres distancias diferentes al objetivo. A la distancia más corta (Corta) se la designó como el largo de las manos del sujeto. A la distancia más larga (Larga) se la definió como la distancia entre el pecho del sujeto hasta el blanco. La tercera distancia (Media) fue aproximadamente del promedio de las otras dos.

Luego, se les informó a los participantes qué golpe realizarían cuando oyeran un estímulo sonoro que se produciría en el término de cuatro a diez segundos, que indicaba que estaban preparados para que comenzara la prueba. El segundo estímulo fue el "clic" de un relevo utilizado para activar el sistema de recopilación de datos y las cámaras. El tiempo en que se activaba el sonido se asignaba de manera aleatoria. Ninguno de los participantes expresó dificultad para oír el estímulo.

Análisis de Video

El video de alta velocidad se recopiló en 2,500 Hz utilizando dos cámaras (HG-100K, Redlake Inc.) ubicadas de manera ortogonal una de la otra. Se colocó una cámara directamente por encima de la cabeza y otra en el lateral del sujeto. Las cámaras se utilizaron para identificar inconsistencias con la técnica y la precisión.

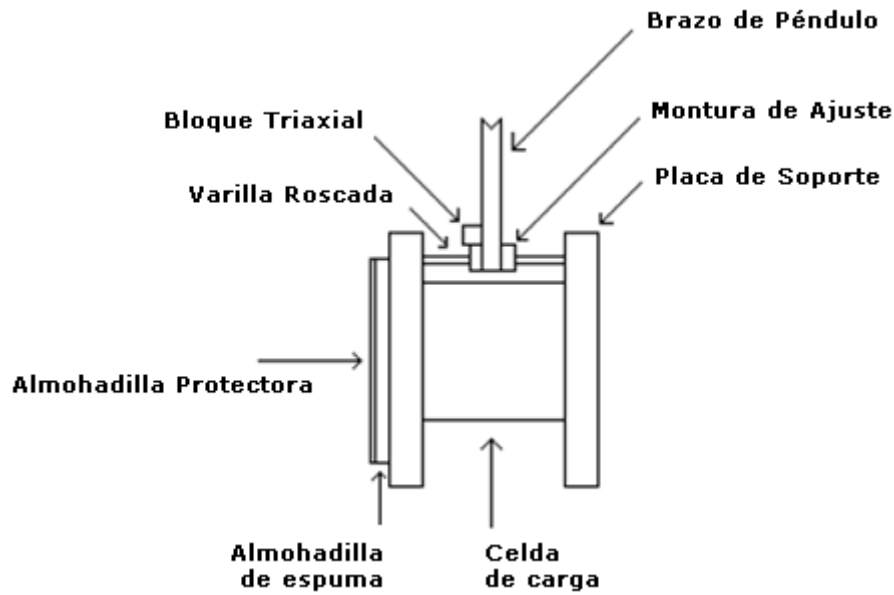


Figura 1. Diseño de la celda de carga

Recopilación de la Fuerza

Se montó una celda de carga (modelo 7120 Syscon Inc.) con su eje de detección paralelo al suelo. Se fabricaron piezas de aluminio a medida para montar la celda de carga en un brazo de acero que se sujetó a una bisagra que permitía que la celda de carga se moviera como un péndulo. Se colocó una almohadilla de espuma con una fina envoltura de plástico ABS sobre la superficie del golpe de la celda de carga para proteger la mano. El fino plástico sirvió como método para evitar la deformación de la espuma después de los reiterados golpes. Se incluye un diagrama de este dispositivo (Figura 1). La medición de la fuerza mediante la utilización de este péndulo fue validada tomando una masa conocida y sujetando un acelerómetro (modelo 7264D, Endevco Inc.) en la parte trasera. Luego, esta masa instrumentada se suspendió mediante una cuerda, creando así su propio sistema de péndulo. Este sistema de péndulo golpeaba la celda de carga desde diferentes alturas iniciales.

