



Universidad de Granada

EVOLUCION DE LA POTENCIA DE PIERNAS EN SUCESIVOS COMBATES DE TAEKWONDO



TESIS DOCTORAL

Jesús R. Cañadillas Mathías

Febrero de 2012

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Jesús Ramón Cañadillas Mathías
D.L.: GR 2236-2012
ISBN: 978-84-9028-122-2



UNIVERSIDAD DE GRANADA

DEPARTAMENTO DE EDUCACION FISICA Y DEPORTIVA

DEPARTAMENTO DE ENFERMERIA

TESIS DOCTORAL

Evolución de la potencia de piernas en sucesivos combates de Taekwondo

Jesús R. Cañadillas Mathías

Directores:

Dr. D. Paulino Padial Puche

Dra. Dña. Belén Feriche Fernández-Castanys

Dr. D. Nicolás Mendoza Ladrón de Guevara

Programa Actividad Física y Salud

Universidad de Granada

Granada, febrero 2012

Reservados Todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida en medio alguno, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabaciones o cualquier sistema de recuperación o almacenaje de información sin la autorización por escrito de los editores.

© 2012. Editores: Jesús R. Cañadillas Mathías y Paulino Padial Puche

ISBN: En tramitación

Depósito Legal: En tramitación

Dedico esta Tesis a mi mujer M^a Concepción, por su infinita inteligencia y valentía al enfrentarse a la vida, por ser mi referente, mi inspiración y el pilar de mi fortaleza. Porque junto a ella he podido desarrollar todo lo que soy.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis doctoral, ha sido posible por la colaboración desinteresada de todas las personas que han vivido conmigo su realización.

Agradezco a mi amigo el Profesor Dr. Paulino Padial Puche, por su incondicional entrega, permanente apoyo y tutela, dirigiendo y facilitando el trabajo y medios de esta tesis, sin los cuales no hubiera sido posible su realización. Le quiero también agradecer su formación desde que empecé mis estudios de licenciatura como alumno suyo hasta ahora, por haber creído en mí y haber hecho posible un sueño. Por haberme ayudado a entender el sentido de la amistad por encima de intereses y adversidades. Por estar siempre presente.

A mi amiga, la Prof. Dra. Belén Feriche Fernández-Castanys, profesora de la Facultad de Ciencias del Deporte, por su incalculable inteligencia y capacidad, por haberme permitido disfrutar de su dirección y apoyo, en todo el proceso de análisis de los datos, interpretación de los resultados y en la redacción de esta tesis.

A mi amigo, mi alumno, codirector de esta tesis el Prof. Dr. Nicolás Mendoza Ladrón de Guevara. Por enseñarme que el aprendizaje es continuo y recíproco, en lo académico y en lo personal. Por sus correcciones inestimables, que le han dado un nuevo sentido a esta tesis.

A mi hermano Manuel, por haberme introducido en las artes marciales y haberme apoyado en momentos duros. A mi amigo Raúl Peña por haberme enseñado la base de lo que se del Taekwondo. A mi hermano Octavio por su apoyo en el desarrollo de esta tesis. A mis padres y mi hermano Pablo por haberme facilitado el aprendizaje en este mundo, por apoyarme en el desánimo y contribuir a mi interés por el deporte.

A mis amigos los Profesores Dr. Juan G. Bonitch Domínguez y Dr. Juan Bonitch Góngora, por su colaboración e información inestimable para el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos Alejandro Hernández, Jose Luis Municio, Juan Rabelo, Cristian Chica, José Fernandez de la Portilla y Filipa Almeida por prestar una valiosa ayuda al desarrollo de este trabajo y por estar junto a mí siempre que los he necesitado.

Al presidente de la Federación Andaluza de Taekwondo D. Ismael Bernabal, por facilitar el desarrollo y ejecución práctica de esta tesis. A los integrantes de la Selección Andaluza de Taekwondo, y a su Director Técnico, mi amigo Manuel Hidalgo, por creer en este trabajo y colaborar con él.

A la Real Federación Española de Taekwondo por su apoyo.

Y por último agradecer a mis compañeros del PAS de la Facultad de Ciencias del Deporte, por su apoyo en la parte experimental. Al departamento de Educación Física y Deportiva por su paciencia, entendiendo el interés de esta tesis.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

“Ni si quiera un Dios puede cambiar en derrota la victoria de quien se ha vencido a sí mismo”.

(Buda)

“No es posible esperar tener éxito en el proceso de entrenamiento, si el entrenador no sabe cuál es su objetivo final. Por lo tanto, el conocimiento de lo que hay que hacer hoy para alcanzar el objetivo mañana, es el aspecto que distingue a un entrenador profesional e inteligente de un aficionado”.

(Verkhoshansky)



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Escuela de Posgrado

AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DE TESIS

Paulino Padial Puche, Doctor en Educación Física, Profesor Titular del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Granada y Director de la Tesis: **Evolución de la potencia de piernas en sucesivos combates de Taekwondo**, de la que es autor D. Jesús R. Cañadillas Mathías, en el Programa de Doctorado de Actividad Física y Salud.

AUTORIZA la presentación de la referida tesis para su defensa de acuerdo con lo previsto RD 56/2005 de 21 de enero, y RD 1393/2007 de 29 de octubre, ante el tribunal que tenga a bien designar la Comisión de Doctorado de la Universidad de Granada.

INFORMANDO que la presente tesis ha sido realizada por el doctorando bajo mi supervisión y que cumple los requisitos necesarios de originalidad y calidad para su defensa.

Y para que conste y surta sus efectos en el expediente correspondiente, expido y firmo el presente la presente en Granada a 20 de febrero de 2012.

Fdo.: Paulino Padial Puche.



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Escuela de Posgrado

AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DE TESIS

Belén Feriche Fernández-Castanys, Doctora en Educación Física, Profesora Titular del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Granada y Directora de la Tesis: **Evolución de la potencia de piernas en sucesivos combates de Taekwondo**, de la que es autor D. Jesús R. Cañadillas Mathías, en el Programa de Doctorado de Actividad Física y Salud.

AUTORIZA la presentación de la referida tesis para su defensa de acuerdo con lo previsto RD 56/2005 de 21 de enero, y RD 1393/2007 de 29 de octubre, ante el tribunal que tenga a bien designar la Comisión de Doctorado de la Universidad de Granada.

INFORMANDO que la presente tesis ha sido realizada por el doctorando bajo mi supervisión y que cumple los requisitos necesarios de originalidad y calidad para su defensa.

Y para que conste y surta sus efectos en el expediente correspondiente, expido y firmo el presente la presente en Granada a 20 de febrero de 2012.

Fdo.: Belén Feriche Fernández-Castanys.



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Escuela de Posgrado

AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DE TESIS

Nicolás Mendoza Ladrón de Guevara, Doctor en Medicina y Cirugía, Profesor del Departamento de Obstetricia y Ginecología de la Universidad de Granada y Director de la Tesis: **Evolución de la potencia de piernas en sucesivos combates de Taekwondo**, de la que es autor D. Jesús R. Cañadillas Mathías, en el Programa de Doctorado de Actividad Física y Salud.

AUTORIZA la presentación de la referida tesis para su defensa de acuerdo con lo previsto RD 56/2005 de 21 de enero, y RD 1393/2007 de 29 de octubre, ante el tribunal que tenga a bien designar la Comisión de Doctorado de la Universidad de Granada.

INFORMANDO que la presente tesis ha sido realizada por el doctorando bajo mi supervisión y que cumple los requisitos necesarios de originalidad y calidad para su defensa.

Y para que conste y surta sus efectos en el expediente correspondiente, expido y firmo el presente la presente en Granada a 20 de febrero de 2012.

Fdo.: Nicolás Mendoza Ladrón de Guevara.

Con objeto de analizar el efecto de sucesivos combates de Taekwondo sobre la potencia de piernas, dieciséis taekwondistas varones de 19.5 ± 4.75 años de edad, 175.97 ± 4.68 cm de talla y 69.63 ± 14.17 Kg de peso participaron en el estudio. Los participantes eran integrantes de la Selección Andaluza de Taekwondo en la modalidad de Combate.

Todos los sujetos participaron en una competición simulada de Taekwondo, compuesta por 3 combates con 30 min de recuperación entre ellos. En cada combate se realizaron 3 asaltos de 2 min de duración y 30 s de descanso entre ellos.

Inmediatamente antes y después de cada combate los participantes ejecutaron un test de potencia de piernas consistente en realizar $\frac{1}{2}$ sentadilla en fase concéntrica a máxima velocidad con una sobrecarga correspondiente al 50% de su peso corporal. El test se realizó en pórtico guiado conectado a un Encoder que permitió determinar la potencia pico (PP) y media (PM), como sus componentes de fuerza (F) y velocidad (V). Durante los combates se registró la Frecuencia cardiaca (FC) y justo antes y después de los test de potencia se tomó una muestra de sangre para la determinación de la concentración de lactato (LAC) previo y máximo de cada combate. Los combates fueron filmados para analizar la estructura temporal y la potencia de pegada.

Se analizaron 21 combates con un tiempo útil de asalto entre 23.41 y 24.52 s. y un número de secuencias por asalto entre 8.71 y 8.85. La duración media de las secuencias por asalto fue de 2.78 s. La carga fisiológica de la competición fue similar a las competiciones reales con una $FC_{\text{máx}}$ media de 193.33 ± 6.98 lpm y $LAC_{\text{máx}}$ de 11.62 ± 1.2 mmol·l⁻¹. Los resultados no muestran un efecto de la acumulación de los combates sobre la potencia de pegada con las piernas durante ellos, como tampoco asociación entre ésta y la PP o PM registrada fuera del tatami ($p > 0.05$). No hemos registrado un efecto del

RESUMEN

combate o del momento sobre la PP ($P>0.05$), pero sí una tendencia a su incremento. El análisis de los factores ligados a la PM muestran un incremento en la V antes de los combates ($P<0.05$) y también de la F por efecto del combate ($F=6.792$; $P=0.040$), que no llegan a afectar a los valores de potencia registrados.

Podemos concluir que la sucesión de combates de Taekwondo, en las condiciones establecidas en este estudio, no afectan a la potencia de las piernas, observándose por el contrario una tendencia a la potenciación que no llega a alcanzar significación estadística.

Palabra Clave: Potencia de piernas, Taekwondo, potencia de pegada.

Key words: Leg power, Taekwondo, punching power.



Universidad de Granada

INDICE



	Pág.
INDICE DE ABREVIATURAS	IX
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	XIX
CAPÍTULO I. MARCO TEORICO.	1
1.1. El Taekwondo, de arte marcial a deporte Olímpico.	3
1.2. La competición de Taekwondo. Objetivos y característica.	7
1.3. La estructura temporal del combate de Taekwondo.	16
1.4. Bases fisiológicas del Taekwondo.	19
1.4.1 Vías de obtención de energía.	19
1.4.2 Necesidades energéticas de la competición de Taekwondo.	23
1.5. La fuerza en Taekwondo.	27
1.5.1 La fuerza, capacidad fundamental para generar movimiento.	27
1.5.2 Manifestaciones de la fuerza.	30
1.5.3 Distintas manifestaciones de la fuerza en Taekwondo	32
1.5.4 Curvas Fuerza-Tiempo y Fuerza-Velocidad.	35
1.5.5 La potencia.	38
1.5.6 La Fuerza Explosiva (FE).	46
1.5.7 La Fuerza Dinámica Máxima (FDmáx).	49
1.5.8 La resistencia a la fuerza y su relación con la fuerza máxima y la fuerza explosiva.	51

1.6.	Planteamiento del problema.	54
1.7.	Objetivos	55
1.8.	Hipótesis.	56
CAPITULO II. METODOLOGIA E INSTRUMENTAL.		57
2.1.	Sujetos.	59
2.2.	Diseño.	60
2.3.	Variables.	61
2.3.1	Variables Independientes.	61
2.3.2	Variables Dependientes.	62
2.4.	Procedimiento de determinación de las variables.	63
2.4.1	Determinación de las variables antropométricas	63
2.4.2	Determinación de las variables mecánicas durante la extensión de piernas: potencia, fuerza y velocidad.	64
2.4.3	Determinación de la potencia de golpeo (PGL).	67
2.4.4	Determinación de la concentración de lactato sanguíneo.	69
2.4.5	Determinación de la frecuencia cardiaca.	70
2.4.6	Determinación de la estructura temporal del combate.	71
2.5.	Procedimiento.	73
2.5.1	Procedimiento de recogida de datos. Orden de actuaciones.	75
2.5.1.1	Protocolo de recogida de datos para la obtención del valor de la producción y	76

aclaramiento de lactato después de los combates.	
2.5.1.2 Protocolo de recogida de datos de la frecuencia cardiaca (FC) durante los combates.	77
2.5.1.3 Protocolo y recogida de datos para el conocimiento de la estructura temporal de los combates.	77
2.5.1.4 Protocolo de recogida de datos para la evaluación de la Potencia Máxima (P _{máx.}), la Máxima Producción de Fuerza (MPF) y la velocidad gestual (V), después de los combates.	80
2.6. Análisis estadístico.	81
CAPITULO III. RESULTADOS.	83
3.1. Análisis temporal del combate.	86
3.2. Potencia Pico.	88
3.3. Potencia Media.	91
3.4. Potencia de pegada en el combate.	94
3.5. Tiempo a la Potencia Pico.	97
3.6. Comportamiento de las variables que determinan el desarrollo de la potencia: velocidad y fuerza.	99
3.6.1 Velocidad Media y Tiempo a la Velocidad Pico.	99

3.6.2	Fuerza Media y Tiempo a la Fuerza Pico.	101
3.7.	Variables fisiológicas.	103
3.7.1	Concentración de lactato.	103
3.7.2	Frecuencia cardiaca.	105
3.8.	Asociación entre las variables para el control del esfuerzo.	108
CAPITULO IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS.		111
4.1.	Estructura temporal de los combates durante la toma de datos.	116
4.2.	Influencia de los combates de Taekwondo en la potencia.	121
4.2.1	Influencia de los combates de Taekwondo en la potencia pico.	121
4.2.2	Influencia de los combates de Taekwondo en la potencia media y las variables que la determinan.	126
4.2.3	Influencia de los combates de Taekwondo en la potencia de pegada.	131
4.3.	Evolución del lactato en sucesivos combates de Taekwondo.	132
4.4.	Presentación y análisis de los datos relativos a la frecuencia cardiaca.	133
4.5.	Correlaciones entre las variables estudiadas.	138
CAPITULO V. CONCLUSIONES.		143
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.		149

CAPITULO VII. ANEXOS.**173**

- 7.1 Ficha de control de puntos en combates por asaltos.
- 7.2 Ficha de registro de tomas de lactato.
- 7.3 Ficha de toma de datos para potencia de piernas con sentadilla.
- 7.4 Hoja de registro de frecuencia cardiaca.
- 7.5 Hoja de registro de video para control de estructura temporal del combate y potencia de pegada.



Universidad de Granada

INDICE DE ABREVIATURAS



ABREVIATURAS

aC	Antes de Cristo.
art	Artículo.
ATP	Adenosintrifosfato.
PC	Fosfocreatina.
CEA	Ciclo estiramiento acortamiento.
CISM	Consejo Deportivo Militar Internacional.
COI	Comité Olímpico Internacional.
C.Nº	Combate número.
cm	Centímetros.
d	Distancia.
dC	Después de Cristo.
EBP	Electronic Bobby Protector.
EE.UU.	Estados Unidos de Norte America.
ETF	European Taekwondo Federation.
EVA	Etileno-Vinilo-Acetato.
F	Fuerza.
FAT	Federación Andaluza de Taekwondo.
FC	Frecuencia Cardiaca.

FCM	Frecuencia cardíaca media.
FCmáx	Frecuencia cardíaca máxima.
FE	Fuerza explosiva.
FEmáx	Fuerza explosiva máxima.
FDmáx	Manifestación máxima dinámica o fuerza dinámica máxima.
FDmáxR	Manifestación máxima dinámica relativa o fuerza dinámica máxima relativa.
FImáx	Manifestación estática o fuerza isométrica máxima.
Fmáx	Fuerza máxima.
FM	Fuerza media.
F-T	Fuerza-tiempo.
F-V	Fuerza-velocidad.
GAISF.	Asociación General de Federaciones Deportivas Internacionales.
Hz	Hertzio.
I	Impulso.
IC	Intervalo de confianza.
JJ.OO.	Juegos Olímpicos.
Kg	Kilogramos.
Kg_f/cm³	Kilogramo de fuerza por centímetro cúbico.
Km/h	Kilómetros por hora.

KO	Knock-Out, fuera de combate.
LAC	Lactato.
LACmáx.	Lactato máximo.
LAD	Lactato después del combate.
LAA	Lactato antes del combate.
lpm	Latidos por minuto.
μl	Microlitros.
μs	Microsegundos.
m.s⁻¹	Metros por segundo.
m	Metros.
min.	Minutos.
mm	Milímetros.
mmol·l⁻¹	Milimoles por litro.
MPF	Máxima producción de fuerza.
N	Newton.
Nº SUJ	Número de sujeto.
NSA	Número de secuencias de ataque-contraataque por asalto.
NSC	Número de secuencias de ataque-contraataque por combate.
P	Potencia.
PA	Potencia antes del combate.

PMA	Potencia media antes del combate.
PMANº	Potencia media antes del combate nº.
Pmáx.	Potencia máxima.
PMD	Potencia media después del combate.
PMDNº	Potencia media después del combate nº.
PMF	Pico máximo de fuerza.
PPA	Potencia pico antes del combate.
PPANº	Potencia pico antes del combate nº.
PPD	Potencia pico después del combate.
PPDNº	Potencia pico después del combate nº.
PC	Personal computer.
PD	Potencia después del combate.
PG	Peso graso
PGL	Potencia de golpeo.
PGlobal	Significación estadística global.
PM	Potencia media.
PMáx	Potencia máxima.
PPM	Potencia pico máxima.
PW	Vatios de potencia obtenidos por un golpe válido y tipo de golpe que los consiguió.
r	Valor estadístico.
RM	Repetición máxima.

RSC	Referee Stop Contest.
s	Segundos.
SD	Desviación estándar.
T	Tiempo.
TD	Tiempo de detención temporal del combate.
TEA	Tiempo de espera activa en cada asalto y en el total de los asaltos y combates.
TFP	Tiempo a la fuerza pico máxima.
TI	Tiempo de interrupción temporal del combate.
TKD.	Taekwondo.
TP	Total de puntos obtenidos en cada asalto y en el total de los asaltos y combates.
TPP	Tiempo a la potencia pico.
TPPA	Tiempo a la potencia pico antes.
TPPANº	Tiempo a la potencia pico antes del combate nº.
TPPD	Tiempo a la potencia pico después.
TPPDNº	Tiempo a la potencia pico después nº.
TR	Tiempo real de combate.
TRA	Tiempo real del asalto.

TSA	Duración (Tiempo) de las secuencias de ataque-contraataque por asalto.
TSC	Duración (Tiempo) de las secuencias de ataque-contraataque por combate.
TT	El tiempo total del combate.
TU	Tiempo Util de trabajo.
TUA	Tiempo útil o duración de las acciones de ataque-contraataque de los asaltos.
TUC	Tiempo útil o duración de las acciones de ataque-contraataque en el combate.
TVP	Tiempo a la velocidad pico máxima.
UM	Unidades motoras.
URM	Umbral de rendimiento muscular.
V	Velocidad.
Vd	Variable dependiente.
Vi^{nº}	Variable independiente número.
VO₂	Consumo de oxígeno.
VM	Velocidad media.
VMA	Velocidad media antes.
VMAN^º	Velocidad media antes del combate n ^º .
VMD	Velocidad media después.

VMDN^o	Velocidad media después del combate n ^o .
vs	Versus.
w	Vatios.
W	Trabajo.
WTF	World Taekwondo Federation.