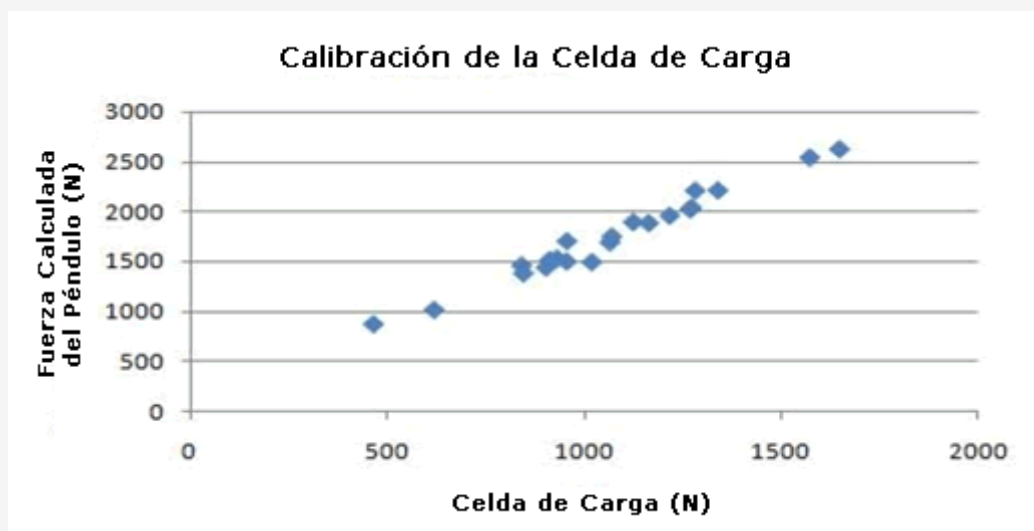


Figura 2. Calibración de la celda de carga con un índice de 1.6

La fuerza se calculó mediante la multiplicación de la masa del peso por su aceleración en el impacto. Luego, esto se comparó con la fuerza calculada por la celda de carga. El índice de las dos fuerzas fue sistemáticamente de 1.6, que se utilizó como factor de conversión durante la prueba. Se reportaron los resultados de esta calibración (Figura 2). En el presente estudio se utilizaron seis acelerómetros (modelo 7264D, 500G, Endevco Inc.) Se montaron tres acelerómetros sobre un bloque triaxial y luego se sujetaron al antebrazo del participante. Otro bloque triaxial se sujetó al brazo del péndulo, cerca del centro de la masa de la celda de carga. Toda la instrumentación se recopiló en 10,000 Hz por canal utilizando TDAS (Diversified Technical Systems Inc.), un sistema de recopilación de datos utilizado habitualmente en pruebas de choques.

Golpe	Fuerza	Acel. Brazo	Acel. Pend.
Pecho	0.736 (0.159)	0.562 (265)	0.650 (0.214)
Cabeza	0.664 (0.174)**	0.573 (0.264)	0.498 (0.233)**
Tamaño del efecto	0.43	0.04	0.68

Tabla 2. Valores medios normalizados mediante la altura del golpe. ** indica $p < 0.01$, respectivamente por ANOVA. Acel. = aceleración, Pend. = péndulo.

Análisis Estadísticos

Los datos se ingresaron en una planilla de Microsoft Excel, donde se determinó la fuerza calculada en la superficie de la almohadilla por medio de la multiplicación del coeficiente calculado de 1.6 con la fuerza reportada por la celda de carga. Los datos se midieron en Newtons para la fuerza y en g para la aceleración, y luego se normalizaron para cada sujeto. El procedimiento de normalización para este estudio se efectuó mediante el cálculo del valor máximo de la serie de 12 golpes para cada medición respectiva (fuerza, aceleración del brazo y del péndulo), luego se idieron todos los valores de las series por estos máximos. En una serie de 12 golpes para una medición determinada, el valor máximo generado por el sujeto tenían un valor de 1 y los otros 11 golpes eran un porcentaje de este. Por lo tanto, se reportó una cantidad total de 36 valores por sujeto. Los datos fueron analizados con la utilización del análisis de varianza ANOVA. Las diferencias entre los grupos con dos medias, tales como el tipo de golpe, se calcularon con una prueba t y se informó el valor de p resultante. Además, para dos comparaciones medias, se calculó y se reportó un tamaño del efecto para las comparaciones del tipo de golpe y altura del golpe (Rosnow y Rosenthal, 1996). La significancia se determinó en un nivel α de 0.05. Para permitir una mejor comprensión de las tendencias, se reportó de manera gráfica un análisis de golpes por distancia.

RESULTADOS

Golpe de Puño vs Golpe de Palma

La fuerza promedio normalizada para los golpes de palma para todos los participantes fue de 0.735 ± 0.156 . Fue significativamente más elevada ($p < 0.05$) que la fuerza promedio normalizada de los golpes de puño, que fue de 0.668 ± 0.178 . En cuanto a la aceleración del brazo, el valor medio normalizado fue de 0.542 ± 0.28 para el golpe de puño y de 0.594 ± 0.244 para los golpes de palma. No hubo una diferencia significativa entre las aceleraciones promedio del brazo entre los golpes de puño y los de palma.

El golpe de puño tuvo una aceleración pendular promedio ($p < 0.01$) normalizada de 0.521 ± 0.199 , en comparación con el golpe de palma con 0.629 ± 0.249 .

Golpe a la Cabeza vs Golpe al Pecho

Hubo una diferencia significativa en las fuerzas medias que favoreció a los golpes al nivel del pecho. No hubo una diferencia significativa entre las aceleraciones del brazo para los golpes al nivel de la cabeza y el pecho; sin embargo, hubo

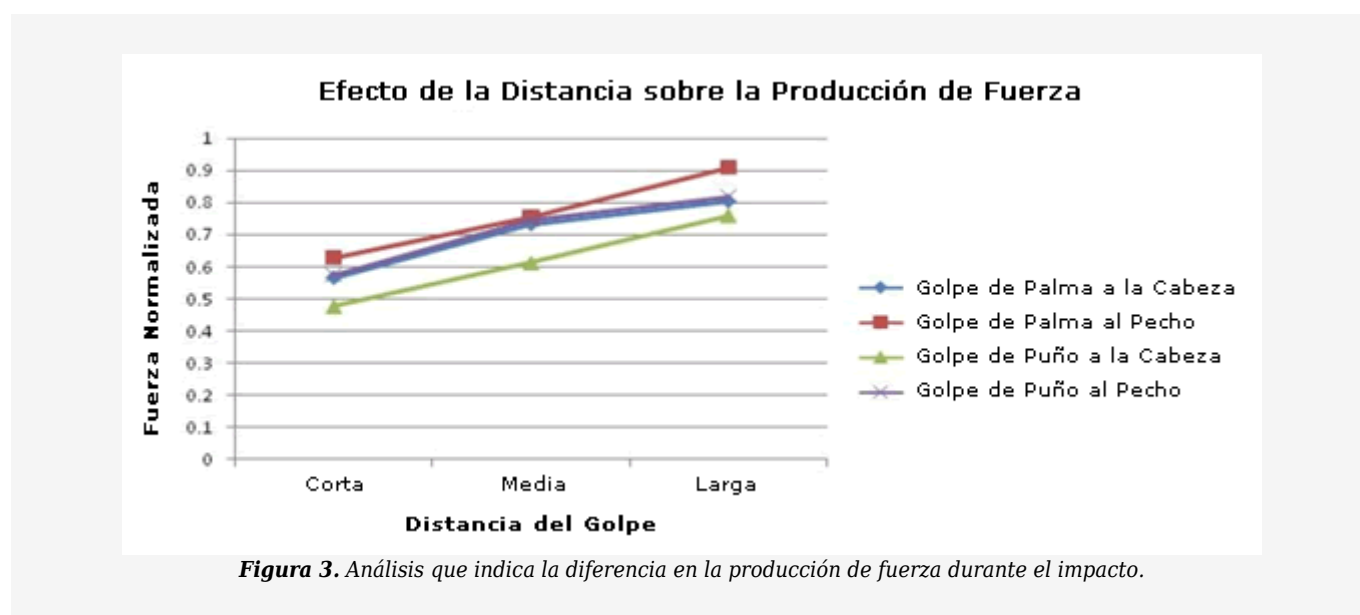
una diferencia significativa para la aceleración del péndulo a favor del golpe al nivel del pecho. Los datos analizados se reportaron a fin de indicar los valores normalizados (Tabla 2).