Universidad de Granada

INDICE DE TABLAS



INDICE DE TABLAS		Pág.
Tabla 1.3.1	Duración del combate.	17
Tabla 1.3.2	Tiempo real del combate.	18
Tabla 1.5.5.1	Formula de la potencia mecánica.	39
Tabla 2.1.1	Características de los sujetos integrantes de la muestra.	60
Tabla 2.4.3.1	Hoja de control de puntos.	68
Tabla 2.5.1	Cuadrante de combates por categorías de peso.	74
Tabla 2.5.1.3.1	Ficha de control de video.	79
Tabla 2.5.1.3.2	Ficha de registro de TSC.	79
Tabla 3.1.1.	Media en s y desviación estándar del tiempo útil del combate y número de secuencias de ataque-contrataaque.	86
Tabla 3.1.2	Media en s y desviación estándar del tiempo útil del asalto, duración y número de las secuencias de ataque-contrataaque en los asaltos 1º, 2º y 3º.	87
Tabla 3.1.3	Media en s y desviación estándar del tiempo de espera activa y tiempo de interrupción temporal para los asaltos 1º, 2º y 3º.	87
Tabla 3.2.1	Media y SD de los resultados de potencia pico alcanzados durante los 3 combates.	88

Tabla 3.2.2	Resultado del efecto del combate sobre la potencia pico. Comparación por pares.	88
Tabla 3.2.3	Resultado del momento, antes vs después, sobre la potencia pico.	89
Tabla 3.2.4	Análisis del efecto del combate sobre la potencia pico.	89
Tabla 3.2.5	Análisis del momento sobre la potencia pico registrada en cada combate.	90
Tabla 3.3.1	Media y SD de los resultados de PM alcanzados antes y después de los combates.	91
Tabla 3.3.2	Resultado del efecto del combate sobre la potencia media. Comparación por pares.	91
Tabla 3.3.3	Resultado del momento, antes vs después, sobre la potencia media.	92
Tabla 3.3.4	Análisis del efecto del combate sobre la potencia media.	92
Tabla 3.3.5	Análisis del momento sobre la potencia media registrada en cada combate.	93
Tabla 3.4.1	Media y desviación estándar de la potencia de pegada durante los tres combates.	94
Tabla 3.4.2	Resultado del efecto del combate sobre la potencia de pegada. Comparación por pares.	94
Tabla 3.4.3	Mediana, y media de los puntos acumulados por patada durante los tres combates	95

Tabla 3.5.1	Media y SD de los resultados del Tiempo a la potencia pico antes y después de cada combate.	97
Tabla 3.5.2	Efecto del combate sobre el tiempo a la potencia pico. Comparación por pares.	97
Tabla 3.5.3	Efecto del momento (antes y después) sobre tiempo a la potencia pico.	98
Tabla 3.5.4	Análisis del efecto del combate sobre el tiempo a la potencia pico.	98
Tabla 3.5.5	Análisis del efecto momento del combate sobre el tiempo a la potencia pico.	99
Tabla 3.6.1.1	Media y SD de los resultados de velocidad media alcanzados antes y después de los sucesivos combates en $m \cdot s^{-1}$	99
Tabla 3.6.1.2	Media y SD de los resultados tiempo a la velocidad pico alcanzados antes y después de los sucesivos combates.	100
Tabla 3.6.2.1	Media y SD de los resultados de la fuerza media en Newton, alcanzados antes y después de los sucesivos combates.	101
Tabla 3.6.2.2	Efecto del combate sobre la fuerza media. Comparación por pares.	101
Tabla 3.6.2.3	Media y SD de los resultados del tiempo a la fuerza pico en segundos, alcanzados antes y después de los sucesivos combates	102
Tabla 3.6.2.4	Efecto del combate sobre el tiempo a la fuerza pico.	103

	Comparación por pares.	
Tabla 3.7.1.2	Análisis del efecto del combate sobre la concentración máxima de lactato, alcanzadas después de los combates	104
Tabla 3.7.2.1	Media y SD de la frecuencia cardiaca máxima y frecuencia cardiaca media alcanzadas durante los combates	105
Tabla 3.7.2.2	Análisis del efecto del combate sobre la frecuencia cardiaca máxima y media.	106
Tabla 3.7.2.3	Análisis del efecto de los asaltos de cada combate sobre la frecuencia cardiaca media.	107
Tabla 3.8.1	Resultado del test de correlación entre las variables estudiadas.	109
Tabla 3.8.2	Resultado del test de correlación entre la potencia de pegada, puntos acumulados y potencia desarrollada antes y después de los combates.	110
Tabla 4.1.1	Estructura del combate en Judo (Bonitch).	116
Tabla 4.1.2	Duración del combate en Taekwondo.	117
Tabla 4.1.3	Tiempo real del combate en Taekwondo.	118

INDICE DE FIGURAS		Pág.
Figura 1.2.1	Tapiz de competición.	8
Figura 1.2.2	Plataforma de competición.	8
Figura 1.2.3	Múltiples áreas de competición. Tapiz elevado.	9
Figura 1.2.4	Dobok.	10
Figura 1.2.5	Cinturón.	10
Figura 1.2.6	Petos y cascos rojo y azul.	11
Figura 1.2.7	Protección bucal.	11
Figura 1.2.8	Protectores de ante brazos y espinillas.	11
Figura 1.2.9	Protector de ingle mujer y hombre.	11
Figura 1.2.10	Guantes y calcetines.	11
Figura 1.2.11	Petos y cascos rojo y azul.	13
Figura 1.4.1.1	Proceso metabólico.	21
Figura 1.4.1.2	Encadenamiento de los metabolismos en función de la intensidad del ejercicio.	22
Figura 1.5.1.1	Esquema general de las cualidades físicas según Cometti.	28
Figura 1.5.1.2	Clasificación de las cualidades físicas (Padial.)	29
Figura 1.5.3.1	Representación esquemática de la relación fuerza velocidad y clasificación biológica de las distintas manifestaciones de fuerza (Bosco).	33

Figura 1.5.4.1	Ejemplo de la relación fuerza velocidad en un sujeto lento y otro rápido.	36
Figura 1.5.4.2	Tres casos de diferentes momentos de la preparación de un deportista.	36
Figura 1.5.4.3	Cambios producidos en las curvas F-T y F-V.	37
Figura 1.5.5.2	Curva de potencia y relación con la curva F-V	40
Figura 2.2.1	Representación gráfica del protocolo de tomas de datos, donde se detallan los momentos de toma de lactato y del test de potencia de pierna.	61
Figura 2.4.1.1	Bascula Tanita BC-420, tallímetro Seca 240.	64
Figura 2.4.2.1	Encoder Globus Italia RP.	65
Figura 2.4.2.2	Encoder Globus Italia RP.	65
Figura 2.4.3.1	EBP y consola receptora.	67
Figura 2.4.4.1	Dr. Lange Miniphotometer LP20.	69
Figura 2.4.5.1	Polar Sport Tester S610.	70
Figura 2.4.5.2	Fijación de banda emisora.	70
Figura 2.4.5.3	Fijación del reloj receptor.	71
Figura 2.4.6.1	Tapiz puzzle y ubicación del video Digital JVC GZ-HD 10 EVERIO.	72
Figura 2.4.6.2	Duración total del combate.	72
Figura 2.4.6.3	Trípode de fijación (b) y Video Digital JVC GZ-HD10 EVERIO (a)	73

Figuras 3.4.1	Distribución de los puntos obtenidos por patada en cada combate.	96
Figura 3.7.1.1	Media y SD de valores de lactato sanguíneo máximo alcanzados después de los combates	104
Figura 3.7.2.1	Media y SD de los resultados de la Frecuencia Cardíaca Media (FCM), alcanzadas durante los tres asaltos de cada combate, expresadas en latidos por minutos	106



Universidad de Granada

CAPITULO I

MARCO TEORICO



CAPITULO I: MARCO TEORICO.

1.1. EL TAEKWONDO, DE ARTE MARCIAL A DEPORTE OLIMPICO.

El Taekwondo es un arte marcial coreano que utiliza todas las partes del cuerpo en movimientos de ataque y defensa. Según los datos publicados por la World Taekwondo Federation (WTF; 2011) y por Tae y Fernández (2009), las primeras referencias de las artes marciales en Corea, hablan de la práctica de la lucha sin armas (Subak, Taekkyon), por los hijos de familias nobles y distinguidas, aproximadamente en el año 50 aC. El Taekkyon alcanzó su máximo desarrollo bajo el reinado de la Dinastía Silla (57 aC – 935 dC. Kim, 2007) siendo posteriormente rebautizado como Subak. A pesar de la importancia del Taekkyon y del Subak (Soo Bahk), solo estaban al alcance de las clases privilegiadas. No fue hasta la dinastía Joseon, (Choson 1392-1910. Fuente WTF, 2011), cuando su práctica fue accesible al pueblo.

Pese a haber sufrido Corea diferentes invasiones por Japón a lo largo de la historia, sería la ocupación de **1910**, al prolongarse hasta **1945**, la que mayor influencia tuvo sobre las actividades del pueblo coreano (Kim, 2007; Servicio de Cultura e Información de Corea, Ministerio de Cultura, Deporte y Turismo, 2009). Esta influencia afectó de una forma significativa al desarrollo de las artes marciales coreanas. En este periodo, se introdujeron varias formas de artes marciales japonesas y chinas mezclándose con las formas autóctonas. Apareció una nueva forma de lucha sin armas, híbrida, que se desarrolló basándose en el

Subak e incorporando técnicas de Shaolin y Kárate (Olivé, 2005; Tae, y Fernández, 2009).

Coincidiendo con el final de la segunda guerra mundial en 1945 y la liberación de Corea, los líderes de algunas de las principales escuelas de artes marciales coreanas, inician nuevamente su andadura. Las primeras escuelas que comenzaron a funcionar de manera oficial, fueron creadas entre los años **1945 al 1950** (Tae y Fernández, 2009).

El 11 de abril de **1955** se reunieron en Seúl los representantes de las escuelas con el objetivo de elegir un nombre común para el estilo coreano, hasta entonces se le denominaba Karate Coreano, por la influencia que tuvo del arte marcial japonés. El elegido fue Tae Soo Do (Tae y Fernández, 2009).

En **1957** la denominación del arte marcial Tae Soo Do se cambió por Tae Kwon Do (Tae = pie / pierna / pararse sobre; Kwon = puño / pelea; Do = forma / disciplina / método o camino. WTF, 2011) por la similitud con el del Tae Kyon original.

En septiembre de **1961** se creó la *Korean Taekwondo Association* (KTA). En **1962** el gobierno coreano reconoce oficialmente a la KTA y varias asociaciones se incorporan al nuevo Taekwondo. El 9 de octubre de **1963**, el Taekwondo es por primera vez un evento oficial en el 44º "Encuentro Atlético Nacional" en Corea (Tae y Fernández, 2009).

En **1971** se declara al Taekwondo, por el presidente y el parlamento de Corea, como deporte nacional (Tae y Fernández, 2009).

Según los datos de la WTF (2011), cronológicamente podría seleccionar los siguientes momentos, de la moderna historia del Taekwondo en su proceso de cambio de arte marcial a deporte Olímpico:

1972 El Taekwondo ya se practica en más de cincuenta naciones. También se crea en este año el Kukkiwon, sede mundial que contiene los registros de todas las asociaciones oficiales a nivel mundial, así como de los grados de cinturón negro y superiores.

1973 Se crea la Federación Mundial de Taekwondo. En mayo de este año se celebran en Seúl (Corea) el primer Campeonato Mundial de TKD, organizado por la WTF.

1974 Se realiza el Primer Campeonato Asiático de Taekwondo en Seúl. El Taekwondo es admitido en los Juegos Asiáticos.

1975 La WTF fue aceptada como miembro de la Asociación General de Federaciones Deportivas Internacionales (GAISF).

1976 El Consejo Deportivo Militar Internacional (CISM) adoptó el Taekwondo como su 23º deporte oficial para los campeonatos Mundiales Militares. Se crea la European Taekwondo Federation (ETF), los países fundadores fueron: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Grecia, Holanda, Inglaterra, Italia, Portugal y Turquía. Se celebra el primer Campeonato Europeo de Taekwondo en Barcelona.

1980 El Comité Olímpico Internacional reconoce a la Federación Mundial de Taekwondo.

1981 La WTF se afilió al Consejo Internacional de Deportes y Educación Física, con sede en Londres. El Taekwondo es aceptado como miembro de los World Games Sports.

1983 Se acepta en los Juegos Panamericanos y en los Africanos.

1985 El Taekwondo es aceptado como deporte de demostración en los Juegos Olímpicos de Seúl 1988.

1986 El Taekwondo es aceptado en la Federación Internacional de Deporte Universitario. El 29 de noviembre de este año se celebraron los Primeros Campeonatos Mundiales Universitarios, en California (EE.UU).

1987 El Consejo Superior de Deportes de España reconoce a la Federación Española de Taekwondo a todos los efectos. (Tae y Fernández, 2009).

1988 Se celebran en Seúl, los XXIV Juegos Olímpicos, donde por primera vez el Taekwondo formaba parte del programa como deporte de demostración.

1989 El COI aprueba al Taekwondo como deporte de demostración en los XXV Juegos Olímpicos de Barcelona.

1992 El Taekwondo es deporte de demostración en los JJ.OO de Barcelona.

1994 Se acordó la incorporación del Taekwondo como un deporte oficial en los juegos Olímpicos de Sydney 2000, durante la sesión 103ª del COI celebrada en París, Francia.

2000 El Taekwondo participa como deporte Olímpico oficial en las Olimpiadas de Sídney.



1.2. LA COMPETICION DE TAEKWONDO. OBJETIVOS Y CARACTERISTICAS.

Según Fernández (2004), el Taekwondo (TKD) es un arte marcial que se ha convertido en deporte. Para Cular, Krstulovicb y Tomljanovicc (2008, 2011), el Taekwondo es “un arte marcial de alta intensidad y moderno deporte Olímpico, en el que el objetivo es derrotar al oponente usando rápidas y precisas patadas”. El Taekwondo está considerado dentro de las modalidades de deportes de combate (Estevan, 2009; Chiodo y col., 2011), y desde el 2000 está considerado como deporte Olímpico.

Haciendo referencia a estas manifestaciones sobre la terminología del Taekwondo y su paso a deporte, podríamos concluir que el Taekwondo competitivo es un deporte de combate en el que los competidores (taekwondistas) tratan de golpear con los pies y puños al oponente en el tronco y cabeza (en las zonas autorizadas y con la potencia establecida), buscando la victoria por Puntos o por Fuera de Combate (Knock-Out, K.O).

Dentro de sus múltiples recursos, podríamos destacar como eje principal de las diferentes situaciones de combate, los golpes y defensas, los desplazamientos y esquivas, el control de la distancia y la anticipación.

Tomado como referencia a Gonzalo (2010), el área de competición es una superficie lisa de 8 x 8 metros, de color azul, que debe estar cubierta por una lona no resbaladiza o por una superficie tipo puzzle de las mismas dimensiones y características. Tendrá alrededor una zona de seguridad de 2 m de ancho en color diferente (normalmente rojo) (figura 1.2.1). Tras el área de competición y de seguridad se encuentra la línea límite. El área de competición puede ser elevada, debiendo en estos casos ser la zona de seguridad de 3 metros de ancho y con un desnivel desde la línea límite al suelo de menos del 30 % para seguridad de los competidores (figura 1.2.2).

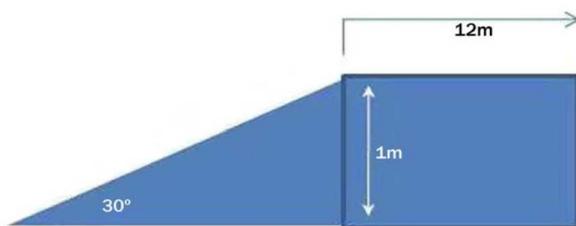


Figura 1.2.2. Plataforma de competición

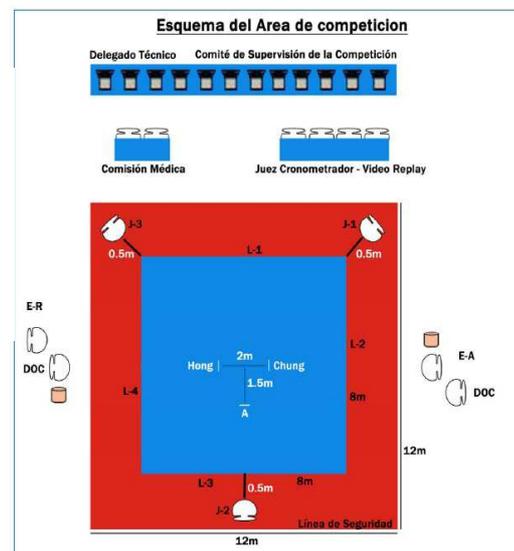


Figura 1.2.1. Tapiz de competición

El tapiz elevado suele utilizarse en competiciones internacionales. También es frecuente cuando se instalan varios tapices, colocándose en ambos casos en posición central (figura 1.2.3).

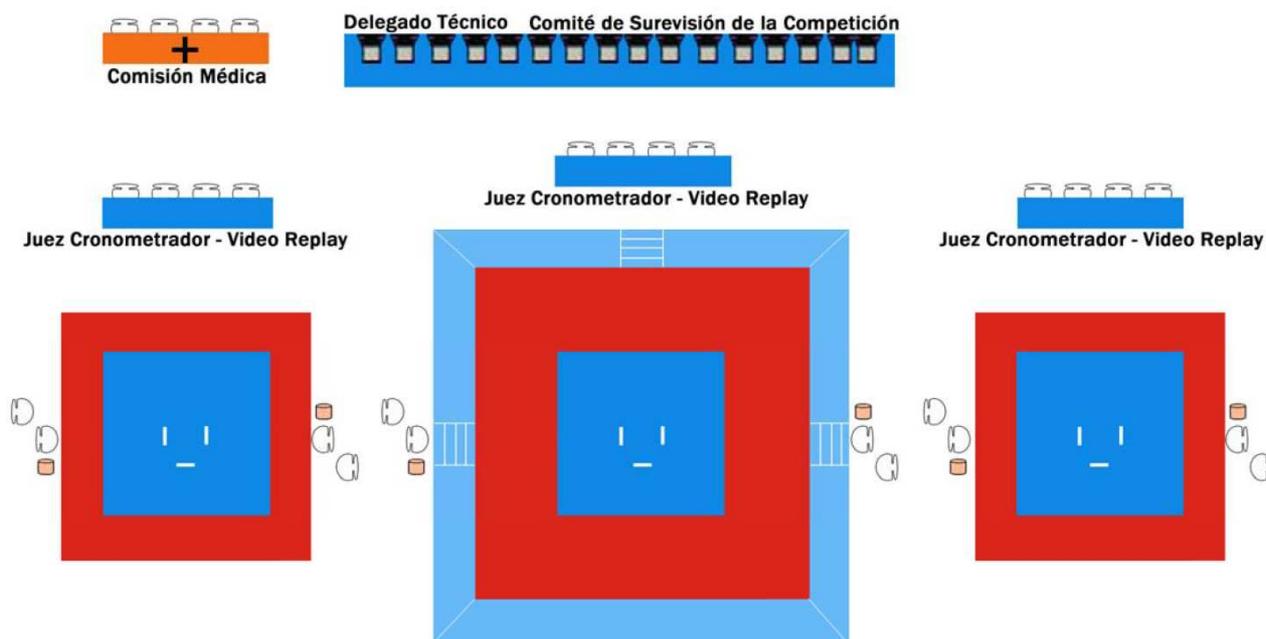


Figura 1.2.3. Múltiples áreas de competición. **Tapiz elevado**

Para la competición se distribuye a los participantes por sexo y se establecen para cada uno, 8 categorías de peso (divisiones). En los JJ.OO., serán 4 categorías en cada sexo, uniendo dos de la división de 8 pesos en cada uno de ellos.

Los combates se disputan en tres asaltos de dos minutos con uno de descanso entre asaltos. Las distintas delegaciones territoriales de cada país podrán modificar el tiempo de duración de los asaltos y el descanso para facilitar el desarrollo de la competición, debiendo estar establecida la modificación previamente y comunicada con suficiente antelación.

En el caso de este estudio, se optó por realizar tres asaltos de dos minutos con treinta segundos de descanso entre ellos.

Durante los combates los competidores deben de ir sumando puntos para alcanzar la victoria. Estos se han de conseguir en las zonas de golpeo autorizadas, (indicadas por el reglamento) y dentro del tiempo establecido.

Las diferentes decisiones que se pueden dar en el combate, para determinar el vencedor son:

- Por K.O. (“Knock-out” fuera de combate).
- Por interrupción del combate (RSC “Referee Stop Contest”).
- Por la puntuación final.
- Por diferencia de puntos.
- Por muerte súbita.
- Por superioridad.
- Por abandono.
- Por descalificación.
- Por penalizaciones por parte del árbitro.

Los competidores tienen que llevar un uniforme y equipo de protecciones obligatorio. El uniforme está compuesto por dobok y cinturón (figuras 1.2.4 y 1.2.5).



Figura 1.2.5. Cinturón



Figura 1.2.4. Dobok

Las protecciones son: casco de material flexible que solo deje al descubierto la cara (del color del peto del competidor o blanco), un peto acolchado que cubra su pecho, costados y hombros con sensores (de color rojo o azul) (figura 1.2.6), un protector bucal (blanco o transparente) (figura 1.2.7), protectores de antebrazos y espinillas (bajo el dobok) (figura 1.2.8), protector de la ingle (coquillas) (bajo el dobok) (figura 1.2.9), guantes y calcetines con sensores (figura 1.2.10).



Figura 1.2.6. Petos y cascos rojo y azul



Figura 1.2.7. Protección bucal



Figura 1.2.8. Protectores de antebrazos y espinillas



Figura 1.2.9. Protector de la ingle mujer y hombre



Figura 1.2.10. Guantes y calcetines

Las protecciones deben estar homologadas por la WTF y se comprobarán antes de cada combate.

Antes de cada combate se le asigna un color a cada competidor, que será el del peto con el que participe. El casco deberá ser del mismo color que el peto o en su caso blanco (figuras 1.2.6. y 1.2.11).

El combate está basado en el contacto directo y en fuertes y precisos golpes entre dos competidores. Se podrán obtener puntos mediante técnicas potentes de golpeo, con el pie (por debajo del tobillo), o con el puño (apretado) a las zonas autorizadas. Se podrá atacar con manos y pies el tronco, (en las zonas protegidas y salvo en la zona de la espina dorsal) y con pies la cabeza por encima de la clavícula (Gonzalo, 2010).

El punto viene de la definición de golpe afortunado (Fargas, 1990) o válido (Gonzalo, 2010), que es cuando se ataca partes autorizadas del cuerpo con el pie o puño, de acuerdo con las técnicas autorizadas de Taekwondo y con la potencia previamente definida.

Establecer el porcentaje de golpes válidos dados con pies y puños en un combate de Taekwondo, debe ser el punto de partida para poder demostrar la importancia de las técnicas de piernas en el desarrollo de un combate. Según Fernández (2004), en el Taekwondo las acciones de ataque y contraataque se realizan mayormente con técnicas de piernas que representan del 80 al 90 % de las acciones de combate.

Para García (1997), en los deportes de combate y en particular el Taekwondo, el atleta debe estar preparado para soportar cargas de trabajo que exigen un desarrollo de la resistencia especial tanto aeróbica como anaeróbica, logrando respectivamente, capacidad, potencia y eficacia en cada uno de los

sistemas energéticos que se requieren durante la actividad, como son el anaeróbico aláctico, el anaeróbico láctico y los aeróbicos.

El objetivo de las técnicas de pierna en el combate, es conseguir un golpe afortunado con el pie que permita al competidor obtener un punto, siendo la potencia de las piernas la que determina la potencia del golpeo.



Figura 1.2.11. Petos y cascos rojo y azul

Gómez (2001), indica en sus estudios, que en el Taekwondo se requiere de un gran desarrollo de la potencia en todas y cada una de las técnicas ejecutadas durante los asaltos y combates de una competición, para lograr golpes afortunados.

La variedad de golpes válidos especificados en el reglamento y la velocidad de desarrollo del combate, han supuesto un problema en el arbitraje, basándose en la valoración personal del juez en cada golpe. Esta situación ocasionó, en no pocas ocasiones, poca objetividad a la hora de otorgar el punto e impedía al espectador y al propio competidor llevar el control del desarrollo del combate.

Las nuevas incorporaciones al reglamento de aspectos tendentes a reducir el factor subjetivo en la decisión de los jueces, ha despertado el interés por profundizar en aquellos estudios que permitan aumentar la efectividad del competidor a la hora de obtener los puntos que le darán la victoria en cada combate.