Efecto de la Distancia

La fuerza ($p < 0.001$; Figura 3) y las aceleraciones del brazo ($p < 0.001$; Figura 4) se incrementaron con el incremento en la distancia. Las mayores aceleraciones del péndulo se observaron con el golpe de palma al nivel del pecho en la distancia media ($p < 0.001$; Figura 5).

DISCUSIÓN

En cuanto a la fuerza, el golpe de palma demostró tener la mayor magnitud promedio. Se cree que debido a la rigidez del blanco, la fuerza se transfirió de manera más eficaz a través del antebrazo que de los metacarpios.



El video de alta velocidad recopilado muestra que para todos los golpes, sin importar la experiencia de los participantes, siempre se produjo al menos un pequeño momento en la muñeca. Por lo tanto, podría argumentarse que un golpe de palma sería una mejor manera de transferir la fuerza al objetivo. En el boxeo, las muñecas se contienen mediante una gran cantidad de envolturas, vendas, otras protecciones externas, que mitigan este efecto. En el presente estudio, se concluye que, aunque la fuerza media fue más elevada para la palma, no hubo una diferencia significativa en la aceleración del brazo en el impacto entre los golpes de puño y de palma. Cuando se compararon las aceleraciones del péndulo, la palma tuvo una respuesta significativamente mayor. Según estos resultados, al parecer, el golpe de la palma es más eficaz para transmitir la fuerza al objetivo. Se puede especular que la discrepancia en la eficacia entre un golpe de palma y uno de puño sería aún mayor para los practicantes novatos, cuyas muñecas no son tan rígidas y no están alineadas como las de los practicantes experimentados.

Ambos golpes, hasta y durante el impacto, fueron bastante lineales en la vista lateral y por encima de la cabeza. Hubo una rotación empleada en el plano sagital cuando retrocedía el golpe, pero no fue de importancia para el presente estudio, pues el punto de interés era el pico del impacto.

Los resultados también demostraron que la cantidad de fuerza generada en el impacto disminuyó en los golpes al nivel de la cabeza, en comparación con los golpes al pecho. Una posible razón para esto podría ser la incapacidad del cuerpo para generar una gran masa efectiva en los golpes al nivel de la cabeza. Aunque no se calcularon los valores de la masa efectiva, es importante señalar que no hubo ninguna diferencia significativa en las aceleraciones del brazo entre los golpes al nivel de la cabeza y del pecho, mientras que sí hubo una diferencia significativa entre las aceleraciones pendulares. Los resultados demostraron que los golpes al nivel del pecho desarrollaron más aceleración post-impacto que los asestados al

nivel de la cabeza. Otra explicación para las menores aceleraciones pendulares en los golpes al nivel de la cabeza podría ser que el vector de impacto en los golpes al nivel de la cabeza podría tener un mayor componente del eje Y, de este modo, una gran parte de la energía transferida al péndulo transfería el brazo del péndulo hacia el techo.

Se hallaron resultados importantes al investigar la distancia, y la manera en que ésta afectaba la fuerza general vista en el objetivo. En todas las situaciones, en lo que respecta a la fuerza, el golpe de distancia larga fue significativamente mayor que el golpe de distancia corta. Esto también fue evidente para las aceleraciones del brazo y del péndulo. Por lo tanto, los presentes resultados concuerdan con Gulledge y Dapena (2007) y Neto (2007) en relación a un incremento de la fuerza con un aumento de la distancia. No obstante, el golpe de distancia media fue mayor que los golpes de distancia larga para el golpe de palma al nivel del pecho en lo que respecta a la aceleración del péndulo. No es preciso si esto se debe a una cuestión de aceleración o de la masa efectiva.