Dentro de las nuevas tendencias que se han incorporado a la competición moderna (tras su inclusión en los JJ.OO), podemos destacar la progresiva

utilización de los petos (material de protección del tronco del competidor) electrónicos, permitiendo conocer la potencia ejercida por el golpe en el mismo momento de su ejecución, y reflejándose simultáneamente en el marcador electrónico de los jueces (con visión para los espectadores y competidores). La potencia necesaria para conseguir un punto es establecida previamente y conocida por los competidores. El marcador reflejará todos los golpes sobre el peto indicando la potencia en cada acción ejercida sobre él, pero solo registrará como puntos aquellos golpes realizados con la potencia preestablecida.

A raíz de esta incorporación tecnológica, se ha abierto la posibilidad de controlar la potencia del golpeo durante la competición. Estos aspectos nos permitirán mejorar en la planificación del entrenamiento del combate pudiendo desarrollar estratégicamente el momento idóneo de la aplicación del golpe. El conocimiento de la evolución de la potencia del golpe en el transcurso del combate aparece como un aspecto de gran relevancia, pues condicionará la posibilidad de obtener puntos al final de los asaltos o en los combates finales de un Campeonato o Torneo. Esta información, facilitará al entrenador poder seleccionar aquellas técnicas con las cuales su competidor podrá puntuar con más facilidad, el enfoque del entrenamiento para aumentar la potencia de golpeo en aquellas que no alcancen el mínimo exigido, o qué tipo de técnica utilizar en cada fase del combate en función del cansancio acumulado y la dificultad de puntuar con una técnica determinada. En este sentido, algunos autores expresan en sus estudios que los deportistas de alta competición tienen la necesidad de realizar en los entrenamientos y competiciones, altos volúmenes de técnicas de golpeo y desplazamientos explosivos, debiendo ser capaces de soportar ese régimen de trabajo a lo largo de todo el combate y siendo capaces de optimizar al máximo sus acciones técnico-tácticas (Almenares, Collazo, y Rodríguez, 2005).

El trabajo especial del entrenamiento del taekwondista, provoca cambios que corresponden con los aspectos más significativos de la propia competición, teniendo en cuenta la variabilidad surgida con la interacción del contrario, será necesario la adaptación a esas situaciones cambiantes mediante sistemas de carga en el entrenamiento y comprobaciones de la adaptación, para asegurar la eficacia en el rendimiento deportivo (Gómez, 2001).

Cabría destacar la importancia que el estudio de la potencia ha tenido desde hace más de dos décadas en España. Siguiendo las investigaciones publicadas por Fargas (1993), donde señala, a partir de los datos obtenidos de la cinemática y dinámica, de las 5 técnicas más frecuentemente utilizadas en una competición (elaboradas por el Departamento de Biomecánica del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Valles), que la potencia tiene un valor moderado al inicio del gesto, alcanzando después valores muy altos por el efecto de la aceleración y la velocidad. El estudio de la potencia y su evolución, unido al análisis del porcentaje de efectividad en las técnicas de combate, que refleja Fargas (1993) en sus estudios, nos facilitará la elección de la técnica para cada momento.

El Taekwondo ha experimentado una evolución considerable en el campo de la investigación a raíz de su inclusión como deporte Olímpico en Sídney 2000. Gómez (2002), refleja la evolución de la estructura del combate en la última década, como consecuencia de la incorporación de nuevos conocimientos derivados de las investigaciones que se están desarrollando en el campo de las “ciencias médico biológicas”. Estos hechos permiten disponer de una información mayor y más objetiva del comportamiento e incidencia de la carga que se exige en las competiciones. Así mismo, se han podido definir nuevos métodos y medios para la planificación del entrenamiento del Taekwondo. Alvarez (2004) señalaba en este sentido, que uno de los aspectos más importantes que ha permitido obtener resultados sorprendentes a los

entrenadores y competidores en los últimos años, ha sido la gran evolución que han tenido los "Métodos de Entrenamiento", y el desarrollo de objetivos psicopedagógicos y biológicos vinculados a la obtención de resultados en las competiciones.

1.3. ESTRUCTURA TEMPORAL DEL COMBATE DE TAEKWONDO.

Fargas (1993), indicó que del *"análisis de los tiempos de actuación y pausa en la competición"*, obtenemos mayor *"conocimiento de los requerimientos específicos del Taekwondo"* adquiriendo indicaciones para planificar las cargas de entrenamiento.

Para la planificación del entrenamiento deportivo atendiendo a las zonas de producción de energía y en la búsqueda de datos para el desarrollo de propuestas metodológicas tendentes a mejorar esta planificación, es de destacar la línea de trabajo de algunos autores cubanos centrada en el análisis de una competición. Como objetivo, establecen cuantificar con relación al número de combates disputados, los intervalos de descanso entre ellos, el tiempo de duración de las distintas acciones ofensivas y defensivas, duración de los intervalos de pausa entre cada acción, cantidad, promedio y tipo de acciones realizadas durante cada asalto (González y Leyva, 2006; Aranda, 2009). También reflejan la importancia del perfecto conocimiento del deporte a través del estudio y análisis de la actividad por asalto y combate, por el tiempo activo y el pasivo.

Como consecuencia del enfrentamiento directo que en los deportes de combate y lucha se produce entre los dos adversarios, es muy difícil realizar un análisis exacto de los requerimientos biológicos en situación de competición. Esta dificultad ha conducido a muchos autores a utilizar la frecuencia cardiaca y el ácido láctico al final de los combates como parámetros para realizar una

estimación indirecta del costo energético (Bonitch, 2006; Callister y col., 1991; Franchini, Taniko, Nakamura, Matsushigue y Peduti Dal`molin, 2003; Sikorski, Mickiewicz, Majle y Laksa, 1987; Tumilty y Hann, 1998). El valor medio global de estas variables no proporciona información suficiente, sobre la solicitud energética parcial existente durante las distintas fases del combate (Bonitch, 2006).

De los estudios y análisis de Bonitch (2006) y Gorostiaga (1998) del análisis de la estructura temporal fraccionada del combate de Judo y del reparto de los tiempos de detención temporal a lo largo de este, obtenemos de modo indirecto datos significativos del coste energético durante el mismo, siendo una referencia a considerar para el análisis del combate de Taekwondo.

La duración total (TT) de un combate completo se puede expresar como el resultado de sumar tres términos, el primero corresponde al tiempo real (TR) o tiempo en que los taekwondistas están compitiendo. El segundo término corresponde al tiempo de interrupción temporal (TI) de combate debido a una salida del taekwondista de la zona de competición, “cuerpo a cuerpo” con necesidad de intervención del árbitro, discusión técnica arbitral, amonestación, detenciones por colisión traumática en zonas no válidas ni sancionables (golpe fortuito en las espinilla), etc. El tercer término corresponde al tiempo detención temporal (TD) de combate por finalización del asalto.

La duración del combate en este estudio (hasta el final del tiempo reglamentario) es de 7 minutos (min). Estos 7 min, se pueden dividir en 3 unidades de tiempo real (TR) de 2 min de duración, más el TI, más 2 unidades de TD de 30 segundos (s) de duración. De este modo deducimos la siguiente fórmula:

$TT = TR + TI + TD$
$(> 7 \text{ min}) \quad (2+2+2 \text{ min}) \quad (> 0 \text{ s}) \quad (30+30 \text{ s})$

Tabla 1.3.1. Duración total del combate. Adaptada de Bonitch 2006

El TR está compuesto por el tiempo útil de combate (TUC) o tiempo en el que los competidores están intercambiando golpes, variando desde centésimas hasta varios segundos (Gómez, 2002; González, 2007) y el tiempo de espera activa (TEA) o tiempo en el que los competidores se estudian, realizan amagos o descansan tras una secuencia de combate. Partiendo de estos datos podemos deducir la siguiente formula complementaria a la anterior:

$$TR = TUC + TEA$$

Tabla. 1.3.2. Tiempo real del combate

Partiendo de la hipótesis de Bonitch (2006), analizando el combate de Taekwondo desde un punto de vista teórico, se podría admitir, que la frecuencia y duración de TI se suceden de forma aleatoria a lo largo de los 6 min. de TR de un combate, siendo esta afirmación contraria a la planteada por Bonitch (2006) debido a la diferencia entre la estructura y desarrollo del combate de Judo y Taekwondo. Sin embargo, partiendo de esta hipótesis y teniendo en cuenta que existe una relación inversa entre la intensidad relativa de una actividad y su duración (Astrand y Rodhal, 1997; Bonitch 2004; Costill y Fox, 1969; Davies y Thompson, 1979; Leger, Mercier y Gauvin, 1980), podemos establecer que un aumento en TI para un TR determinado, reflejará una disminución de la intensidad relativa de la fase del combate correspondiente a dicha TR y que valores pequeños de TI reflejarán fases del combate de una intensidad relativamente alta. La presencia de valores similares de TI durante cada TR, nos indicarán que la intensidad relativa a lo largo del combate se ha mantenido prácticamente constante.

Basándonos en los estudios Bonitch (2007), con el análisis y estudio de la estructura temporal de los combates, podemos deducir el coste energético al que se ven sometidos los taekwondistas, posibilitando el desarrollo de una planificación correcta del entrenamiento para el combate.

1.4. BASES FISIOLÓGICAS DEL TAEKWONDO.

1.4.1. VIAS DE OBTENCION DE ENERGIA.

Las nuevas tendencias en el entrenamiento intentan analizar el gesto deportivo en competición para hacer cada vez más específicos los entrenamientos y obtener de esta forma los mejores resultados. Existe una relación directa del entrenamiento y de la competición de Taekwondo, en la velocidad y la potencia de las técnicas de combate. Melhim (2001), investigó el efecto del entrenamiento del Taekwondo en la potencia anaeróbica y la capacidad anaeróbica, concluyendo que existían diferencias significativas de estas en reposo y después del entrenamiento. Otros análisis realizados a los participantes en la modalidad de Taekwondo, en los JJ.OO de Sídney 2000, por Kazemi, Waalen, Morgan y White (2006), en Atenas 2004 por Kazemi, Cassella y Perri (2009) y en Pekín 2008 por Kazemi, Perri y Soave (2010), corroboran esta relación sobre el perfil fisiológico de los competidores, con variables como la frecuencia cardiaca, potencia anaeróbica y capacidad anaeróbica.

Es por tanto imprescindible conocer las vías por las que el sistema neuromuscular obtiene la energía necesaria para permitir el máximo rendimiento deportivo en los combates de Taekwondo (ergogénesis del Taekwondo).

La contribución de las vías metabólicas en relación al éxito deportivo, ha suscitado el interés de diferentes autores que han considerado de gran importancia diferenciar la actividad deportiva en función de la vía energética utilizada (Gómez, 2001; González, 2007).

Para la planificación en la dirección adecuada del proceso de entrenamiento, en el deporte en general y para los deportes de combate como el Taekwondo en particular, es necesario identificar entre otras cosas, estas vías

metabólicas. La identificación en actividades de corta duración como en el salto y el lanzamiento, o en las cíclicas de larga duración como carrera y ciclismo, no entraña gran dificultad. Sin embargo, en las actividades en las que hay alternancia constante en la intensidad del esfuerzo, donde el trabajo es cambiante durante toda la competición, (como son las modalidades deportivas colectivas y los deportes de combate y lucha), esta identificación y estudio se hace mucho más complejo. Dentro de estas últimas actividades deportivas podemos incluir al Taekwondo, según reflejan en sus estudios diferentes autores como Gómez (2001) y González (2007).

Bonitch (2007) especifica en este sentido, que las características musculares son determinantes para la transformación de la energía bioquímica en mecánica, siendo esta transformación eje principal de la obtención del movimiento.

Para Gómez (2002), el Taekwondo competitivo se caracteriza por utilizar los diferentes sistemas energéticos que conocemos, no obstante, las situaciones explosivas y de corta duración se presentan con frecuencia, siendo el eje motor del combate, debiendo considerar por tanto y en relación a la duración de los asaltos, que obedecen a una tendencia de carácter anaeróbico láctico.

Estudios realizados por diferentes autores (Gómez, 2002; González, 2007), muestran que el combate es una secuencia de acciones ofensivas y defensivas con intervalos de hasta 6 s. Esta elevada intensidad puede generar concentraciones de lactato por encima de los 7 mmol/l. Como consecuencia podremos decir que el sistema predominante en estas acciones es el de los fosfágenos, siendo los sustratos de partida la fosfocreatina (PC) y el adenosintrifosfato (ATP). Estos compuestos químicos, que se encuentran en los sarcómeros del musculo, tienen limitada su capacidad de almacenamiento. El músculo esquelético, para permitir mantener el grado de exigencia competitiva

a lo largo de los 8 min del combate, necesita generarlos y lo hace a través de tres vías:

1.- El sistema anaeróbico-aláctico o sistema de los fosfágenos (ATP y PC). Para Actividades de alta intensidad y corta duración (actividades de potencia menores a 6 s).

2.- El sistema anaeróbico láctico o glucólisis anaeróbica. Para actividades de alrededor de 60 s. de duración.

3.- El sistema aeróbico u oxidativo (hidrato de carbono, grasas y proteínas). Para actividades de más de 120 s.

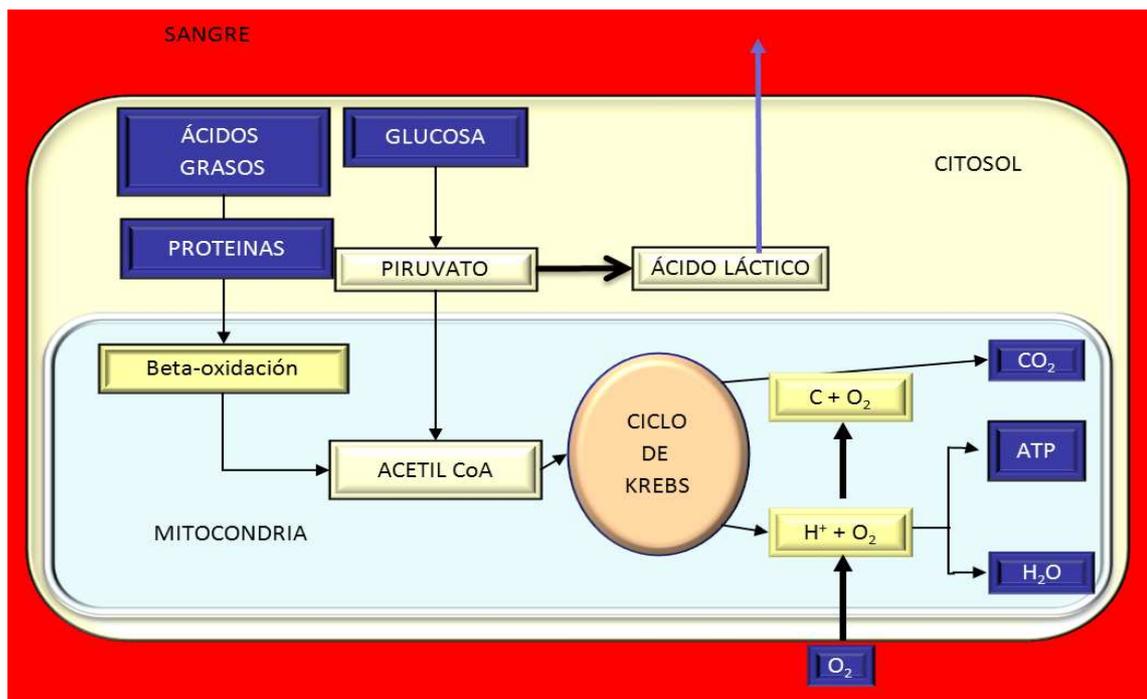


Figura 1.4.1.1. Proceso metabólico. Modificado de López y Vaquero (1995)

Los estudios de López y Fernández (2001), indican que antes de los 120 s, sucede la transición entre la preponderancia de los sistemas energéticos anaeróbicos lácticos y aeróbicos, siendo realmente más importante a partir de los 60 s, el sistema aeróbico, que el metabolismo anaeróbico láctico.

En el Taekwondo, como ocurre en otros deportes de combate y lucha, es prácticamente imposible la participación única de uno de estos sistemas energéticos, como consecuencia del solapamiento continuo que ocurre entre ellos. Debemos considerar más adecuado por tanto referirnos al predominio de un sistema energético, para cada actividad física.

Podemos esquematizar este solapamiento de los sistemas energéticos en función de la intensidad del ejercicio (del reposo al 120% del VO_2 máx) en la figura 1.4.1.2.

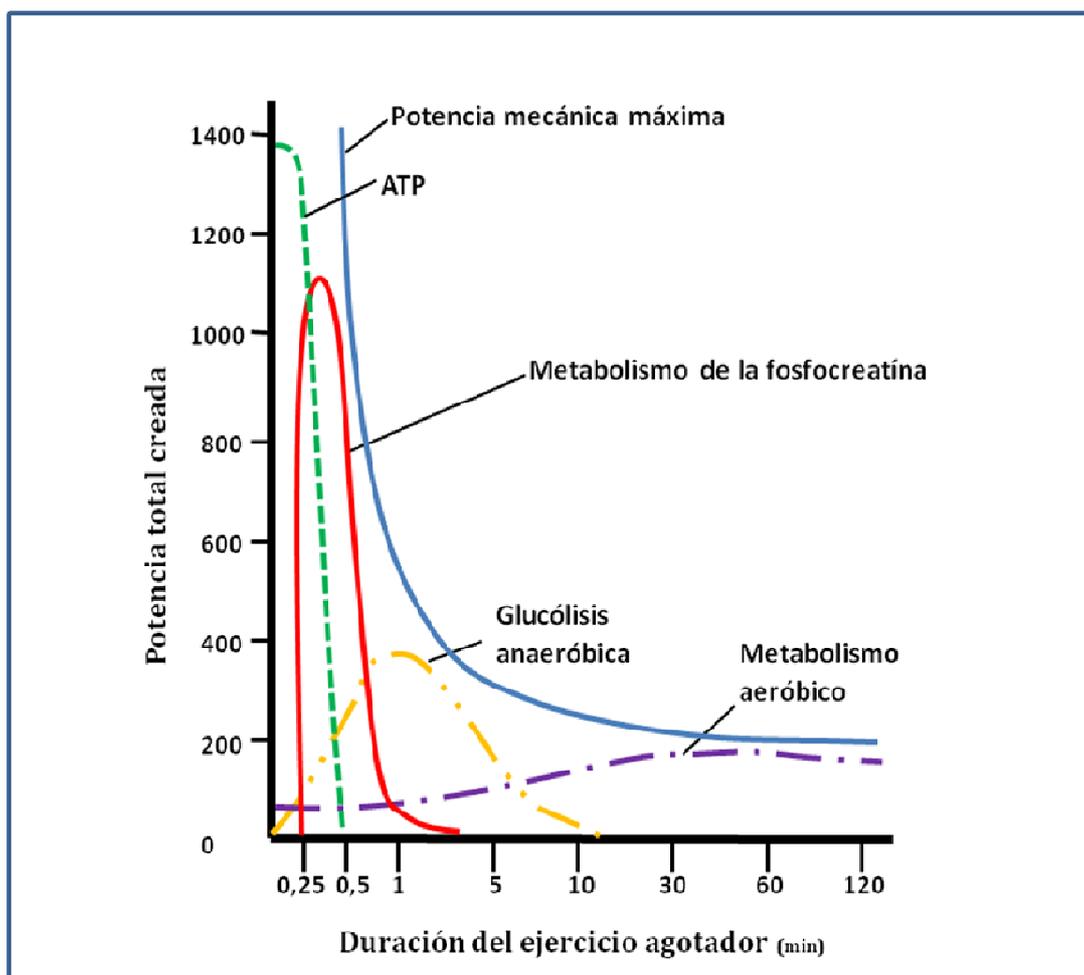


Figura 1.4.1.2. Encadenamiento de los metabolismos en función de la intensidad del ejercicio. El cálculo de la contribución de los aportes energéticos de los diferentes metabolismos se indica por debajo de la curva (Billar, 2002).

1.4.2. NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA COMPETICIÓN DE TAEKWONDO.

Como se puede observar en otros deportes de lucha y artes marciales, una de las características principales del combate de Taekwondo es la sucesión repetida y discontinua de sus acciones ofensivas y defensivas, alternándose esfuerzos de alta intensidad, con otros de espera activa donde el requerimiento energético es menor. Esta particularidad temporal del desarrollo del combate tiene significativas implicaciones fisiológicas. Será necesaria la intervención de los diferentes sistemas energéticos, para poder dar una respuesta acorde al nivel de exigencia competitiva en el transcurso del combate, a cada contendiente.

De los estudios de Bonitch, J. G. (2006) y Bonitch, J. (2007), podemos deducir que en las competiciones de artes marciales y de deportes de combate como el Taekwondo, las demandas energéticas solicitan tanto el metabolismo anaeróbico como el aeróbico.

Tomando como referencia a Franchini y col. (2003) y Muramatsu y col. (1994), podríamos decir que la energía para las acciones de máxima potencia durante el combate, las proporciona el sistema anaeróbico, siendo el sistema aeróbico el que contribuye a la capacidad del deportista para mantener el esfuerzo durante el tiempo que dura este y a la recuperación tras la disminución de la intensidad del esfuerzo, o en los cortos periodos de descanso tras cada asalto. Estos sistemas energéticos se van solapando durante el desarrollo del combate, determinando el momento de su intervención y utilización la mayor o menor intensidad del mismo.

En el desarrollo del combate se observan mayores niveles de lactato sanguíneo (Bridge, Jones y Drust, 2009; Matsushigue, Hartmann y Francine,

2009) que durante un ejercicio continuo, más aun cuando se implican grandes grupos musculares en las acciones.

El Taekwondo competitivo utiliza los tres sistemas energéticos que conocemos (Gómez, 2002). Haciendo referencia a las diferentes situaciones bioquímicas que tienen lugar en el transcurso de un combate de Taekwondo, podemos decir que debido, a los altos índices registrados en la frecuencia cardiaca de los competidores, los altos niveles alcanzados de lactato, así como la duración de los asaltos, el predominio en los combates es del sistema energético anaeróbico láctico. La duración de los combates así como el escaso tiempo de descanso entre ellos, favorece la acumulación de lactato en sangre. Esta acumulación de lactato, está relacionada con la disminución del rendimiento deportivo, según diferentes autores (Ahnmaidi y col., 1996; Alvarez, 2003; Bogdanis, Nevill y Lakomy, 1994; Hogan y Welch, 1984; Karlsson, Bonde-Petersen, Henriksson y Knuttgen, 1975; Klausen, Knuttgen y Foster, 1972; Weltman, Stamford, Moffat y Katch, 1977; Wilmore y Costill, 2004; Yates, Gadden y Cressanta, 1983).