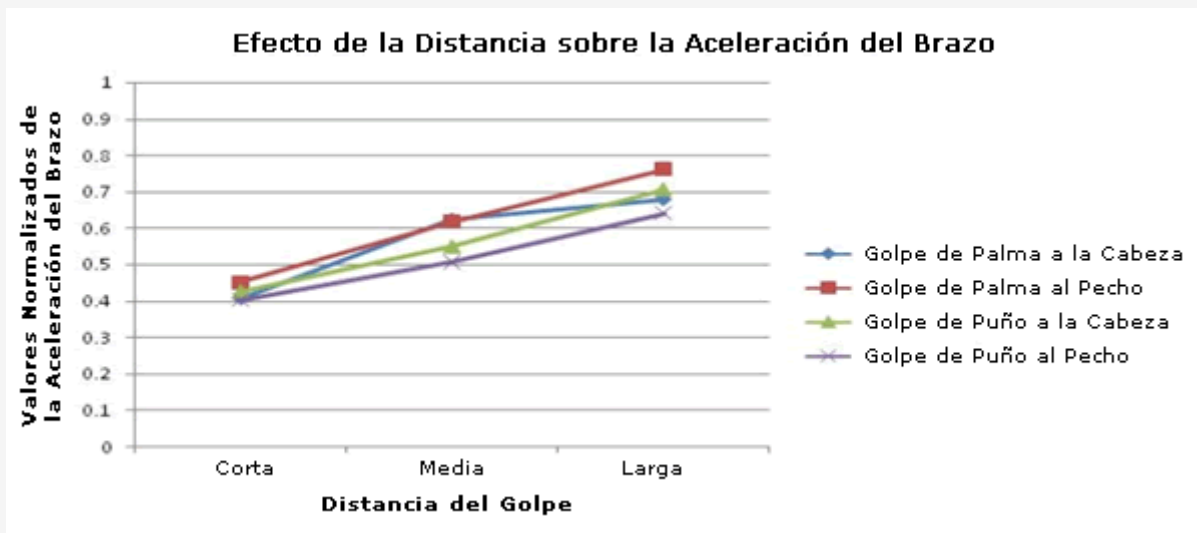


Figura 4. Análisis que indica diferencias en la aceleración del brazo durante el impacto