La explicación para esta relación podría ser la alta correlación entre el lactato y los hidrogeniones libres o protones (H^+), responsables de la acidificación muscular, o el aumento de la actividad de la enzima piruvato deshidrogenasa (Gaitanos, Williams, Boobis y Brooks, 1993). En este sentido, estos autores indican que el cambio al metabolismo aeróbico en los estadios finales de un ejercicio acíclico de elevada intensidad, en correspondencia con una disminución de la energía por vía anaeróbica, parece ser el principal factor para el decrecimiento de la potencia generada durante los últimos momentos del ejercicio. Para un pH muscular de 6.4, la influencia de los H^+ detiene toda nueva descomposición del glucógeno ocasionando una rápida reducción del ATP y por último el agotamiento. Los H^+ libres pueden desplazar el calcio dentro de las fibras, entorpeciendo la formación de los puentes cruzados actina-miosina y

disminuyendo la fuerza contráctil de los músculos y la potencia, siendo el H^+ el agente responsable de la pérdida de rendimiento deportivo y no el lactato (Metzger y Moss, 1990).

Por el contrario Books (2001), cuestiona esta relación entre el lactato y el H^+ , pues los estudios que demostraron la relación entre los H^+ y la contracción muscular, no fueron realizados a temperaturas fisiológicas. Si la acidosis está involucrada en la fatiga del músculo esquelético, el efecto puede ser indirecto. La acidosis extra celular puede además activar los grupos III y IV de los nervios aferentes en el músculo y por tanto estar implicado en la sensación de fatiga (Westerbla, Allen y Lännergren, 2002).

En referencia a la ejecución de las técnicas explosivas y de corta duración que se dan continuamente en los combates de Taekwondo (Toskovic, Blessing y Williford, 2002; citados por Estevan, 2009; Molina, Falcó y Alvarez, 2010), como son los ataques, contraataques y esquivas que el competidor utiliza de forma aislada para la obtención de los puntos válidos, es indudable que responden al sistema energético anaeróbico aláctico, sin embargo, si consideramos que las acciones se suceden en asaltos de 2 minutos y el combate dura 8 minutos (en nuestro estudio 7), es posible que el metabolismo anaeróbico láctico sea el predominante, lo que origina una producción de ácido láctico y posterior acumulación en la musculatura del deportista (Bonitch, J.G., 2006; Bonitch, J., 2007).

Para McArdle, Katch, F. I. y Katch, V. L. (2003), en los movimientos de gran intensidad y corta duración, las diferencias individuales de capacidad anaeróbica pueden ser responsables de grandes diferencias en el rendimiento. También hemos de indicar en este sentido, que existirán diferencias significativas según el nivel del adversario o competición (Bouhleb y col., 2006; Matsushigue y col., 2009).

Diferentes estudios demuestran que un pH muscular bajo es el factor limitante más importante del rendimiento deportivo y la causa principal de la fatiga en la ejecución de ejercicios máximos de corta duración (Wilmore y Costill, 2004).

El sistema aeróbico interviene simultáneamente con los otros dos y a partir de la última fase del 1º asalto y descansos, con el objetivo de preservar las reservas energéticas de rápida intervención (ATP y PC) para los momentos de máxima intensidad del combate, donde los competidores intentan golpear al oponente buscando la obtención de un punto o en el intento de eludir la acción ofensiva del rival, hechos que se suceden, en secuencias de una duración máxima aproximada de hasta 6 segundos (Gómez, 2002; González, 2007).

La intervención del metabolismo aeróbico en actividades acíclicas puede tener una importancia relevante para la transformación de energía bioquímica en mecánica, en actividades de mayor duración (Balsom, Seger, Sjodin y Ekblom, 1992b), así como en aquellas actividades que carecen de tiempo suficiente para la resíntesis completa de PC entre intervalos (Balsom y col. 1992a; Wootton y Williams, 1983).

Los taekwondistas deben normalmente realizar varios combates el mismo día, en ocasiones con intervalos de tiempo muy cortos entre ellos (entre 10 y 30 minutos en los campeonatos), tiempo insuficiente para una recuperación metabólica completa (Cavazani, 1991). Esta situación ocasiona que el taekwondista empiece el siguiente combate en una situación de fatiga heredada (Bonitch, 2007). La eliminación del lactato después del esfuerzo, es un elemento a tener en consideración para mejorar el posterior rendimiento, principalmente cuando el ejercicio realizado es de gran intensidad (Ahmaidi y col., 1996; García, 2004). En este sentido, Franchini y col. (2003) concluyeron que el aclaramiento láctico mejora con el descanso activo comparado con el

pasivo, pero no mejora el rendimiento posterior de un ejercicio anaeróbico intermitente.

El lactato producido durante un ejercicio de alta intensidad, en el músculo activo, es posteriormente metabolizado en el resto del cuerpo durante la siguiente fase (Rontoyannis, 1988). Existen evidencias de que la vuelta a los valores normales, ocurre de 30 a 60 minutos después de ejercicios de alta intensidad, con alta acumulación de lactato (Saltin, 1990).

1.5. LA FUERZA EN TAEKWONDO.

1.5.1. LA FUERZA, CAPACIDAD FUNDAMENTAL PARA GENERAR MOVIMIENTO.

En la actualidad disponemos de multitud de clasificaciones de las cualidades físicas. Su principio general consiste en oponer las diferentes cualidades que se las entiende como inconciliables. Cometti (1998a) por el contrario, propone una representación más funcional de las cualidades físicas, siguiendo una afirmación hoy común de las ciencias (humanas y biológicas) *“el individuo posee una estructura que pone en juego y moviliza energía, energía-estructura es la relación central alrededor de la cual se equilibran las diferentes cualidades”*.

La energía-estructura está constituida por el sistema complejo que conforma el cuerpo humano. Por un lado, está la estructura (aparato locomotor: palancas, articulaciones y músculos) y por otro lado están los sistemas energéticos que van a definir, junto a la naturaleza genética de la estructura, qué tipo de movimiento seremos capaces de generar.

Dentro de la estructura, es el músculo (aparato locomotor activo) el que ocupa el lugar primordial, pues al contraerse genera la fuerza necesaria para

producir movimiento. Hemos de considerar por tanto a la fuerza como centro de nuestro mapa de cualidades indispensable para la ejecución de los gestos deportivos.

Padial (1993), siguiendo la línea de Cometti (1998 a, b), considera el papel de la fuerza como capacidad física central, en función de la cual el sistema deportista es capaz de generar movimiento gracias a las tensiones musculares (fuerza). Estas tensiones se pueden aplicar durante un tiempo determinado, utilizando las distintas vías de obtención de energía, junto a la capacidad volitiva de soportar una carga de trabajo en el tiempo (resistencia). La amplitud de los arcos articulares, durante la realización de los movimientos, depende de la movilidad articular y la elasticidad (amplitud de movimiento).

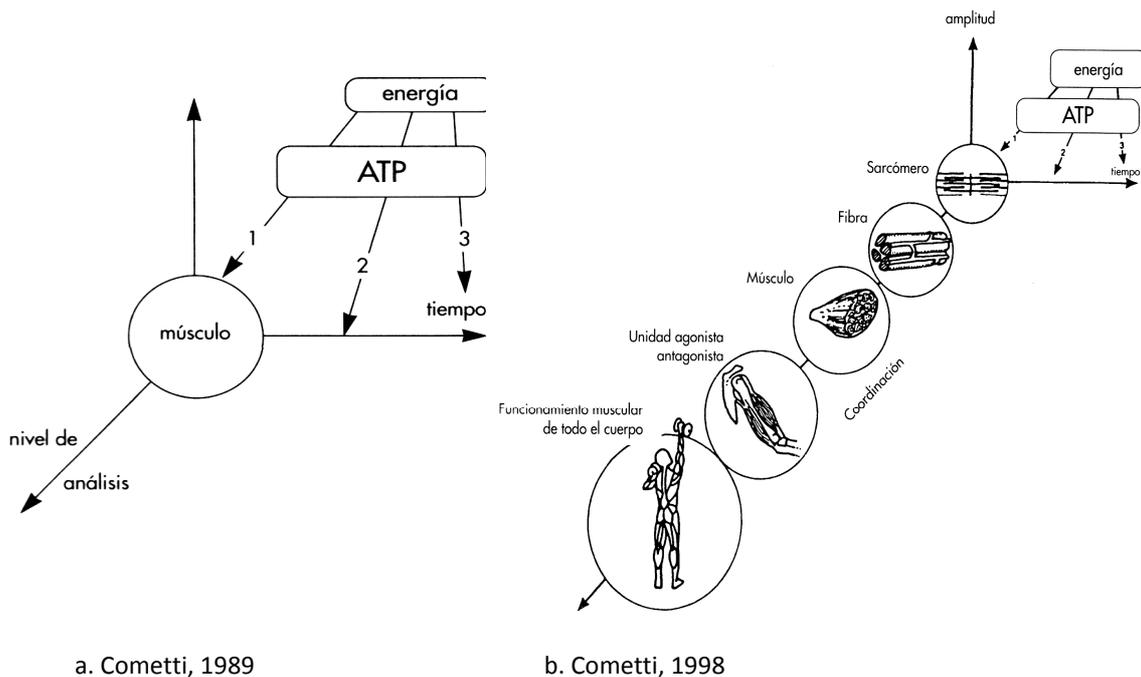


Figura 1.5.1.1. Esquema general de las cualidades físicas según Cometti, (1998 a; 1998 b, tomado de Cometti 1998).

Un último factor a considerar, es la secuencia espacio-temporal del gesto, que responde a los mecanismos de creación y control de los impulsos nerviosos (coordinación). La velocidad no la consideró este autor como una capacidad física del sistema deportista, sino como una combinación de ellas (figura

1.5.1.2). Este autor es el primero en considerar al deportista como un sistema de sistemas, denominándolo “Sistema Deportista”.

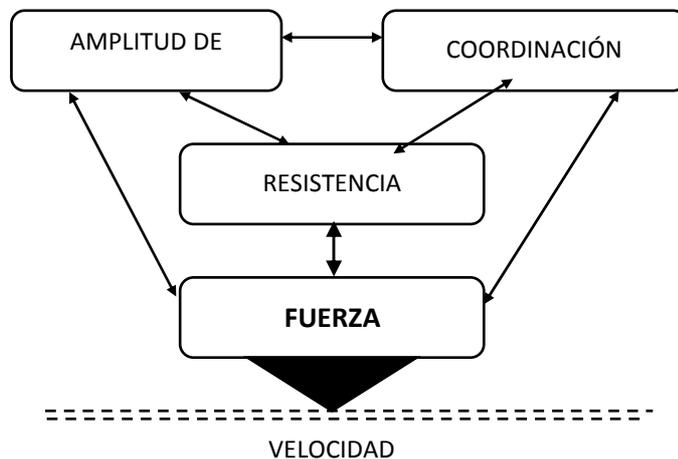


Figura 1.5.1.2. Clasificación de las cualidades físicas. Padial, (1993).

La fuerza, como se puede observar nuevamente, vuelve a ocupar un lugar principal en el centro del mapa de cualidades físicas del sistema deportista. No podemos hablar de un proceso de preparación del deportista, en un entrenamiento moderno, sin tener en cuenta esta cualidad física, independientemente del fin para el que se realice la actividad física o de la disciplina deportiva.

Si consideramos que el entrenamiento es un proceso complejo y organizado de larga duración, cuyo objetivo es el desarrollo de las adaptaciones óptimas necesarias para la obtención de máximo rendimiento, el entrenamiento de la fuerza debe estar perfectamente integrado dentro de ese proceso para alcanzar los objetivos propuestos. Es este sentido *“no es posible esperar tener éxito en el proceso de entrenamiento, si el entrenador no sabe cuál es su objetivo final. Por lo tanto, el conocimiento de lo que hay que hacer hoy para alcanzar el objetivo mañana, es el aspecto que distingue a un entrenador profesional e inteligente de un aficionado”* (Verkhoshansky, 2000).

1.5.2. MANIFESTACIONES DE LA FUERZA.

La concreción de las distintas manifestaciones de la fuerza en el deporte ha generado controversia entre diversos autores. Debemos partir del hecho de que la fuerza no suele manifestarse de forma pura, sino que lo hará en función de las necesidades de movimiento presentes en el deporte.

Partiendo de la clasificación de Vittori (1990), se diferencian, dos tipos de manifestaciones de la fuerza: estática y dinámica y dentro de esta última una manifestación activa y otra reactiva.

Manifestación Estática: No hay trabajo mecánico externo (Bosco y Komi, 1979), aunque sí lo hay a nivel interno (intramuscular). La velocidad de los segmentos implicados es igual a cero. Hay que diferenciar dos tipos:

- **Manifestación Estática o Fuerza Isométrica Máxima (F_{Imáx}):** se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insalvable.
- **Manifestación Estática Submáxima o Fuerza Isométrica Submáxima:** se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria submáxima contra una resistencia superable.

Manifestación Activa: Es el efecto de la fuerza producido por un ciclo simple de trabajo muscular. Debe producirse desde una posición de inmovilidad total, aunque en este gesto se produce el Ciclo Estiramiento Acortamiento (CEA), su aportación es despreciable. Dentro de este apartado se sitúan las siguientes manifestaciones:

- **Manifestación Máxima Dinámica o Fuerza Dinámica Máxima (F_{Dmáx}):** es aquella que aparece al mover, sin limitación de tiempo, la mayor carga posible, en un sólo movimiento. Es una manifestación de un elevado valor de fuerza, la velocidad de desplazamiento de la carga es lenta.

- **Manifestación Máxima Dinámica Relativa o Fuerza Dinámica Máxima Relativa (FDmáxR):** máxima fuerza que puede aplicar un músculo a una velocidad dada, y es un % de la F_{lmáx}.

Manifestación Reactiva: Es el efecto de la fuerza producido por un ciclo doble de trabajo muscular, o lo que es lo mismo por un CEA (ciclo estiramiento acortamiento).

- **Fuerza Elástico-Explosiva:** Siguiendo los mismos factores que la fuerza explosiva máxima (acción lo más rápida y potente posible), en esta manifestación entra en juego el componente elástico (estiramiento muscular) y se realiza a alta velocidad y tiempo de ejecución altos, como consecuencia de largos desplazamientos angulares en los segmentos implicados.
- **Fuerza Reflejo-Elástico-Explosiva:** Añade a la anterior un componente de facilitación neural importante como es el efecto del reflejo miotático (de estiramiento), que interviene debido al carácter del CEA, mucho más rápido y con una fase de transición muy corta. Esta participación refleja hace que aumente el número de unidades motoras (UM) implicadas, permitiendo desarrollar gran tensión en un corto periodo de tiempo (Padial, 1994).

Por otro lado, se podría diferenciar la resistencia de todas las manifestaciones nombradas. Compartimos la idea con otros autores de que la fuerza-resistencia no es una manifestación de la fuerza, no es sólo una cuestión terminológica, sino que es una cuestión de lo que realmente ocurre en el músculo. El término Resistencia a la Fuerza, se define como una derivación específica de la fuerza que un sujeto puede ejercer en actividades motoras que requieran una tensión muscular relativamente prolongada, sin que disminuya la efectividad de la misma (Verkhoshansky y Siff, 2000). En este sentido, y

siguiendo esta línea, habría que afirmar que se podría establecer una resistencia específica a cada manifestación de la fuerza.

1.5.3.- DISTINTAS MANIFESTACIONES DE LA FUERZA EN TAEKWONDO.

Cualquier mejora de la eficiencia muscular y del rendimiento deportivo, se identifica generalmente como mejora de la capacidad de desarrollar elevados gradientes de fuerza propulsora, que determinan la mejora de la velocidad de ejecución de un determinado gesto (Bosco, 2000).

Resulta difícil estudiar los complejos fenómenos que van unidos al desarrollo de la fuerza, sin embargo, tratar de sistematizar de forma analítica los distintos componentes que determinan tanto la valoración, como la mejora de la fuerza, ha sido y es el objetivo de numerosas investigaciones.

Para Bosco (2000), las distintas manifestaciones de fuerza se pueden clasificar considerando tanto aspectos neuromusculares (moduladores de la tensión), como por los procesos metabólicos implicados (determinantes de su duración). En cualquier caso, las determinaciones de las distintas expresiones de fuerza no se pueden distanciar de la referenciada y utilizada en la fisiología clásica para describir las relaciones entre la fuerza y la velocidad.

Es menos complicado poder formular una clasificación que refleje sus contenidos, analizadas las interacciones que existen entre la fuerza y la velocidad. Cuando la carga a movilizar disminuye, también lo hace la fuerza que debe ser desarrollada mientras que la velocidad aumenta (figura 1.5.3.1).

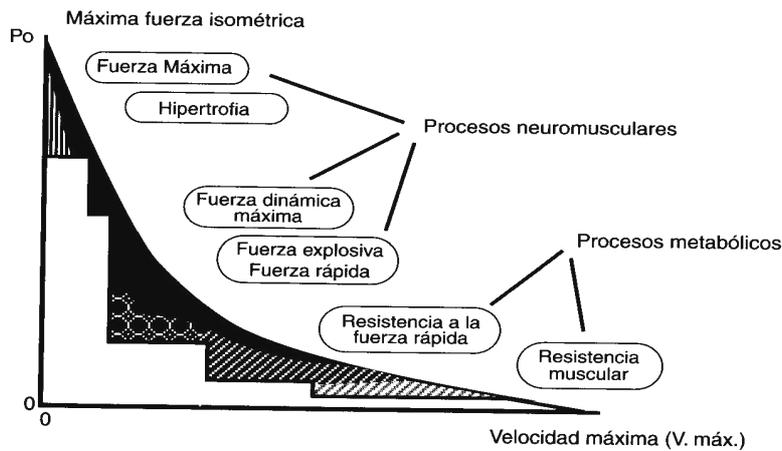


Figura 1.5.3.1. Representación esquemática de la relación fuerza velocidad y clasificación biológica de las distintas manifestaciones de fuerza (Bosco)

En todo caso, cualquiera que sea el mecanismo biológico implicado en el establecimiento de estas relaciones, parece bastante claro que la Fuerza Máxima ($F_{m\acute{a}x}$) se manifiesta con velocidades bajas, mientras que la Fuerza Explosiva (FE) se manifiesta con velocidades altas. Por el contrario, la resistencia a la fuerza rápida y la resistencia muscular, están muy limitadas por los procesos metabólicos implicados y poco por los procesos neuromusculares.

En el análisis de las demandas de fuerza en cada deporte debe tenerse en cuenta, entre otros, aspectos tales como:

- Tiempo disponible para alcanzar el nivel de tensión exigido (es decir, el nivel de explosividad solicitado por los diferentes tipos de acciones).
- Número de veces que se repiten las acciones durante el tiempo que dura el combate.
- Condiciones en las que se realiza la contracción (si tiene lugar en contracciones isométricas, concéntricas, en CEA, etc).
- Nivel de resistencia a vencer.

La fuerza en Taekwondo se manifiesta en todas sus variedades. Así la fuerza dinámica máxima es protagonista en las técnicas que empujan al contrincante (*miro chagui*) y en los movimientos y gestos técnicos realizados con velocidades bajas, la fuerza isométrica máxima y submáxima lo es a la hora de controlar al adversario en las fases de cuerpo a cuerpo, y la fuerza explosiva es de vital importancia a la hora de producir fuerza en el menor tiempo posible, con el objetivo de crear la suficiente potencia para obtener un punto válido y evitar un posible contraataque del oponente. En este sentido Toskovic, Blessing y Williford (2003), indican en sus estudios que la capacidad de realizar una serie rápida de ataque o contraataque, con alta energía de salida podría ser el aspecto más definitorio a la hora de ganar o perder un combate. Las constantes acciones de esquivas, amagos, ataques, contraataques, etc., producen en la musculatura una fatiga local que a medida que transcurre el tiempo del combate llega a disminuir la movilidad y fuerza del competidor. El entrenamiento de la resistencia a la fuerza va a ser el método profiláctico adecuado ante tal situación (García, 2004).

Si consideramos la explosividad como la relación entre el nivel de tensión generado por el músculo y el tiempo para obtenerlo, no podremos hablar de explosividad como un concepto absoluto, sino que existirán diferentes grados de explosividad en función de las diferentes cargas. Por lo tanto, la especificidad del entrenamiento debería asegurar la mejora de la relación fuerza-tiempo ante aquellos niveles de carga que estén cercanos a los encontrados en la situación deportiva específica (González y Rivas, 2002).

En términos similares, el concepto potencia debemos contemplarlo en relación a los niveles de carga empleados, pues de esta forma adquiere sentido, ya que el deportista desarrolla diferentes niveles de potencia en función del nivel de resistencia que debe vencer (González y Rivas, 2002). El objetivo primordial del entrenamiento será incrementar la potencia mecánica

desarrollada por el sujeto ante cargas similares a las específicas de la competición de Taekwondo.

Lo que se debe buscar en Taekwondo, no es la consecución de unos valores exagerados de fuerza dinámica máxima, sino la adquisición de valores adecuados de fuerza útil (González y Gorostiaga, 1995), que tiene como característica principal la de desarrollar la mayor fuerza posible con la velocidad y habilidad técnica específica necesaria para lograr el éxito.

Podríamos establecer, tomando como guía los estudios de García (2004), que son necesarios valores altos de resistencia a la fuerza explosiva, para alcanzar el éxito en este deporte.

1.5.4.- CURVAS FUERZA-TIEMPO Y FUERZA-VELOCIDAD.

Estas curvas reflejan las características de la manifestación de la fuerza en el deporte, pues relacionan los tres factores determinantes en la medición de fuerza: fuerza aplicada, velocidad de ejecución y tiempo empleado.

Las curvas fuerza-tiempo (F-T) y fuerza-velocidad (F-V) son formas diferentes de expresar la relación de la fuerza y el tiempo (González y Gorostiaga, 1995), cualquier modificación que se produzca en la curva F-T, vendrá reflejada en la curva F-V y viceversa. La curva F-T puede utilizarse tanto para mediciones estáticas como dinámicas, mientras que la curva F-V sólo para mediciones dinámicas, y tiene asociada una curva de potencia.

En la figura 1.5.4.1 se representan las curvas fuerza-velocidad típicas de una persona lenta y otra rápida (Bosco, 1983; citado en Bosco, 1992). Se comprueba como las curvas están muy próximas cuando las cargas son altas, pero a medida que éstas disminuyen, las diferencias se acentúan. Así, la

velocidad máxima que alcanza el sujeto más lento, sin resistencia, la conseguiría el más rápido con una resistencia aproximada al 20% de la fuerza máxima.

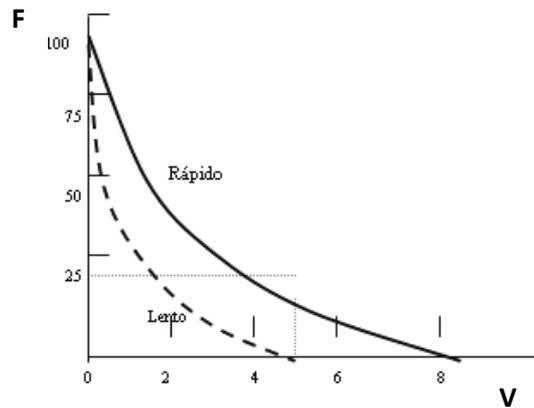


Figura 1.5.4.1. Ejemplo de la relación fuerza velocidad en un sujeto lento y otro rápido (modificado de Bosco y Luhtanen, 1992)

Las curvas fuerza-velocidad constituyen una herramienta básica en la valoración del efecto del entrenamiento. Como muestra representativa, en la figura 1.5.4.2 se muestran los cambios más usuales acontecidos a lo largo de la preparación de un deportista.

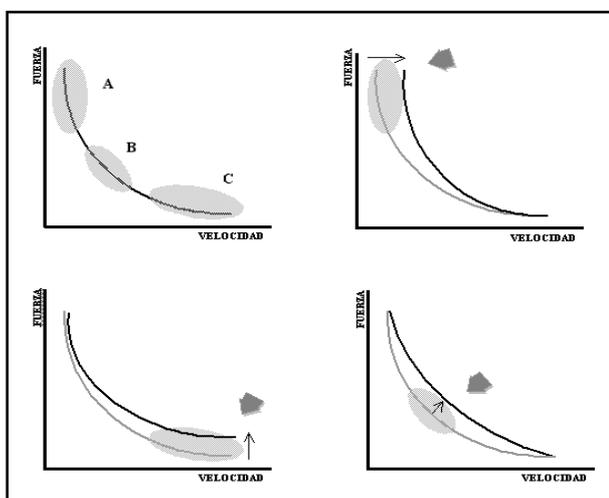


Figura 1.5.4.2. En las figuras se observan tres casos de diferentes momentos de la preparación de un deportista. El caso A representa la adaptación de un sujeto que ha entrenado con cargas pesadas, el B con cargas submáximas y el C con cargas ligeras. Existe la posibilidad de que toda la curva se desplace a la derecha, esto ocurre con atletas principiantes fundamentalmente (modificado de Zatziorsky, 1995; Zatziorsky y Kraemer, 2006)

Se comprueba como las modificaciones positivas (Figura 1.5.4.3) se producen cuando:

- A. La curva F-T se desplaza hacia la izquierda, lo cual significa que:
- Para producir la misma fuerza se tarda menos tiempo.
 - En el mismo tiempo se alcanza más fuerza.
- B. La curva F-V se desplaza hacia la derecha, y lo que ocurre es que:
- La misma carga se desplazaría a mayor velocidad.
 - A la misma velocidad se desplazaría más carga.

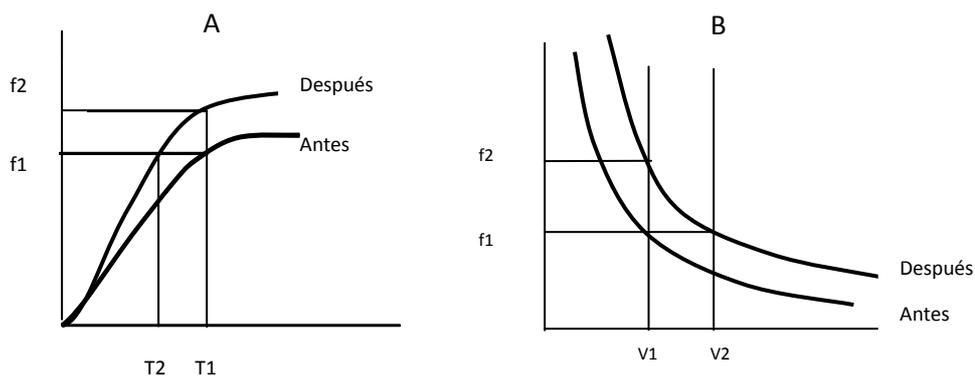


Figura 1.5.4.3. Los cambios producidos en la curva f-t son equivalentes a los producidos en la curva f-v. Figura A: la fuerza 1 (f_1) se manifiesta en menos tiempo (T_2) que al principio (T_1). Esto es equivalente en la figura B: al desarrollar la misma fuerza a mayor velocidad (V_2) que al principio (V_1). En la figura A (izquierda): en el mismo tiempo (T_1) se alcanza mayor fuerza (f_2) que al principio (f_1). Esto es equivalente en la figura B, al desplazar a la misma velocidad (V_1) mayor carga (f_2) que al principio (f_1) (modificado de González Badillo y Gorostiaga, 1995).

Con esto, se argumenta la equivalencia de ambas curvas al evaluar situaciones dinámicas, ya que los efectos recogidos en los apartados Aa-Ba y Ab-Bb se refieren respectivamente a una misma mejora.

1.5.5.- LA POTENCIA.

Muchos deportes involucran movimientos que requieren generar fuerza durante cortos periodos de tiempo (Mcbride, Triplett-Mcbride, Davie y Newton, 1999). Así la potencia muscular está considerada como uno de los principales determinantes de la forma atlética (Kawamori y Haff, 2004). Diversos estudios (Baker, 2001 a y b; Haff, Whitley y Potteiger, 2001; Newton y Kraemer, 1994), indican que multitud de movimientos incluyen, saltos, cambios de dirección y actividades diversas, donde la potencia es la principal causa del rendimiento.

En el deporte lo que interesa es medir la fuerza aplicada, que depende entre otros factores, de la técnica con la que el sujeto realiza el gesto que se mide. De la fuerza aplicada dependerá la potencia que se puede generar, que desde el punto de vista del rendimiento físico, es el factor determinante del resultado deportivo. Tanto si la potencia es máxima en unas condiciones dadas (golpeo de un *bandal chagui*), como cuando se trata de mantener durante más o menos tiempo un determinado valor de potencia (la repetición de los gestos técnicos durante los 2 minutos de un asalto), en el fondo no es más que la aplicación de una determinada fuerza.

La potencia mecánica puede ser definida como el producto de la fuerza aplicada multiplicada por la velocidad, en cada instante del movimiento (Knuttgen y Kraemer, 1987), siendo el trabajo igual a la fuerza por la distancia (Garhammer, 1993), y la velocidad la distancia por el tiempo, la potencia mecánica puede expresarse como el trabajo desarrollado multiplicado por la unidad de tiempo.

Desde el punto de vista del rendimiento deportivo, lo más importante es conseguir el mejor producto fuerza-velocidad a través del movimiento, es decir, la potencia máxima ($P_{m\acute{a}x}$) que se ha considerado como el umbral de

rendimiento muscular (URM), o situación en la que se obtiene el máximo rendimiento mecánico (González y Ribas, 2002).

$$\begin{aligned} W &= F \times d \\ V &= d / T \\ P &= F \times V \\ P &= F \times d / T = W / T = F \times V \end{aligned}$$

Tabla. 1.5.5.1. P: potencia, F: fuerza, d: distancia, T: tiempo, W: trabajo, V: velocidad

Los principios fundamentales del entrenamiento de la fuerza, en todas sus manifestaciones y expresiones, solo han tenido en cuenta un aspecto de las propiedades fisiológicas que utiliza el músculo, es decir, la fuerza, descuidando de forma sorprendente otro aspecto fundamental, que es la velocidad con la que la fuerza se manifiesta (Bosco, 2000).

Si realizamos un ejercicio con carga, desconociendo la velocidad de ejecución y en consecuencia la potencia desarrollada, es evidente que las cargas de trabajo planificadas a priori, según esquemas empíricos, nunca podrán producir los efectos fisiológicos deseados.

Podríamos decir que lo que interesa en el deporte, por tanto, es la potencia con la que se desarrolla el gesto deportivo. Bosco (2000), lo define como la habilidad del sistema neuromuscular para producir el mayor impulso mecánico posible en un tiempo dado ($I = F \times t$). Este espacio de tiempo depende de la carga a la que nos oponemos (en Taekwondo, el peso del propio cuerpo o del cuerpo del adversario en las técnicas de empuje) y de las necesidades de aceleración del movimiento (en función de qué técnica y cómo se va a aplicar).

La potencia puede ser calculada como el promedio a lo largo de un rango de movimiento o como un valor que se produce en un instante en particular

Podríamos decir que la curva F-V será un continuo en el que distinguimos tres grandes zonas:

1.- Zona de utilización de máxima o gran fuerza y mínima o poca velocidad. La potencia desarrollada será media o baja.

2.- Zona en la que se consigue un gran velocidad pero ante resistencias pequeñas. La potencia también será media o baja.

3.- Zona en que la fuerza aplicada y la velocidad presentan valores intermedios. La potencia alcanzará sus máximos niveles.

Siempre que entrenamos lo hacemos en una de las grandes zonas de la curva F-V con una potencia distinta. La zona en la trabajamos va a determinar el efecto básico del entrenamiento.

En el entrenamiento, no sólo hemos de considerar la carga que empleamos (zona) como resistencia a vencer, sino la potencia mínima que debemos desarrollar en cada en cada una de las repeticiones que realizamos.

Las transformaciones de la curva F-V son un fiel reflejo de los cambios producidos en el comportamiento motriz del competidor en cualquier fase del entrenamiento.

En consecuencia una aplicación mayor de fuerza sólo se podría conseguir si la velocidad es menor, y un aumento de velocidad siempre vendrá acompañado de una menor aplicación de fuerza. Cualquier cambio en una de estas variables, que se alejara de los valores óptimos, daría lugar a una reducción de la potencia manifestada.

Los valores concretos de fuerza y velocidad a los que se alcanza la P_{máx} o URM, no son los mismos en todos los sujetos y especialidades. Para (González y Gorostiaga, 1995), como término medio, la fuerza debe estar entre el 30 y

40% de la fuerza isométrica máxima y la velocidad entre el 35 y el 45 % de la velocidad máxima de contracción ante resistencias muy ligeras o nulas.

Existe controversia sobre la carga con la que se consigue la máxima potencia (porcentaje de la fuerza isométrica máxima, o porcentaje de 1RM), (Baker, Nance y Moore, 2001). Investigaciones como las de Faulkner, Claflin y Mccully (1986); Moss, Refsnes, Ablidgaard, Nicolaysen y Jensen (1997); Wilson, Newton, Murphy y Humphries (1993), consideran que la resistencia con la que se consigue la potencia máxima es un 30% de la fuerza isométrica máxima. Otros autores sostienen, que es con el 30 al 45% de una repetición máxima (1RM) con la carga que se consigue la PM (Harris, Stone, O'bryant, Proulx y Johnson, 2000; Kaneko, Fuchimoto, Toji, y Suei, 1983; Moss y col., 1997; Newton, Murphy, Humphries, Wilson, Kraemer y Hakkinen, 1997;).

Diferentes estudios defienden resistencias en un rango del 10 al 80 % de 1RM para la máxima producción de potencia (Baker, 2001; Baker y col., 2001; Garhammer, 1993; Moss y col., 1997; Newton y Dugan, 2002; Stone y col., 2003; Thomas, Fiatarone y Fielding, 1996), cuando se tiene en cuenta la naturaleza del ejercicio (parte superior e inferior del cuerpo, simple o complejo, tradicional explosivo etc.), la experiencia en el entrenamiento del atleta, el nivel de este y el momento dentro del ciclo anual de entrenamiento.

El objetivo del entrenamiento es mejorar la potencia que se manifiesta con el gesto de competición, es decir, la potencia específica (PE) (González y Ribas, 2002). Sin embargo, la mejora de esta no es incompatible con la mejora de la P_{máx}. De hecho la mejora de la potencia específica se estima a través de la mejora de la P_{máx}, en algunos ejercicios de transferencia media o máxima, como es el caso del squat a 90°. Así la capacidad para mantener los niveles, adquiridos durante el entrenamiento, de potencia durante un ejercicio intermitente (o acíclico) en la ejecución de un golpe con las piernas, puede

diferenciar a taekwondistas de diferentes niveles competitivos como demuestran Franchini y col. (2003), para el caso del judo.

El valor máximo de potencia depende de la velocidad del movimiento y de la fuerza aplicada como veíamos con anterioridad, pero si tenemos en cuenta que sujetos con valores de potencia máxima muy diferentes la alcanzan a velocidades idénticas o muy próximas, (González y Ribas, 2002), debemos concluir, que el factor diferenciador de la potencia, es la fuerza aplicada, por lo tanto, para mejorar la $P_{m\acute{a}x}$ o URM la estrategia más acertada es la mejora de la fuerza.

Esta afirmación se ve reforzada si tenemos en cuenta que la velocidad de contracción muscular tiene un estrecho rango de mejora, y en cualquier caso mucho menor que el de la fuerza.

Quizás esta sea la razón por la que se ha observado que cuando se entrena con porcentajes superiores a aquellos con los que se alcanza la $P_{m\acute{a}x}$, se obtiene un mayor efecto sobre la mejora de toda la curva de potencia, que cuando se entrena con movimientos que permiten una gran velocidad, pero que necesariamente han de realizarse con tantos por ciento de fuerza inferiores a aquellos con los que se alcanza la $P_{m\acute{a}x}$. (Kaneko y col., 1983; Kaneshisay y Miyashita, 1983; Moss y col., 1997; citados en Behm y Sale, 1993).

La fuerza explosiva tiene también una intervención decisiva en la mejora de la potencia, la mayor producción de fuerza a la misma velocidad sólo se puede alcanzar, si mejora la producción de fuerza en la unidad de tiempo.

La fuerza que se aplica al alcanzar la $P_{m\acute{a}x}$ es un valor de la $FD_{m\acute{a}xR}$, es decir, un valor inferior al de la $FD_{m\acute{a}x}$, que es la fuerza aplicada en 1RM. Por tanto la mejora del URM no depende directamente de la $FD_{m\acute{a}x}$, sino de la mejora de la $FD_{m\acute{a}xR}$ con la que se alcanza la máxima potencia.

Si la $FD_{m\acute{a}x}$, no se ha modificado, alcanzar una mayor $FD_{m\acute{a}xR}$ significa que ha disminuido el déficit de fuerza, y esto sólo se puede conseguir si se aplica más fuerza en la unidad de tiempo. No obstante la FMDR no mejora permanentemente si nunca mejora la $FD_{m\acute{a}x}$.

Stone y col. (2003), encontraron una alta correlación entre la fuerza máxima (1RM Squat) y la potencia incluso con un peso ligero (Squat con salto al 10% de 1 RM, $r= 0.78$ para contramovimiento y $r= 0.84$ para la posición de estático), indicando la posibilidad que el entrenamiento con cargas pesadas puede mejorar la potencia, incluso contra cargas ligeras. Otros autores (Moss y col., 1997; Schmidtbleicher, 1992), indican que la influencia de la FM sobre la producción de potencia disminuye cuando la carga exterior disminuye.

Bosco (2000), realizó un estudio con un velocista de nivel internacional, sometiénolo a un año de entrenamiento de fuerza con cargas altas, comprobó que la potencia, medida con el ejercicio de squat 90° , mostró una importante mejora con cargas altas, al contrario que lo que sucedía con cargas ligeras.

Debe existir una alta correlación entre la potencia y la $F_{m\acute{a}x}$, en el Taekwondo ya que la carga exterior que tiene que vencer es elevada, pues al igual que los saltadores, debe desplazar su peso corporal en acciones de impulso, salto, frenado, etc.

De los estudios realizados por Baker y col. (2001); Cronin, Mcnair y Marshall (2001); Izquierdo y col. (2001); Izquierdo, Hakkinen, González-Badillo, Ibáñez y Gorostiaga (2002); Rahmani, Viale, Dalleau y Lacour (2001); Siegel y col. (2002); Thomas y col. (1996), deducimos, que aquellos que han utilizado sujetos desentrenados o ejercicios de una sola articulación (analítico) o ejercicios con la parte superior del cuerpo, tienden a soportar más bajos porcentajes de la carga máxima (30-45%), mientras que estudios que han utilizado sujetos entrenados, ejercicios multiarticulares o de piernas, han tendido a porcentajes más altos

(30-70% de 1RM) para la máxima manifestación de potencia mecánica, aunque como reflejaron Stone y col. (2003), no siempre sucede de esta forma.

Según los estudios Baker (2001a), parece que la carga óptima para producir la $P_{máx}$, mecánica depende de la naturaleza del ejercicio y/o de la experiencia del atleta. En este sentido Baker (2001b) y Newton y col. (2002) indican que el estado del atleta durante el ciclo anual de entrenamiento podría también afectar a la carga óptima.

Podríamos considerar la explosividad como la relación entre el nivel de tensión generado por el músculo y el tiempo para obtenerlo. En esta sentido, no podríamos hablar de explosividad como un concepto absoluto, sino que existirán diferentes grados de explosividad en función de los niveles de carga. En consecuencia, la especificidad del entrenamiento debería tener como objetivo asegurar la mejora de la relación F-T, con niveles de carga que estén cercanos a los encontrados en la situación deportiva específica (González y Rivas, 2002).

En esta línea, el concepto de potencia debemos contemplarlo en relación a los niveles de carga empleados, pues de esta forma adquiere sentido, ya que el deportista desarrolla diferentes niveles de potencia en función del nivel de la resistencia que debe vencer (González y Rivas, 2002). Por tanto, el incremento de la potencia mecánica desarrollada por el sujeto, ante cargas semejantes a las específicas de la modalidad deportiva, debe ser el objetivo esencial del entrenamiento.

Todo lo expuesto anteriormente nos lleva a considerar que los niveles de potencia que tiene que desarrollar el taekwondista, deben ser como mínimo suficientes para vencer la resistencia del peso del propio cuerpo y de este en movimiento (saltos, esquivas, golpes, etc.) en el menor tiempo posible, para conseguir su equilibrio y finalizar con la obtención de un golpe válido

(afortunado o punto). Este concepto de potencia va asociado al grado de oposición del adversario, a la técnica a emplear y a la situación táctica en competición.

1.5.6.- LA FUERZA EXPLOSIVA.

Para hablar de la fuerza explosiva (FE), hemos de hablar de la relación entre la fuerza y el tiempo, que puede venir expresada a través de la curva fuerza-tiempo (F-V), y que puede entenderse como la mejor razón matemática entre la fuerza aplicada y el tiempo necesario para hacerlo. Se mide en $N \cdot s^{-1}$.

La fuerza explosiva es denominada por los investigadores anglosajones como "*rate of force development*" (ratio de desarrollo de fuerza), su expresión es en $N \cdot s^{-1}$ y corresponde a la pendiente de la curva fuerza-tiempo en el punto considerado.

Los valores de la fuerza explosiva de un individuo pueden ser casi infinitos, tantos como el número de resistencias que pueda desplazar más uno, que será aquella que no pueda desplazar y que significaría el valor de su fuerza explosiva de carácter isométrica máxima.

Si hiciéramos infinitas mediciones de la FE entre dos puntos de la curva F-T, nos encontraríamos, que existe un momento en que la producción de fuerza por unidad de tiempo es el más alto en toda la curva, a este valor se le llama fuerza explosiva máxima (FEmáx), en la práctica se da entre 1 y 10 ms. Los investigadores anglosajones le denomina "*máximum rate of force development*" (máximo ratio de desarrollo de fuerza) (González, 1998).

Por encima del 30% de la Fuerza Isométrica Máxima (FImáx), la FEmáx, es estable y siempre puede ser la máxima absoluta, pero si empleamos resistencias inferiores al 30% de la FImáx, no se puede llegar a manifestar la

FEm_{áx}, o MRFD (máximo ratio de fuerza desarrollada), de lo que se deduce que la FEm_{áx}, se produce en la fase estática de cualquier desplazamiento de una resistencia.

De estos conceptos podemos llegar a las siguientes reflexiones:

1º. La FEm_{áx}, no tiene nada que ver con la producción del movimiento,

2º. La FEm_{áx}, no debe asociarse sólo a movimientos muy rápidos.

La FE y la FEm_{áx}, tienen una estrecha relación con la velocidad del movimiento ante una misma carga o resistencia externa, ya que la mayor o menor velocidad del movimiento depende precisamente de la capacidad de producir fuerza rápidamente. Con estas características en la producción de fuerza la velocidad del movimiento será máxima a casi máxima, para una resistencia dada (Stone, 2003).

Según establece Sale (2002), el valor de la FE al inicio de la curva es un factor limitante cuando se desplazan resistencias ligeras o se dispone de poco tiempo para aplicar la fuerza. Sin embargo, cuando la resistencia es alta, caso de las técnicas en salto en Taekwondo o tras un salto, el impulso depende de la pendiente en una fase posterior, tanto más tarde cuanto más alta sea la resistencia y el pico máximo de fuerza (PMF), (Schmidtbleicher, 1992; Verkhoshansky, 2000).

A mayor resistencia, mayor relación existirá entre la FD_{máx}, la FE y la velocidad de ejecución.

La FE, objetivo básico del entrenamiento, refuerza su relación progresivamente con la velocidad absoluta, la fuerza inicial, la fuerza de aceleración y la fuerza máxima a medida que aumenta la resistencia externa (Verkhoshansky, 2000) como es el caso de algunos momentos del combate en

Taekwondo, donde la resistencia que deben vencer las piernas tras las técnicas con salto es grande.

Es importante destacar en relación a la planificación del entrenamiento, que el valor de la fuerza explosiva máxima, no coincide nunca con el que se consigue al desplazar la máxima resistencia individual posible.

La FEmáx, aparece para resistencias comprendidas entre el 20% y el 80% del 1RM (dependiendo de las características del individuo), de hecho este porcentaje del 1RM, determina las características de la fuerza muscular del deportista, y la evolución de la especificidad de su entrenamiento. En consecuencia el papel que desempeña la FE será mayor, cuanto mejor sea el nivel deportivo del sujeto (Zatsiorky, 1995).