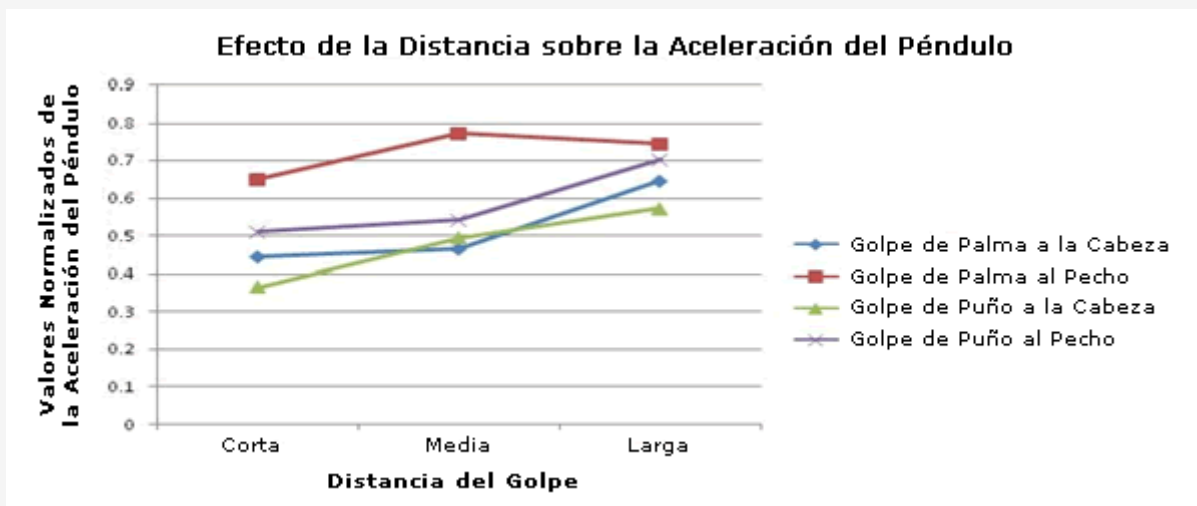


Figura 5. Análisis que indica la diferencia en la aceleración del péndulo durante el impacto

Asimismo, debería advertirse que si se va a aplicar la fuerza máxima, también debe haber una aceleración máxima. Por lo tanto, el punto del pico de aceleración será algún porcentaje de la extensión máxima (Neto et al., 2007; Walker, 1975). Esta es la razón de por qué a los participantes deportivos se les enseña que deben apuntar detrás del blanco para que la

mayor aceleración se aplique en el momento del impacto.

En estudios futuros, debe estudiarse el efecto de deflexión de la muñeca sobre la producción de fuerza. Se ha planteado la hipótesis de que al aumentar la deflexión, disminuye la producción de la fuerza. Del mismo modo, debería realizarse el estudio de maestros de diferentes escuelas pero del mismo estilo. Al observar el movimiento de un maestro, sería posible identificar los principios físicos claves que pueden emplearse para entrenar a atletas y otros artistas marciales con más rapidez, y la ambigüedad que existe entre las artes marciales disminuiría.

Existen varias limitaciones en este estudio. La primera cuestión es que hubo menos mujeres que hombres en el estudio. Aunque es posible que esto tenga un efecto sobre los resultados, el procedimiento de normalización logró reducir al máximo las diferencias de tamaño y fuerza. Además, no se comparó a los hombres y las mujeres de manera directa. Otra cuestión es que había una gran diferencia en cuanto a los años de práctica en las artes marciales. Esto hace que la muestra sea menos homogénea pero permite una mayor extrapolación a una población más grande. La tercera cuestión es que a los participantes no se los sometió al tipo de estrés de la vida del mundo real o una situación de muerte y por lo tanto, la motivación será diferente al golpear. Al utilizar estos resultados, es posible practicar los golpes que pueden definirse como los más efectivos, por lo que si se produce una situación de alto estrés, se programarán las técnicas más efectivas.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio tienen muchas aplicaciones para todas las poblaciones que están interesadas en cualquier tipo de entrenamiento de arte marcial o defensa. Para los entrenadores de deportes de combate, los resultados indican la necesidad de enseñar la técnica adecuada junto con el entrenamiento de fuerza y acondicionamiento apropiado. Siempre habrá al menos un pequeño momento en la muñeca, por lo tanto, la musculatura del antebrazo debe ser lo suficientemente fuerte para resistir este movimiento y permitir la aplicación de la técnica adecuada. A los atletas de deportes de combate se les debe enseñar la posición del cuerpo apropiada para que puedan generar la aceleración máxima en el impacto. Sería importante que los maestros de artes marciales también les enseñen a los practicantes novatos el golpe de palma en las primeras etapas del entrenamiento, para que puedan defenderse mejor en una situación de alto estrés, o si el alumno es intrínsecamente débil el golpe de palma puede ser una alternativa al golpe de puño para lograr un impacto más fuerte. Debido a sus capacidades mayores de producción de fuerza y transferencia del impulso, el golpe de palma al pecho o al plexo solar sería ideal para elevar al máximo la fuerza del impacto y, por lo tanto, hacer que un rival pierda el equilibrio, como también atacar superficies más duras que no corresponderían a otros golpes.

Esta investigación también puede aplicarse a soldados y oficiales de la ley que están expuestos a un combate de cerca de manera regular. Como se indica anteriormente, un oficial que entrena los ataques más efectivos durante el suficiente período, desarrollará una habilidad innata para generar estos ataques de manera automática y eficaz cuando se encuentre bajo situaciones de mayor estrés.

Puntos Clave

- Se ha determinado que el golpe de palma es más efectivo que el de puño para desarrollar fuerza y transferir impulso, más probablemente el resultado de una cantidad reducida de eslabones rígidos y articulaciones.
- Un golpe al nivel de la cabeza es menos efectivo que un golpe al nivel del pecho para desarrollar fuerza y transferir impulso.
- La distancia cumple una función sobre la fuerza general y los cambios en el impulso, y muy probablemente depende de la velocidad del miembro y el alineamiento de los huesos antes del impacto.
- Sería beneficioso para la enseñanza de la defensa propia a novatos y oficiales de la ley incluir el golpe de palma como técnica de alta prioridad.

Agradecimientos

Se agradece a la Escuela Moy Tung Ving Tsung por participar de manera voluntaria en este estudio. Se agradece especialmente a Sifu Owen Matson y Segon Moy Tung. También se agradece al personal de la Universidad de Bioingeniería del estado de Wayne por su apoyo.

REFERENCIAS

1. Bartel, D.L., Davy, D.T. and Keaveny, T.M (1977). Orthopaedic Biomechanics. *Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River. Blum, H. Physics and the art of kicking and punching. American Journal of Physics 45, 61- 64*
2. Gulletge, K.J. and Dapena, J (2007). A comparison of the reverse and power punches in oriental martial arts. *Journal of Sports Sciences*
3. Filamonov, V. I., Koptsev, K.N., Husyanov, Z.M. and Nazarov, S.S (1983). Means of increasing strength of the punch. *Boks*
4. Hobusch, F.L. and McClellan, T (1990). The Karate Roundhouse Kick. *National Strength and Conditioning Association Journal*
5. Johnson, J., Skorecki, J. and Wells, R.P (1975). Peak accelerations in the head experienced in boxing. *Medical and Biological Engineering*
6. Nakayama, M (1966). Dynamic Karate. *Kodansha, New York*
7. Neto, O.P., Magini, M. and Saba, M.F (2007). Role of effective mass and hand speed in the performance of Kung Fu athletes compared with nonpractitioners. *Journal of Applied Biomechanics*
8. Neto, O.P. and Magini, M (2008). Electromyographic and kinematic characteristics of Kung Fu Yau-Man palm strike. *Journal of Electromyography and Kinesiology*
9. Reid, H. and Croucher, M (1983). The way of the warrior: The paradox of the martial arts. *Century Publishing Co., London*
10. Rosnow, R.L. and Rosenthal, R (1996). Computing contrasts, effect sizes, and counternulls on other peoples published data: General procedures for research consumers. *Psychological Methods*
11. Sherman, D., Bir, C., Walilko, T. and Boitano, M (2004). Correlation between punch dynamics and risk of injury. *5th Conference on Engineering of Sport, UC Davis, CA. Book of Abstracts. 110-116*
12. Tsaousidis, N. and Zatsiorsky, V (1996). Two Types of Ball- Effector interaction and their relative contribution to soccer kicking. *Human Movement Science 15, 861-876*
13. Waliko, T.J (2004). Biomechanical response of the temporomandibular joint from impacts in boxing. *Doctoral Thesis, Wayne State University, Detroit*
14. Waliko, T. J., Viano, D.C. and Bir, C.A (2005). Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the face. *British Journal of Sports Medicine 39, 710-719*
15. Walker, J.D (1975). Karate strikes. *American Journal of Physics 43, 845-849*

Cita Original

Richard P. Bolander, Osmar Pinto Neto and Cynthia A. Bir. The Effects of Height and Distance on the Force Production and Acceleration in Martial Arts Strikes. *Journal of Sports Science and Medicine* (2009) 8(CSSI-3), 47 - 52