El problema que surge en la evaluación de la fuerza en Taekwondo es que la resistencia que nos encontramos durante el combate es siempre variable, por lo tanto es difícil conocer el valor de la fuerza explosiva relativa que más nos interesa para el entrenamiento del taekwondista.

La correcta evaluación de la FE en Taekwondo habría que relacionarla con la musculatura principal en cada acción por un lado, y con la resistencia que ha de vencer por otro. Posiblemente cada grupo muscular interviniente en las acciones de combate deba ser entrenado para vencer más de un tipo de resistencia.

Podemos concluir con la afirmación de que la fuerza explosiva debe ser contemplada desde la unión entre la resistencia a vencer y la posibilidad de aplicar más fuerza en el menor tiempo posible a la hora de realizar un gesto determinado.

1.5.7. LA FUERZA DINAMICA MAXIMA (FDmáx).

En el ámbito del alto rendimiento, valores altos de fuerza dinámica van a ser esenciales para el éxito de la mayoría de las acciones de competición. Esta cualidad básica afecta a la producción de potencia (Schmidtbleicher, 1992) y por lo tanto, deben de tener una consideración especial dentro del entrenamiento de alto nivel.

Es importante diferenciar entre $F_{máx}$, y $FD_{máx}$, como elementos objetivables dentro del entrenamiento del Taekwondo. Ambas se obtienen cuando se produce una tensión muscular motivada por la oposición o intento de desplazamiento de una carga límite.

La contracción isométrica (estática) se produce cuando esta carga no es posible desplazarla, realizándose una tensión máxima en la que no existen cambios en la longitud de las fibras musculares, la fuerza ejercida es la $F_{máx}$, o $F_{lím}$. Si podemos desplazar la carga en todo su recorrido al menos una vez, estamos ante una contracción de tipo anisométrico o dinámica, siendo la fuerza ejercida la $FD_{máx}$.

Cuando aplicamos una fuerza en cualquier gesto deportivo siempre se alcanza un pico máximo de fuerza, pero para ello el músculo necesita un tiempo que dependerá del tipo de contracción y de la resistencia a vencer.

Lo que interesa en el deporte no es sólo la fuerza que se puede aplicar, sino el tiempo disponible para aplicarla, que en el caso de los gestos deportivos difícilmente se prolongan más allá de 300-350 ms y que en algunos casos no llegan a 100 ms (Bonitch, 2006).

La mejora del rendimiento se relaciona con la producción de una gran fuerza máxima en un periodo de tiempo corto (Verkhoshanky, 1961, 1963, citado por Bonitch, 2006).

Schmidtbleicher (1992) y Moss y col. (1997), establecen que la influencia de la $F_{m\acute{a}x}$, sobre la producción de potencia aumenta cuando la carga exterior aumenta. En este sentido, Verkhoshansky (2000) afirma que la $FD_{m\acute{a}x}$, refuerza su relación con la FE a medida que aumenta la carga exterior a vencer. Podemos considerar por tanto, que para desarrollar altos niveles de FE es necesario un trabajo previo de la $FD_{m\acute{a}x}$.

La mejora del rendimiento se relaciona con la producción de una gran $F_{m\acute{a}x}$, en un periodo de tiempo corto, lo que ha sido contrastado en estudios sobre la dinámica de los movimientos de deportistas de distinto nivel (Verkhoshansky, 2000). En esta línea, se ha comprobado la existencia de una gran relación entre la fuerza y el rendimiento en deportes de alta producción de potencia, como el remo (Jensen, Freedson y Hamil, 1996), la gimnasia artística (Anderson y col., 1988) o la lucha (Fahey, Akka y Rolph, 1975), entre otros.

Los movimientos de impulsión y golpeo están relacionados con la superación de una resistencia externa significativa, como es el peso del cuerpo del taekwondista en situaciones de salto, de esquiva o de golpeo. La mejora del resultado se consigue sobre todo, con el aumento de la fuerza máxima desarrollada y con cierta reducción del tiempo invertido en su producción. La rapidez de ejecución dependerá de la resistencia a vencer y de la fuerza aplicada.

En un combate de Taekwondo se observan tanto contracciones isométricas como contracciones anisométricas. El análisis y evaluación de los valores de la fuerza isométrica máxima en Taekwondo son importantes, aunque más lo son los valores de la fuerza manifestada de forma dinámica.

Barta (2002, citado por Bonitch, 2006), afirma en sus estudios que el objetivo del entrenamiento especial es conseguir la máxima aplicación de fuerza

durante el tiempo de ejecución del gesto, y realizarlo a velocidad máxima, consiguiendo la máxima potencia.

La capacidad de aguantar altos niveles de fuerza dinámica durante el mayor tiempo posible en un combate, depende de tener altos valores de resistencia a la fuerza dinámica. En Taekwondo es importante su contribución, ya que la intensidad de la competición provoca estados de fatiga muscular muy altos debido al elevado acumulo de lactato, que puede llegar hasta los 19 mml/l, similar al encontrado por Sikowski (1992; citado por Bonitch, 2006) en judocas.

1.5.8. LA RESISTENCIA A LA FUERZA Y SU RELACION CON LA FUERZA MAXIMA Y LA FUERZA EXPLOSIVA.

Podríamos establecer que la resistencia a la fuerza no es una manifestación, “es una derivación específica de la fuerza que un sujeto puede ejercer en actividades motoras que requieren una tensión muscular relativamente prolongada sin que disminuya la efectividad de la misma” (Verkhoshansky, 2000).

La resistencia a la fuerza es un factor predominantemente en ejercicios cíclicos, donde las magnitudes de fuerza se manifiestan de forma continuada. Podríamos denominar resistencia de fuerza a la capacidad de resistir el agotamiento provocado por las sucesivas repeticiones. En estos ejercicios, su magnitud viene determinada fundamentalmente por la velocidad de ejecución para una magnitud dada. La sobrecarga que vamos a utilizar depende del objetivo que se quiere conseguir prioritariamente, la fuerza o la resistencia, por lo que el tipo de trabajo debe ser específico:

1. Cuando la sobrecarga a vencer es muy grande, el trabajo va encaminado a desarrollar la $F_{m\acute{a}x}$, y su aplicación continuada.

2. Cuando la sobrecarga es pequeña, el entrenamiento va dirigido a la mejora de la potencia de la vía aeróbica. Con especial atención al incremento de VO₂ máx. En estos casos y para garantizar la utilización intramuscular del oxígeno tenemos que administrar intensidades máximas de entrenamiento, mediante un ejercicio que conserve la estructura interna y externa del gesto de competición.

En cargas inferiores al 20 % de la F_{máx}, predomina la resistencia como factor decisivo del rendimiento, en las superiores al 20 %, predomina la fuerza (F_{máx}, si se supera el 80%). El predominio de la resistencia con cargas inferiores al 20 % se debe a que la fuente energética utilizada será de tipo aeróbico. El metabolismo es demasiado lento para cargas superiores. En este supuesto, se requiere además el metabolismo anaeróbico para satisfacer los niveles energéticos.

Con cargas superiores al 50 % de la F_{máx}, la fuente energética será casi exclusivamente anaeróbica, debido a que a partir del 40% de carga se produce una oclusión de las vías arteriales a causa de la elevada tensión muscular, ocasionando una disminución del aporte de oxígeno y sustratos.

Podemos afirmar por tanto, que para desplazar cargas superiores, la fuente energética que se requiere exclusiva o mayoritariamente es la vía anaeróbica. El hecho de que solo se requiera un determinado número de fibras musculares en cada trabajo de resistencia a la fuerza, significa una carga menor para cada fibra muscular, ya sea porque el área de sección de las mismas es superior o porque su capacidad anaeróbica es mayor. Esta es la razón por la que una mejora de la resistencia a la fuerza para cargas superiores ha de pasar por el incremento de la F_{máx}. En consecuencia, para un mismo ejercicio y partiendo de una carga y repeticiones establecidas, se podrían realizar las repeticiones con un incremento de la carga (resistencia a la fuerza dinámica) o más repeticiones

con la carga establecida. También podríamos decir que un trabajo de resistencia a la fuerza nos permitiría mantener mayor tiempo la carga establecida o durante el mismo tiempo una carga más elevada (resistencia a la fuerza estática).

En general, la intensidad de la contracción muscular en un ejercicio isométrico se suele definir en porcentaje con respecto a la $F_{m\acute{a}x}$, de ese musculo.

En este sentido, podríamos decir que:

- A intensidades inferiores al 10 % de la $F_{m\acute{a}x}$, se puede mantener esa contracción de modo casi indefinido (más de dos horas) (Fallentin, Jorgensen y Simonsen, 1993).
- Entre el 10 y el 20 % de intensidad, el tiempo de agotamiento oscila entre los 110 y 7 min, respectivamente (Fallentin y col., 1993; Knudtson, Curt y Agre, 1993).
- Con intensidades entre el 30 y 60 % de la $F_{m\acute{a}x}$, el tiempo de agotamiento oscila entre 40 y 155 s.
- Al 90 % de la intensidad, el tiempo de agotamiento es de unos 15 s, (Häkkinen y Myllyla, 1990; Kroglund y Jorgensen, 1993).

En este sentido, podríamos indicar que la resistencia a la fuerza en Taekwondo será un factor decisivo para el éxito del combate, permitiendo al competidor mantener el grado de tensión necesario en el transcurso de los asaltos que facilite los desplazamientos y las acciones de ataque o evasión sin disminución de la rapidez de ejecución.

1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El presente trabajo de investigación pretende resolver las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la relación que existe entre la potencia pico de las piernas antes y después de sucesivos combates de Taekwondo?
- ¿Cuál es la relación que existe entre la máxima producción de fuerza de las piernas antes y después de sucesivos combates de Taekwondo?
- ¿Cuál es la relación existente entre la potencia pico de las piernas y la concentración de lactato medidas antes y después de sucesivos combates de Taekwondo?
- ¿Cuál es la relación existente entre la máxima producción de fuerza de las piernas y la concentración de lactato medidas antes y después de sucesivos combates de Taekwondo?
- ¿Cuál es la relación que existe entre la potencia pico de las piernas medida antes y después de sucesivos combates de Taekwondo y el aclaramiento del ácido láctico después de cada combate?
- ¿Existe correlación entre la potencia pico, antes y después de cada combate?
- ¿Existe correlación entre la máxima producción de fuerza antes y después de los combates?
- ¿Cómo se utilizan todas estas relaciones para la valoración del esfuerzo en el taekwondista después de cada combate y al final de toda la competición?

1.7. OBJETIVOS.

El objetivo principal de este estudio será el de analizar el efecto de los asaltos de un combate y de la acumulación de sucesivos combates de Taekwondo sobre la potencia de las piernas.

Como objetivos específicos:

- Analizar el comportamiento de la potencia pico y potencia media durante el combate y discriminar la sucesión de los combates sobre ambas variables.
- Estudiar las evoluciones de la fuerza y velocidad vinculadas a cada valor de potencia registrado en las condiciones de estudio establecidas.
- Determinar la influencia de los combates sobre el tiempo en alcanzar la potencia, fuerza y velocidad pico.
- Determinar si la sucesión de combates afecta a la asociación entre la potencia de pegada y la potencia registrada antes y después de cada uno.
- Determinar la fatiga fisiológica de los combates mediante la frecuencia cardiaca y la acumulación de lactato sanguíneo y analizar si afecta a los niveles de potencia de pegada y los desarrollados antes y después de cada combate.
- Valorar la estructura temporal del combate y cómo afecta la sucesión de los combates a la distribución de los puntos conseguidos por pegada.

1.8. HIPOTESIS.

H₀. Existe pérdida de potencia pico y máxima producción de fuerza de las piernas después de sucesivos combates de Taekwondo.

H₁. No existe pérdida de potencia pico y máxima producción de fuerza de las piernas después de sucesivos combates de Taekwondo.



Universidad de Granada

CAPITULO II

METODOLOGIA E INSTRUMENTAL



CAPITULO II: METODOLOGIA E INSTRUMENTAL.

2.1. SUJETOS.

La muestra estuvo compuesta por dieciséis taekwondistas varones de $19,5 \pm 4,75$ años de edad, $175,97 \pm 4,68$ cm de talla y $69,63 \pm 14,17$ Kg de peso. Todos ellos eran integrantes de la Selección Andaluza de Competición en la modalidad de Combate, seleccionados de forma no aleatoria e intencional (García, 1991).

Los participantes en el estudio figuraban entre los cuatro primeros del ranking andaluz de cada peso y han sido medallistas a nivel nacional en sus categorías. Su nivel técnico estaba entre primer y tercer Dan¹, disponían de una experiencia en competición de más de tres años y un volumen de entrenamiento mínimo de tres sesiones semanales. En la tabla y figura 2.1.1 se muestran sus características más relevantes.

Los sujetos participaron voluntariamente en el estudio tras la lectura y cumplimentación de un consentimiento informado. En los casos de los menores de edad (menores de 18 años) se contó con la autorización del tutor legal. La

¹ El "Dan" es la graduación que se obtiene después del cinturón marrón. El primer Dan se consigue al obtener el cinturón negro. Puede llegar hasta el noveno, mediante examen o por méritos. El 10º Dan es honorífico.

Comisión de Investigación del Departamento de Educación Física de la Universidad de Granada aprobó el proyecto y el procedimiento fue conforme a las normas establecidas en la Declaración de Helsinki.

Tabla 2.1.1. Características de los sujetos integrantes de la muestra.

SUJETO	EDAD (años)	PESO (Kg)	TALLA (cm)
1A	19	66,7	178
2B	18	71,5	176
3C	16	68,2	175
4D	29	69,5	171
6F	19	91,6	176,5
8H	33	83,0	181,5
10J	16	53,3	172
11K	19	56,6	168
12L	17	56,7	166,5
13M	16	62,6	181
14N	20	63,1	174
15P	20	61,1	179
16R	17	65,5	182
MEDIA (n=16)	19,50	69,63	175,97
SD	4,75	14,17	4,68

2.2. DISEÑO.

La muestra de estudio participó en una competición simulada de Taekwondo, compuesto por tres combates de tres asaltos de dos minutos cada uno, con treinta segundos de descanso entre asaltos y treinta minutos de descanso entre combates, procedimiento utilizado también por Bridge, Jones y

Drust (2009), en un estudio del equipo de Taekwondo Nacional Británico. Para el análisis del efecto de cada combate y de la sucesión de combates sobre las variables indicadas se empleó un diseño intra-grupo con medidas repetidas pre-post sin grupo control.

La secuencia empleada se representa en la Fig. 2.2.1:

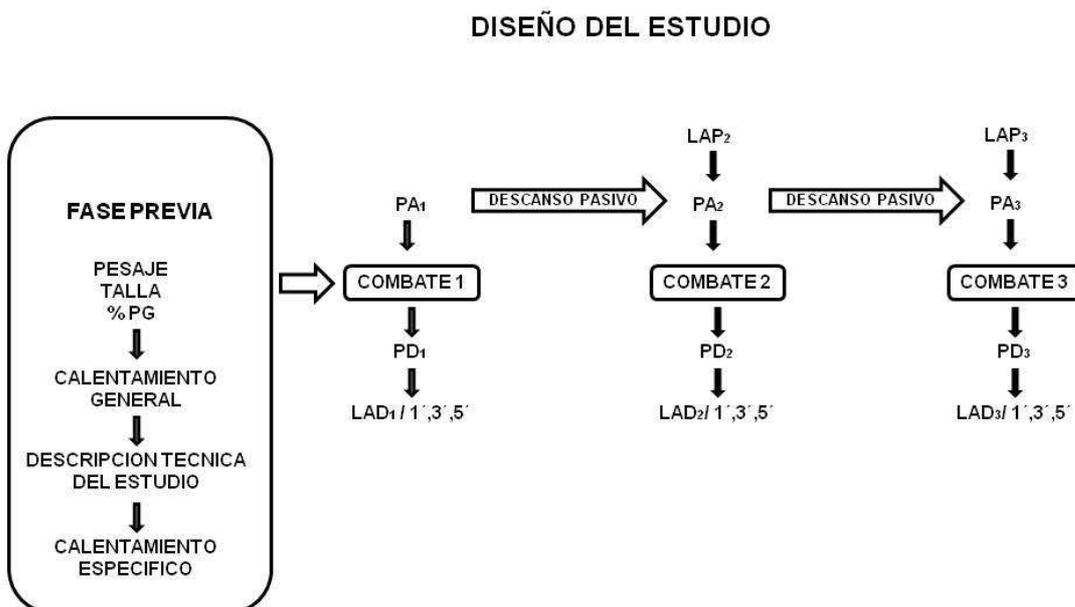


Figura 2.2.1. Representación gráfica del protocolo de tomas de datos, donde se detallan los momentos de toma de lactato y del test de potencia de pierna. PG= Peso graso, PA=Potencia antes del combate, PD=Potencia después del combate, LAD=Lactato después del combate, LAP=Lactato antes del combate.

2.3. VARIABLES.

2.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

Vi1: El combate: Se realizaron un total de tres combates. Cada uno compuesto de 3 asaltos de 2 minutos de duración, realizados sucesivamente, con 30 segundos de descanso entre asaltos y un descanso aproximado de 30 minutos entre combates.

2.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

Se agruparon en:

- **Variables mecánicas:** Antes y después de cada combate se determinó durante la fase concéntrica de la ejecución de una media sentadilla con una sobrecarga determinada:

Vd1: Potencia pico máxima (PPM) en vatios.

Vd2: Tiempo a la potencia pico máxima (TPP) en segundos.

Vd3: Potencia media (PM) en vatios.

Vd4: Fuerza media (FM) en newton.

Vd5: Tiempo a la fuerza pico máxima (TFP) en segundos.

Vd6: Velocidad media (VM) en $m \cdot s^{-1}$

Vd7: Tiempo a la velocidad pico máxima (TVP) en segundos.

- **Variables fisiológicas:**

Vd8: Concentración de lactato sanguíneo (LAC) en $mmol \cdot l^{-1}$.

Vd9: Frecuencia cardiaca (FC) en latidos por minuto durante el combate (lpm).

- **Variables técnicas:**

Vd10: Potencia de pegada en vatios.

Vd11: Número y duración de secuencias de ataque-contraataque en segundos por asalto y por combate (NSA, NSC, TSA, TSC).

Vd12: Tiempo de espera activa en segundos (TEA).

Vd13: Tiempo de interrupción temporal del combate en segundos (TI).

2.4. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES.

2.4.1. DETERMINACION DE LAS VARIABLES ANTROPOMETRICAS.

La talla se registró con un tallímetro Seca 240, con marcas indexadas claramente visibles y a una gran ventana de lectura. La comprobación la podíamos realizar sin efectos de paralaje, incluso desde diferentes ángulos, el resultado siempre era el mismo. La conducción de la varilla de medición, con doble cojinete garantizó una precisión de ± 2 mm. El tallímetro estaba dotado de una corredera resistente a las presiones para que durante el procedimiento de medición no perdiera su posición. La resistencia de la corredera se podía graduar evitando su descentrado. Disponía de un gran tope para la cabeza de diámetro 160 mm, y otro para los talones que facilitó una posición precisa de los deportistas en el aparato. Se colocó al sujeto en bipedestación, manteniendo la cabeza y los ojos mirando hacia el frente en una línea imaginaria, paralela al plano de sustentación que une el borde inferior de la órbita del lado derecho con el poro acústico externo del mismo lado, formando un ángulo recto con el eje longitudinal del cuerpo. Las extremidades superiores permanecieron relajadas a ambos lados del cuerpo con las palmas de las manos orientadas hacia delante, los pulgares separados y el resto de dedos señalando hacia el suelo. Los pies permanecieron juntos con los dedos orientados hacia delante durante la medida.

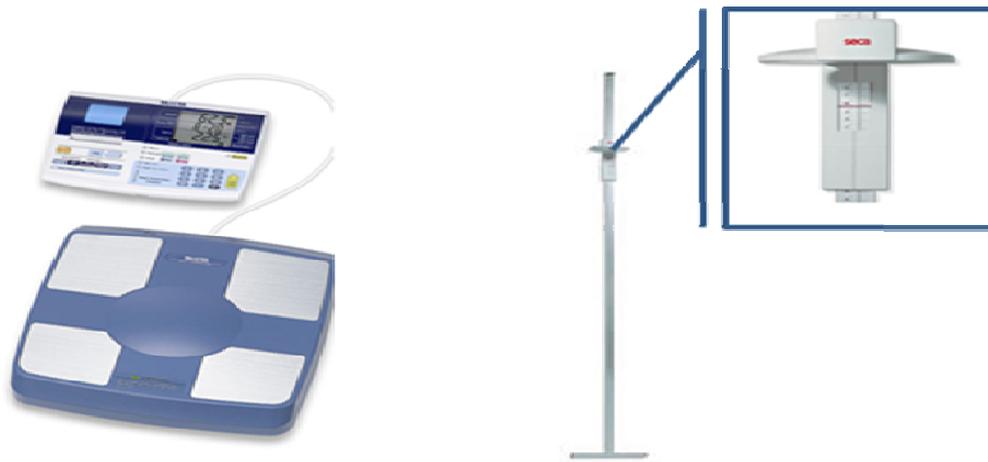


Figura 2.4.1.1. Bascula Tanita BC-420, tallimetro Seca 240

Para la determinación del peso el sujeto se situó de pie en el centro de la plataforma de la báscula (Tanita BC-420), distribuyendo el peso por igual en ambas piernas, sin que el cuerpo estuviera en contacto con nada que hubiera alrededor y con los brazos descansando libremente a ambos lados del cuerpo. La medición se realizó en ropa interior (figura 2.4.1.1).

2.4.2. DETERMINACION DE LAS VARIABLES MECANICAS DURANTE LA EXTENSION DE PIERNAS: POTENCIA, FUERZA Y VELOCIDAD.

Las variables mecánicas fueron determinadas durante la fase concéntrica del gesto de media sentadilla (Squat a 90°), realizada en pórtico y con una sobrecarga correspondiente al 50% del peso corporal correspondiente, decidiéndose este en base a los diferentes estudios que desaconsejan el uso de grandes cargas para el desarrollo de la potencia, como los de Häkkinen, Komi, y Tesch (1981, citados por Juárez, Navarro, Aceña, González, Arija, y Muñoz, 2008); Ruales (2010) y Siegel, Gilders, Staron y Hagerman (2002), proponiendo porcentajes entre el 40 y 65 % del peso corporal a desplazar en las pruebas test aplicadas y entrenamientos, de atletas de diferentes modalidades.



Figura 2.4.2.1. Encoder Globus Italia RP

Con las piernas separadas ligeramente por encima de las caderas los sujetos descendían con la barra hasta alcanzar una angulación de 90° de rodilla. La posición se mantenía entre 2-3 segundos antes de iniciar la extensión a la máxima velocidad posible. Cada vez que los sujetos fueron testados se ejecutaron 2-3 repeticiones. El movimiento se realizó en un Multipower Salter (para garantizar la verticalidad en el desplazamiento de las cargas). Los discos de carga utilizados, fueron previamente calibrados mediante una célula tensiométrica suspendida, considerándose válidos aquellos pesos que no mostraron una desviación mayor a 0,5% (figura 2.4.2.1 y 2.4.2.2).



Figura 2.4.2.2. Encoder Globus Italia RP

Las variables mecánicas fueron registradas mediante un dinamómetro electrónico ó Encoder Optimo Rotatorio de Globus Italia, Modelo Real Power, con conexión a una Unidad Central Tesys 400. El sistema Globus tiene salida de datos digital con una resolución de 500 pasos por giro, con un cable de acero de 1 mm de diámetro y una longitud máxima de 2,20 metros, cuyo extremo se fijó a la barra del Multipower para su desplazamiento vertical. Un sensor informa de la posición de la barra al conector de Tesys. La resolución de desplazamiento fue de $0.4909 \text{ mm} \pm 5 \%$ (según fabricante), lo que equivale a 2037 impulsos por metro, mostrando una gran sensibilidad en movimientos de pequeño recorrido. El tiempo se midió mediante un temporizador incorporado al sistema con una precisión de $0,2 \mu\text{s}$ y una frecuencia máxima de 1000 Hz, lo que equivale a una velocidad máxima de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 5 \%$ (18 Km/h). La frecuencia mínima mensurable fue de 0 Hz, que equivale a una acción estática de $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. La aceleración máxima que se aconseja para los movimientos concéntricos es de $14,71 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ y para los movimientos excéntricos de $-9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. El software utilizado es la versión USB del Real Power 2002 con error de interpretación de $\pm 1\%$.

Para cada una de las repeticiones el sistema calculó la velocidad y aceleración instantáneas. Su software calculó la potencia pico (PPM) y media (PM), la fuerza y velocidad medias (FM, VM) y el tiempo (T) a la potencia, fuerza y velocidad pico. Se consideró la repetición en la que la relación fuerza-velocidad fue mejor.

Para la medición y obtención de datos se utilizaron dos sistemas completos de Multipower y dinamómetros que nos permitió evaluar a los dos taekwondistas que competían, a la vez.

2.4.3. DETERMINACION DE LA POTENCIA DE GOLPEO (PGL).

Para la medición de la potencia de golpeo (PGL), se utilizaron petos electrónicos, Adidas (EBP), en color rojo y azul y tallas 3 hasta 5. Cada peto estaba dotado de un sensor EBP de batería de larga duración e interface plástica EBP a Sensor, con stick BT 2.0 inalámbrico y consola receptora con tecnología inalámbrica (bluetooth) con indicación de la potencia de impacto en tiempo real y registro de hasta 5 impactos por segundo (figura 2.4.3.1). Los petos disponían de un sistema de canales de aire con una sola salida. Tras recibir un impacto, el aire era desplazado ejerciendo presión sobre la unidad de control (dotada con un embolo que registraba la presión). La unidad emitía una señal Wireless al PC, permitiéndonos conocer la potencia del golpeo en tiempo real. Se estableció en 100 W la potencia mínima de pegada para obtener punto.



Figura 2.4.3.1. EBP y consola receptora

Un observador recogió en una hoja de control los puntos válidos obtenidos por cada competidor en cada asalto (tabla 2.4.3.1), permitiéndonos tener un segundo registro de los puntos obtenidos en los diferentes asaltos de cada combate.

Tabla 2.4.3.1. Hoja de control de puntos.

FECHA:

OBSERVADOR:

Nº SUJ.	C. Nº	PUNTOS ASALTO			RESULTADO
		1º	2º	3º	
1A	1	1	0	1	EMPAT
	2	1	0	1	WINER
	3	1	1	2	WINER
2B	1	1	1	0	EMPAT
	2	0	0	1	NO
	3	1	2	0	WINER
3C	1	0	0	1	NO
	2	0	0	0	NO
	3	0	0	2	NO
4D	1	2	2	1	WINER
	2	1	0	1	WINER
	3	0	1	0	NO
5E	1	2	3	1	WINER
	2	1	1	0	NO
	3				
6F	1	1	2	2	NO
	2	2	2	5	WINER
	3	1	3	4	WINER
7G	1	0			
	2				
	3				
8H	1	2	2	2	WINER
	2	2	2	0	NO
	3	0	3	2	NO

Nº SUJ.	C. Nº	PUNTOS ASALTO			RESULTADO
		1º	2º	3º	
9i	1	0	0	0	NO
	2	0	0	0	NO
	3				
10J	1	1	1	1	WINER
	2	0	2	0	NO
	3	0	0	0	
11K	1	2	4	0	WINER
	2	1	1	2	
	3	3	2	3	
12L	1	0	0	0	NO
	2	1	0	6	WINER
	3				
13M	1	1	1	0	NO
	2	0	0	1	WINER
	3				
14N	1	1	4	5	WINER
	2	1	1	4	WINER
	3	3	1	5	WINER
15P	1	0	0	0	NO
	2	0	0	0	NO
	3	0	0	0	NO
16R	1	1	0	1	WINER
	2	1	1	2	NO
	3				

2.4.4. DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE LACTATO SANGUINEO.

Para la determinación de la concentración de lactato sanguíneo se extrajeron 10 µl de sangre del pulpejo del dedo previamente preparado. El procedimiento se realizó en los minutos 1, 3 y 5 de la recuperación tras cada combate con objeto de determinar su concentración máxima (LAC_{máx}). La muestra fue tratada y almacenada conforme a las especificaciones del fabricante para su posterior análisis por espectrofotometría (Dr. Lange Miniphotometer LP20) (figura 2.4.4.1).



Figura 2.4.4.1. Dr. Lange Miniphotometer LP20

El procedimiento fue realizado por personal sanitario especializado designados por la Federación Andaluza de Taekwondo. La extracción de las muestras a ambos taekwondistas se realizó a la vez.

2.4.5. DETERMINACION DE LA FRECUENCIA CARDIACA.

Durante la competición los sujetos fueron monitorizados con pulsómetros Polar Sport Tester S610 (figura 2.4.5.1), programados con un registro de la frecuencia cardiaca (FC) cada 5 segundos, procedimiento similar al utilizado en sus estudios por Bonitch, J. G. (2006); Bonitch, J (2007) y Butios y Tasika (2007). Se calculó la FC máxima (FC_{máx}) y media (FCM) para cada asalto y combate. Cada sujeto dispuso de su propio pulsómetro, previamente identificado y codificado para evitar interferencias entre ellos en el caso de los combates. La banda emisora (figura 2.4.5.2) se fijo al pecho del competidor mediante tela autoadhesiva (Oper fix, Barcelona), para evitar su movimiento con las acciones del combate (figura 2.4.5.3). El reloj receptor se fijó protegido en la espalda del competidor, sujeto al peto en su interior, en una zona no válida al golpeo (próximo a la columna) para evitar dañarlo durante la competición.



Figura 2.4.5.1. Polar Sport Tester S610.



Figura 2.4.5.2. Fijación de Banda emisora

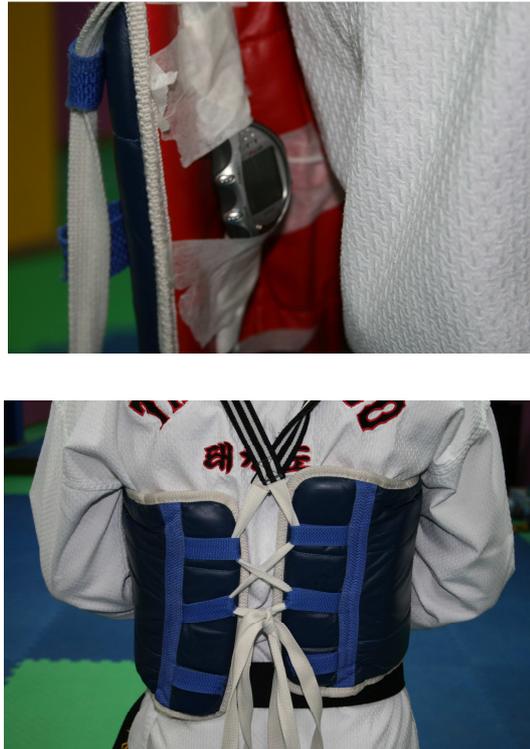


Figura 2.4.5.3. Fijación del reloj receptor.

Posteriormente la información era volcada mediante interface a un ordenador personal (ACER TravelMater 40001LMi), y tratados con el software correspondiente (Polar Precisión Performance 3.0).

2.4.6. DETERMINACION DE LA ESTRUCTURA TEMPORAL DEL COMBATE.

Todos los combates fueron filmados para su posterior análisis. Los combates se realizaron en un tapiz de competición reglamentario, con sistema tipo puzle DAEDO TM 30073, formado por planchas de 1x1 m reversibles (en color rojo-azul), para formar una superficie de combate de 8x8 m (figura 2.4.6.1). La densidad de las planchas (peso por unidad de volumen) era de 1,6 Kg_f/cm^3 , con una fuerza extensible de 19,8 Kg_f/cm^3 , y una capacidad de alargamiento de 120%. Las planchas disponían de tratamiento higiénico, aislamiento acústico y de humedad. Su composición fue de E.V.A. (Etileno-Vinilo-Acetato).



Figura 2.4.6.1 Tapiz puzzle y ubicación del video Digital JVC GZ-HD 10 EVERIO

Para la filmación se utilizó una cámara de video digital JVC GZ-HD10 EVERIO (figura 2.4.6.1) sincronizada con el cronómetro del pulsómetro. A partir de la grabación determinamos el tiempo total de combate (TT), resultado de la suma del tiempo real de combate (TR), del tiempo de interrupción temporal (TI) y del tiempo de detención temporal (TD) (Fig. 2.4.6.2).

$TT = TR + TI + TD$
$(> 7 \text{ min}) \quad (2+2+2 \text{ min}) \quad (> 0 \text{ s}) \quad (30+30 \text{ s})$

Figura 2.4.6.2. Duración total del combate. Adaptada de Bonitch (2006)

También nos permitió conocer el tiempo por cada interrupción temporal (TI) en cada asalto y en el total de los combates, como también el tiempo por cada secuencia de trabajo (TU) en cada asalto y en el total de los combates.

La cámara se fijó en un ángulo que permitió abarcar y captar el desarrollo completo del combate y el marcador de tiempo de la consola de control de puntos (figura 2.4.6.3).



Figura 2.4.6.3. Trípode de fijación (b) y Video Digital JVC GZ-HD10 EVERIO (a)

2.5. PROCEDIMIENTO.

El presente estudio se enmarca dentro de la línea de investigación que se viene desarrollando en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Granada por nuestro grupo de investigación “Análisis y Control del Rendimiento Deportivo (SEJ 438)”, sobre los requerimientos de las diferentes manifestaciones de fuerza en deportes de combate y lucha, y su relación con determinados indicadores de la fatiga.

La toma de datos se realizó durante el mes de julio del año 2009. Para la recogida de datos, se realizó una concentración de la selección andaluza, con el desarrollo de una competición de taekwondo, en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. La competición fue controlada por árbitros y cronometradores de la Federación Andaluza de Taekwondo.

El proceso de evaluación completo comprendió un total de 7 pruebas. Tanto los requerimientos temporales de cada prueba, como los requisitos metodológicos preestablecidos, justificaron que la evaluación constase de una única sesión, permitiendo que la valoración de cada sujeto se hiciera en las mismas condiciones de fatiga y temperatura, y que no interfiriera en el calendario de competiciones de los deportistas seleccionados.

Según el reglamento de la World Taekwondo Federation (WTF), la competición individual será normalmente entre competidores de la misma categoría de peso. Aunque específica, que cuando sea necesario, se podrán combinar categorías próximas para crear una clasificación única (art. 6.1.1. WTF). En este sentido, para la competición de este estudio se utilizaron las mismas divisiones por peso que para los Juegos Olímpicos, siendo estas las siguientes:

- Menos de 58 Kg.
- Menos de 68 Kg.
- Menos de 80 Kg.
- Más de 80 Kg.

Se permitió que el competidor 1ª, con 66,7 kg de peso, compitiera en la categoría de menos de 80 kg, tras la consulta con los técnicos y seleccionadores de la FAT, estableciéndose de esta forma grupos de peso de cuatro competidores (tabla 2.5.1).

Tabla 2.5.1. Cuadrante de combates por categorías de peso.

CATEGORIA	Nº COMBATE	HORA	PETO ROJO COMPETIDOR	PETO AZUL COMPETIDOR
-80	1	10:30	1A	2B
-80	2	10:45	3C	4D
+80	3	11:00	5E	6F
+80	4	11:15	7G	8H
-80	5	11:30	1A	3C
-80	6	11:45	2B	4D
+80	7	12:00	5E	7G
+80	8	12:15	6F	8H
-80	9	12:30	1A	4D
-80	10	12:45	2B	3C
+80	11	13:00	5E	8H
+80	12	13:15	6F	7G
DESCANSO		13:30	DESCANSO	
		15:00		

-58	13	15:30	9i	10J
-58	14	15:45	11K	12L
-68	15	16:00	13M	14N
-68	16	16:15	15P	16R
-58	17	16:30	9i	11K
-58	18	16:45	10J	12L
-68	19	17:00	13M	15P
-68	20	17:15	14N	16R
-58	21	17:30	9i	12L
-58	22	17:45	10J	11K
-68	23	18:00	13M	16R
-68	24	18:15	14N	15P

2.5.1. PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA DE DATOS. ORDEN DE ACTUACIONES.

1. En un día diferente y previo a la recogida de datos, se realizó una prueba piloto durante los entrenamientos de combate con competidores de la Selección Granadina de Taekwondo, con objeto de entrenar a los observadores y evaluar las posibles variables extrañas.
2. El día de la evaluación, se explicó a los sujetos del estudio el procedimiento, secuencia y ejecución técnica de las diferentes pruebas. Se les entregó a los responsables de la Federación un documento donde se recogía el consentimiento informado. Se realizó el pesaje y tallaje por el personal sanitario especializados. Los datos se anotaron en la hoja de registro. Se calcularon los pesos a utilizar en la evaluación de la potencia (50% del peso corporal). El sistema de registro de la FC fue colocado en las condiciones especificadas en el apartado correspondiente.
3. Se realizó un calentamiento general dirigido por los técnicos de la Federación Andaluza con una duración de 30 min, y un calentamiento

específico de 15 min, enfocado al combate. Se organizaron los calentamientos conforme los competidores se incorporaban a los combates.

4. Antes y después de cada combate, los dos taekwondistas pasaban por el sistema de medida de la potencia de piernas. Entre la evaluación de la potencia y el combate no transcurrió un tiempo superior a los 60 segundos en ningún caso. Inmediatamente después del test de potencia se obtenían la muestra de sangre para la determinación de la máxima concentración de lactato.
5. Se realizaron los tres combates, eliminándose del estudio aquellos que finalizaron antes del tiempo oficial establecido (KO, abandonos por lesión, etc.) para evitar que la reducción del tiempo de combate de esos competidores afectara a la fatiga acumulada entre asaltos y entre combates.

2.5.1.1. Protocolo de recogida de datos para la obtención del valor de la producción y aclaramiento de lactato después de los combates.

En los minutos 1, 3, 5, después de los combates, se tomaron 10 μl de sangre venosa del pulpejo del dedo índice de la mano, a partir de una pequeña incisión realizada con una lanceta en la cara interna de este. La muestra de sangre fue absorbida por capilaridad en un capilar hasta enrasar el volumen necesario, y posteriormente vertido en la disolución indicada por el fabricante con la que fue mezclada y guardada en un contenedor refrigerado. Las muestras se analizaron en las 24 horas después mediante el sistema del Dr. Lange utilizando un medio fotoenzimático. El máximo valor obtenido fue el considerado como la máxima concentración de lactato en $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.

2.5.1.2. Protocolo de recogida de datos de la frecuencia cardiaca (FC) durante los combates.

Cada sujeto llevaba un cardiotacómetro codificado. Al inicio de cada uno de los combates y al borde del tapiz, un colaborador ponía en marcha el pulsómetro y lo detenía al finalizar el mismo. Este proceso era registrado por el sistema de filmación.

Los registros de los pulsómetros de la competición se exportaron a un ordenador personal (Acer TravelMate 4000), mediante un interface (Polar SF-90 440 Finland) y el software pertinente (Polar Precisión Performance 3.0).

El análisis de la FC se llevó a cabo conjuntamente con el visionado de todos los combates. Se diferenciaron los registros de la fase de trabajo y de la fase de detención temporal o tiempo de descanso. Entendemos como fase de trabajo el tiempo comprendido entre la locución del árbitro *Shi-jak* (comenzar) en el primer asalto, y *Keu-man* (final) tras los 2 minutos del tercer asalto, periodo en el que los competidores están combatiendo intercambiando golpes. Como fase de detención temporal consideramos el periodo en el que no combatían (TD).

2.5.1.3. Protocolo y recogida de datos para el conocimiento de la estructura temporal de los combates.

Con el fin de estudiar la estructura temporal, todos los combates fueron filmados con la cámara de video digital, sincronizada con el cronómetro del pulsómetro. Se anotó el tiempo de inicio y fin de cada combate, el sujeto y número de polar que portaba, así mismo el archivo correspondiente a ese competidor (se asignó archivo 1 a los combates de la mañana y archivos 2 y 3 a los de la tarde).

El tiempo real de los combates (TR), tanto en cada asalto (TRA) como en el total del combate, fue controlado y dirigido por cronometradores oficiales, a través de marcadores electrónicos. Mediante el visionado de los videos analizamos las siguientes variables de la estructura temporal de los combates:

- TT: El tiempo total del combate (s).
- TRA: Tiempo real del asalto (s).
- TIA: Tiempo total de pausas en cada asalto y en el total de los asaltos y combates (s).
- TU: Tiempo útil de trabajo, o duración de las acciones de ataque-contrataque, en cada asalto (TUA) y en el total de los asaltos y combates (TUC), (s).
- TSC: Tiempo de cada secuencia de trabajo en cada asalto y en el total de los asaltos y combates (s).
- NSC: Número de secuencias de trabajo en cada asalto (NSA) y en el total de los asaltos y combates.
- PW: Watios de potencia obtenidos por un golpe válido y tipo de golpe que los consiguió (w).
- TP: Total de puntos obtenidos en cada asalto y en el total de los asaltos y combates.
- TEA: Tiempo de espera activa en cada asalto y en el total de los asaltos y combates (s).

Todos los análisis de video fueron realizados por el mismo especialista con el fin de mantener la confiabilidad del proceso. Para el entrenamiento del observador se le hizo analizar los mismos combates en sesiones diferentes y se comprobó que no existían diferencias significativas entre las mediciones.

Se estableció como criterio de inicio del tiempo de trabajo el momento en el que uno de los dos competidores iniciaba una acción de ataque, y como

fin, el momento en el que el árbitro central paraba el combate o cuando los competidores llegaban al cuerpo a cuerpo deteniendo la acción ofensiva-defensiva.

Tabla 2.5.1.3.1. Ficha de control de video

COMBATE Nº: 3 (5E ROJO) Vs (6F AZUL)							TOTAL
INICIO: 12:22	TT: 8'		TUC: 1'21''64c		NºSC: 37		
FINAL:12:30	ASALTO 1		ASALTO 2		ASALTO 3		
5E Vs 6F	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	
	5E/ROJO	6F/AZUL	5E/ROJO	6F/AZUL	5E/ROJO	6F/AZUL	
	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	
	1/159 B	2/125 B	5/133 P	4/166 B		9/141P	
	3/109 P		6/218 B	8/125 B	10/133 B	11/155 B	
			7/109 P				
TOTAL PUNTOS	2	1	3	2	1	2	6R/5A
TRA	2'		2'6''		2'		6'06''
TIA	0		6''		0		6''
TUA	28'' 42c		25'' 01c		28'' 21c		1'21''64c
NSA	12		12		13		37

Tabla 2.5.1.3.2. Ficha de registro de TSC

SECUENCIAS POR ASALTO COMBATE 3							
ASALTO 1	1''73c	1''58c	1''29c	1''43c	2''39c	1''3c	1''53c
	2''03c	10''17c	1''13c	1''58c	2''06c		
ASALTO 2	1''68c	71c	1''62c	4''19c	1''25c	1''43c	3''31c
	1''46c	4'' 31c	2''18c	1''71c	1''16c		
ASALTO 3	1''40c	1''98	1''31c	4''35c	1''74c	2''3c	2''
	1''46c	1''29c	1''	3''47c	3''9c	2''01c	

2.5.1.4. Protocolo de recogida de datos para la evaluación de la Potencia Máxima (PM_{áx}), la Máxima Producción de Fuerza (MPF) y la velocidad gestual (v), después de los combates.

A 10 m de la zona de seguridad del tapiz de competición se montaron los 2 sistemas de medida de las variables mecánicas durante la media sentadilla.

Se explicó a los sujetos el procedimiento y se realizaron varios ensayos para familiarizar a estos con el funcionamiento de los aparatos antes del inicio de la fase experimental. Se dividieron los sujetos en dos grupos (uno por cada Multipower). Antes del inicio del combate inicial, se tomaron referencias para establecer el punto máximo donde debía descender la barra en cada caso (según la altura del competidor), anotándose en la ficha de recogida de datos. Este proceso se repitió en cada combate para comprobar y asegurar la marca definida para cada sujeto.

Se estableció como carga a desplazar el 50 % del peso corporal del sujeto anotándose en la ficha de recogida de datos.

Inmediatamente antes y después de los combates, los competidores realizaron el ejercicio de Squat 90° con el peso definido. Con la barra sobre los hombros realizaron una flexión de piernas hasta que esta alcanzó la marca establecida para cada sujeto, manteniendo esta posición durante 2 s, de forma isométrica y evitando el contramovimiento. Se indicó al sujeto el inicio del movimiento a la mayor velocidad posible y sin elevar los talones del suelo (sin saltar).

De las repeticiones realizadas se tomó la que mostró el mayor registro de potencia, obteniéndose para esa misma repetición el valor de velocidad y fuerza media asociados, como el tiempo en alcanzar la velocidad y fuerza picos.

2.6. ANALISIS ESTADISTICO.

Los datos son expresados como media y desviación estándar (SD). El análisis de distribución de frecuencias se ha realizado mediante el test de Shapiro-Wilk. El efecto de la sucesión de los combates (1, 2 ó 3), el momento de determinación de la medida (antes o después de cada combate), como su interacción sobre las variables de estudio se ha realizado mediante un modelo lineal de medidas repetidas ajustado a 1 y/o 2 factores de análisis (combate con 3 niveles, momento con 2 y momento *combate). La penalización Greenhouse-Geisser se empleó, en el caso de un test de esfericidad de Mauchly significativo. En caso de Anova significativo se empleó el test de Sidak en el análisis de los pares. En las variables con distribución no normal hemos empleado el test de Friedman para la determinación de la significación global. En el caso de un test de Friedman positivo, las comparaciones por pares se ha realizado mediante el método de Tukey, donde para $f=\infty$; $K=3$, la $t_{5\%}=2,34$; $t_{1\%}=2,91$, con una Z_{exp} calculada a partir de la siguiente fórmula:

$$Z_{exp} = \frac{|R_i - R_j|}{\sqrt{C \times t \times r \times (r+1) / 6}}$$

La comparación de las variables no normales en el momento antes vs después se realizaron con un Wilcoxon penalizado con un $\alpha/3$. Para el resto de combinaciones se ha empleado un test de comparación de medias para datos relacionados. El test de Pearson o de Sperman se empleó para el estudio de la asociación entre las variables. Se ha mantenido un intervalo de confianza del 95%.



Universidad de Granada

CAPITULO III

RESULTADOS



CAPITULO III: RESULTADOS

Los datos son presentados siguiendo los siguientes apartados: análisis de la estructura temporal, variables mecánicas y variables biológicas.

Al objeto de estudiar cómo incide una competición de taekwondo (variable independiente) sobre las variables mecánicas y biológicas y de estructura temporal que determinan el rendimiento en competición (variables dependientes), organizamos un simulacro de competición con 3 combates por taekwondista. La duración media de los combates fue de 8 min y 16 s, alcanzándose una FCM por combate de 186 lpm y una concentración de Lacmax tras los combates de $9.633 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.

En este apartado de resultados, en primer lugar analizaremos la estructura temporal del combate: número de secuencias de ataque-contrataque en el combate y asalto (NSC; NSA) y duración de estas en el asalto (TSA); tiempo de espera activa (TEA); tiempo de interrupción temporal del combate (TI) y tiempo útil del asalto y combate (TUA; TUC). Las variables que describirán el comportamiento de la potencia serán: La potencia pico (PP), la potencia media (PM) y el tiempo a la potencia pico (TPP), medidas antes y después de cada uno de los combates. También se mostrará la potencia de pegada durante los combates (P) y su asociación con las potencias alcanzadas

fuera del tatami. A continuación expondremos las variables que determinan el desarrollo de la potencia: velocidad media (VM), tiempo a la velocidad pico (TVP), fuerza media (FM) y el tiempo a la fuerza pico (TFP). Las variables biológicas que se muestran al final de este apartado son: la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) y media (FCM) de cada asalto y la máxima concentración de lactato (LACmáx). Las asociaciones más relevantes entre las variables dependientes se muestran en las Tablas finales.

3.1 ANÁLISIS TEMPORAL DEL COMBATE

La descripción de la estructura temporal del combate se muestra en las Tablas 3.1.1 a 3.1.3. Los resultados se muestran como datos medios del total de los 21 combates analizados. El combate mostró como promedio media un tiempo útil (TUC) de 71.70 ± 22.50 s con 25.81 ± 5.43 secuencias de ataque-contraataque (Tabla 3.1.1). La distribución de secuencias y su duración por asalto se muestra en las Tablas 3.1.2 y 3.1.3.

El tiempo útil de los asaltos (TUA) oscila entre 23.41 y 24.52 s, distribuidos entre 8.71 y 8.85 secuencias por asalto.

Tabla 3.1.1. Media en s y desviación estándar del tiempo útil del combate y número de secuencias de ataque-contraataque.

	NSC	TUC
MEDIA	25.81	71.70
SD	5.43	22.50

NSC = Número de secuencias en el combate. TUC = Tiempo útil del combate

Tabla 3.1.2. Media en s y desviación estándar del tiempo útil del asalto, duración y número de las secuencias de ataque-contraataque en los asaltos 1º, 2º y 3º.

		ASALTO 1	ASALTO 2	ASALTO 3
TUA	MEDIA (s)	23.41	23.77	24.52
	SD	7.84	9.96	9.81
TSA	MEDIA (s)	2.67	2.73	2.96
	SD	0.70	0.90	0.70
NSA	MEDIA	8.71	8.71	8.85
	SD	2.30	2.30	2.90

TUA = Tiempo útil del asalto. TSA = Duración de las secuencias del asalto. NSA = Número de secuencias de ataque-contraataque del asalto.

Tabla 3.1.3. Media en s y desviación estándar del tiempo de espera activa y tiempo de interrupción temporal para los asaltos 1º, 2º y 3º.

		ASALTO 1	ASALTO 2	ASALTO 3
TEA	MEDIA (s)	106.02	99.66	98.86
	SD	18.90	20.60	30.10
TI	MEDIA (s)	22.01	21.09	20.70
	SD	16.60	24.35	14.89

TEA = Tiempo de espera activa. TI = Tiempo de interrupción temporal del asalto

3.2. POTENCIA PICO (PP).

Los resultados descriptivos del grupo para la potencia pico antes (PPA) muestran un valor medio alcanzado en los combates de 763,083 w y de 805,417 w para la de después (PPD) (Tabla 3.2.1).

Tabla 3.2.1. Media y SD de los resultados de Potencia Pico alcanzados durante los 3 combates.

	PPA1	PPD1	PPA2	PPD2	PPA3	PPD3
MEDIA (W)	808.750	799.375	728.375	841.625	752.125	775.250
SD	247.805	215.182	143.414	130.004	143.990	163.557

PPA1 = Potencia pico antes del combate 1; PPD1= Potencia pico después del combate 1. PPA2 = Potencia pico antes del combate 2; PPD2= Potencia pico después del combate 2. PPA3 = Potencia pico antes del combate 3; PPD3= Potencia pico después del combate 3.

El test global no muestra un efecto del combate ($F=0.798$; $P=0.470$), del momento ($F=2.403$; $P=0.165$), o de la interacción de ambos ($F=1.257$; $P=0.315$) sobre la PP. El análisis de los pares realizados confirman este resultado (Tablas 3.2.2 y 3.2.3).

Tabla 3.2.2. Resultado del efecto del combate sobre la Potencia Pico. Comparación por pares.

Combate	Combate	P	IC (95 %)	
			inferior	Superior
C-1	C-2	0.935	-88.170	126.295
	C-3	0.701	-80.234	160.984
C-2	C-1	0.935	-126.295	88.170
	C-3	0.677	-39.846	82.471
C-3	C-1	0.701	-160.984	80.234
	C-2	0.677	-82.471	39.846

P = significación estadística; IC = Intervalo de confianza; C-1 = combate 1; C-2 = combate 2; C-3= combate 3

Tabla 3.2.3. Resultado del momento, antes vs después, sobre la potencia pico.

Momento	Momento	P	IC (95 %)	
			Inferior	Superior
Antes	Después	0.165	-106.903	22.236
Después	Antes	0.165	-22.236	106.903

P = significación estadística; IC = Intervalo de confianza

Si analizamos por separado los factores de estudio, las PPA y las PPD registran un comportamiento similar a lo largo de los tres combates ($P=0.199$; $F=1.815$ y $P=0.528$; $F=0.668$ para PPA y PPD respectivamente). El desglose de las diferencias entre los combates se muestra en la Tabla 3.2.4.

Tabla 3.2.4. Análisis del efecto del combate sobre la potencia pico.

	Combate	Combate	P	IC (95 %)		P _{Global}
				Inferior	Superior	
PPA	C-1	C-2	0.311	-59.579	220.329	0.199
		C-3	0.665	-102.961	216.211	
	C-2	C-3	0.856	-122.000	74.500	
PPD	C-1	C-2	0.831	-205.653	121.153	0.528
		C-3	0.981	-186.411	234.661	
	C-2	C-3	0.580	-99.006	231.756	

P = significación estadística; IC = Intervalo de confianza; P_{Global} = significación estadística global; C-1 = combate 1; C-2 = combate 2; C-3 = combate 3.

Tabla 3.2.5. Análisis del momento sobre la potencia pico registrada en cada combate.

		Media (w)	SD	IC (95%)		t	P
				Inferior	Superior		
Par 1	PPA1	767.429	188.691	-132.356	45.070	-1.063	0.307
	PPD1	811.071	162.354				
Par 2	PPA2	731.154	124.860	-176.231	-88.539	-6.579	0.000
	PPD2	863.538	149.320				
Par 3	PPA3	802.900	168.169	-130.799	98.399	-0.320	0.756
	PPD3	819.100	177.505				
Par 4	PPA1	814.000	225.900	-156.683	146.483	-0.076	0.941
	PPD3	819.100	177.505				

PPA1 = Potencia pico antes del combate 1; **PPD1** = Potencia pico después del combate 1. **PPA2** = Potencia pico antes del combate 2; **PPD2** = Potencia pico después del combate 3. **PPA3** = Potencia pico antes del combate 3; **PPD3** = Potencia pico después del combate 3. **P** = significación estadística; **IC** = Intervalo de confianza; **SD** = Desviación Estándar; **t** = Valor del estadístico t.

Los resultados correspondientes al efecto del momento de registro de la potencia pico se muestran en la Tabla 3.2.5. La comparación por pares indica en el combate 2 un incremento significativo de la PP registrada después del combate (731.15 ± 124.86 vs 863.54 ± 149.32 w para PPA y PPD respectivamente; $t = -6.579$; $P = 0.000$), sin que se llegue a alcanzar significación estadística en el resto de las comparaciones realizadas ($P > 0.05$).

3.3. POTENCIA MEDIA (PM).

Los resultados descriptivos del grupo para la Potencia Media se muestran en la Tabla 3.3.1, habiendo obtenido un valor promedio de la PM Antes (PMA) de 316.792 w y de 345.083 w en la de después (PMD).

Tabla 3.3.1. Media y SD de los resultados de PM alcanzados antes y después de los combates.

	PMA1	PMD1	PMA2	PMD2	PMA3	PMD3
MEDIA (W)	303.000	337.125	325.375	355.000	322.000	343.125
SD	89.401	96.021	66.494	85.328	64.109	82.859

PMA1 = Potencia Media antes del combate 1; **PMD1**= Potencia Media después del combate 1. **PMA2** = Potencia Media antes del combate 2; **PMD2**= Potencia Media después del combate 2. **PMA3** = Potencia Media antes del combate 3; **PMD3**= Potencia Media después del combate 3.

El test global muestra un efecto del momento del combate sobre la PM ($F=21.655$; $P=0.002$), sin que se observe efecto del combate ($F=0.582$; $P=0.572$), ni de interacción entre ambas ($F=0.073$; $P=0.930$) sobre la PM. El análisis de los pares se muestra en las Tablas 3.3.2 y 3.3.3, confirmando estos resultados.

Tabla 3.3.2. Resultado del efecto del combate sobre la Potencia Media. Comparación por pares.

Combate	Combate	P	IC (95 %)	
			inferior	Superior
C-1	C-2	0.688	-78.891	38.641
	C-3	0.917	-76.887	51.887
C-2	C-1	0.688	-36.641	78.891
	C-3	0.962	-44.692	59.942
C-3	C-1	0.917	-51.887	76.887
	C-2	0.962	-59.942	44.692

P = Significación estadística; *IC* = Intervalo de confianza; **C-1** = Combate 1;
C-2 = Combate 2; **C-3** = Combate 3

Tabla 3.3.3 Resultado del momento, antes vs después, sobre la Potencia Media.

Momento	Momento	P	IC (95 %)	
			Inferior	superior
Antes	Después	0.002	-42.668	-13.916
Después	Antes	0.002	13.916	42.668

P = Significación estadística; IC = Intervalo de confianza

Sin embargo, cuando se analizan los factores de agrupación por separado, el comportamiento de la PMA y la PMD no muestran un efecto del combate ($F=1.609$ y $P=0.231$; $F=0.505$ y $P=0.613$ para PMA y PMD respectivamente). El desglose de las diferencias entre los combates se muestra en la Tabla 3.3.4.

Tabla 3.3.4. Análisis del efecto del combate sobre la Potencia Media.

Combate	Combate	P	IC (95 %)		PGlobal
			inferior	superior	
PMA	C-1	0.420	-61.423	20.090	0.231
	C-3	0.493	-59.071	21.737	
	C-2	0.997	-30.864	34.864	
PMD	C-1	0.623	-109.785	48.451	0.613
	C-3	0.970	-109.233	82.789	
	C-2	0.942	-82.032	116.921	

P = Significación estadística; IC = Intervalo de confianza; PGlobal = Significación estadística global; C-1 = Combate 1; C-2 = Combate 2; C-3 = Combate 3

El análisis comparativo de la PMA vs PMD en cada uno de los combates por separado, tampoco ha mostrado diferencias significativas (Tabla 3.3.5.). La ausencia de cambio entre la PMA1 del primer combate vs la PMD3 del tercer combate, indica que ni el combate, ni la acumulación de combates parecen afectar al comportamiento de la PM de las piernas. La significación que se observó en los test globales global es debida a diferencias en pares que no son de interés para este estudio.

Tabla 3.3.5. Análisis del momento sobre la Potencia Media registrada en cada combate.

		Media (w)	SD	IC (95%)		F	P
				Inferior	Superior		
Par 1	PMA1	296.500	70.636	-64.115	14.115	2.172	0.179
	PMD1	337.286	72.328				
Par 2	PMA2	321.769	60.560	-85.927	15.927	2.512	0.152
	PMD2	349.615	85.113				
Par 3	PMA3	346.600	77.299	-62.694	23.583	1.093	0.326
	PMD3	353.500	78.246				
Par 4	PMA1	317.000	85.881			Z= -1.682	0.093
	PMD3	353.500	78.246				

PMA1 = Potencia Media antes del combate 1; **PMD1** = Potencia Media después del combate 1. **PMA2** = Potencia Media antes del combate 2; **PMD2** = Potencia Media después del combate 2. **PMA3** = Potencia Media antes del combate 3; **PMD3** = Potencia Media después del combate 3. **P** = Significación estadística; **IC** = Intervalo de confianza; **SD** = Desviación Estándar; **F y Z** = Valor del estadístico.

En el análisis de la distribución del valor de la PMA alcanzada antes de los diferentes combates, el 75 % de la muestra registró el valor máximo en el tercer combate ($P < 0.05$).

3.4. POTENCIA DE PEGADA EN EL COMBATE

Los resultados correspondientes a la potencia de pegada durante los combates se muestra en la Tabla 3.4.1. Para puntuar se necesitaba generar una potencia superior a los 100 w.

Tabla 3.4.1. Media y desviación estándar de la potencia de pegada durante los tres combates.

	PC1	PC2	PC3
MEDIA (W)	147.40	153.454	175.347
SD	24.689	31.090	45.142

PC1 = Potencia media desarrollada por las patadas puntuables del combate 1; PC2 = Potencia media desarrollada por las patadas puntuables del combate 2; PC3 = Potencia media desarrollada por las patadas puntuables del combate 3.

El análisis del test global no muestra un efecto del combate sobre la potencia de pegada ($F= 2.139$; $p= 0.168$). La comparación por pares de los combates ratifican este resultado (Tabla 3.4.2)

Tabla 3.4.2. Resultado del efecto del combate sobre la potencia de pegada. Comparación por pares.

Combate	Combate	P	IC (95 %)	
			inferior	Superior
C-1	C-2	0.626	-44.969	29.858
	C-3	0.166	-99.772	22.596
C-2	C-1	0.626	-29.858	44.969
	C-3	0.179	-82.084	20.020
C-3	C-1	0.166	-22.596	99.772
	C-2	0.179	-20.020	82.084

P = significación estadística; IC = Intervalo de confianza; C-1 = combate 1; C-2 = combate 2; C-3= combate 3

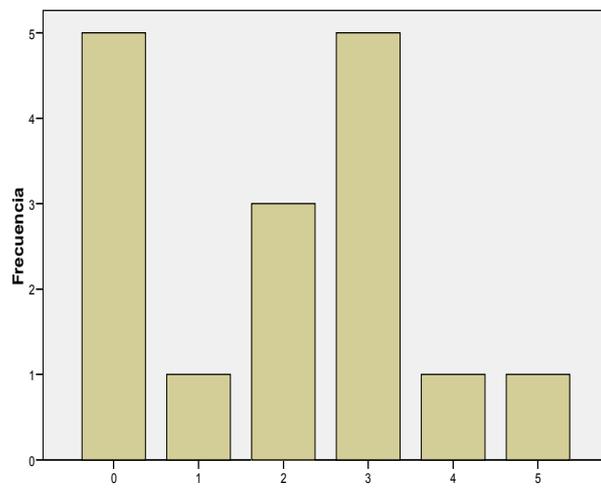
En esta disciplina deportiva se puede puntuar con los puños o con los pies. Del total de puntos acumulados, se marcaron 8 con golpe de puño y 31 de patada en el combate 1; 9 de puño y 24 de patada en el combate 2 y 5 de puño y 27 de patada en el combate 3. Aunque los puntos acumulados en los tres combates son similares ($P>0.05$), la distribución de la puntuación entre los taekwondistas no es proporcional a lo largo de los 3 combates (Tabla 3.4.3). En el caso de los puntos marcados por patada, el análisis de χ^2 muestra una significación asintótica de $P=0.0048$ en el combate 3, siendo el valor de $P>0.05$ en los combates 1 y 2. Para los puntos conseguidos por puño, la distribución es significativamente diferente en los tres combates ($P<0.01$). Los resultados obtenidos indican que a medida que se suceden los combates los puntos obtenidos por patada se acumulan más en unos taekwondistas que en otros, tal y como se refleja en la evolución de la mediana de un combate a otro.

Tabla 3.4.3. Mediana, y media de los puntos acumulados por patada durante los tres combates

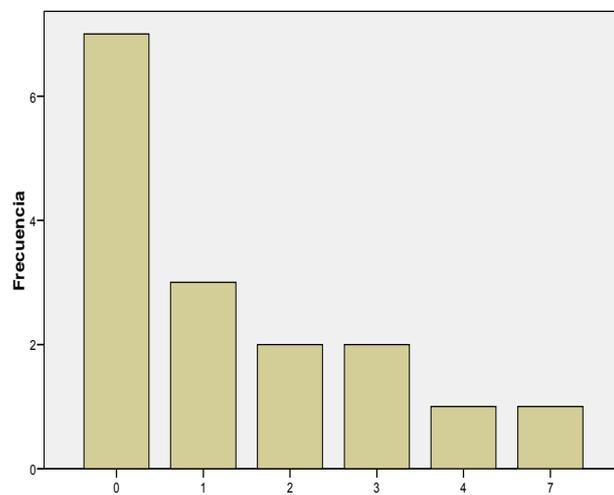
	PC1	PC2	PC3
MEDIANA	2.00	1.00	0.50
MEDIA (W)	1.94	1.50	1.69
SD	1.61	1.96	2.24

PC1 = Potencia media desarrollada por las patadas puntuables del combate 1; PC2 = Potencia media desarrollada por las patadas puntuables del combate 2; PC3 = Potencia media desarrollada por las patadas puntuables del combate 3.

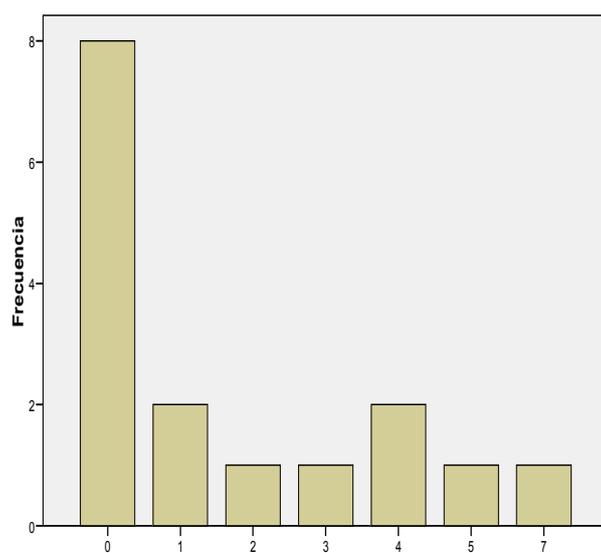
La distribución de los puntos obtenidos por patadas puntuables se refleja en las figuras 3.4.1. Las gráficas muestran el cambio significativo en la distribución de puntos por luchador en cada combate. Mientras que en el combate 1 sólo hay dos sujetos que consiguen más de 4 puntos, en el combate 3, 2 marcaron 4 puntos, 1 marcó 5 y 1 marcó 7.



C1



C2



C3

Figuras 3.4.1. Distribución de los puntos obtenidos por patada en cada combate.

3.5 TIEMPO A LA POTENCIA PICO (TPP).

Los resultados correspondientes al TPP se muestran en la Tabla 3.5.1. La muestra presenta un TPP promedio durante el gesto analizado de 0.390 s antes y de 0.391s para después de los combates.

Tabla 3.5.1. Media y SD de los resultados del Tiempo a la Potencia Pico antes y después de cada combate.

	TPPA1	TPPD1	TPPA2	TPPD2	TPPA3	TPPD3
MEDIA (s)	0.417	0.398	0.378	0.369	0.374	0.406
SD	0.087	0.144	0.092	0.127	0.067	0.090

TPPA1 = Tiempo a la Potencia Pico antes del combate 1; TPPD1 = Tiempo a la Potencia Pico después del combate 1. TPPA2 = Tiempo a la Potencia Pico antes del combate 2; TPPD2 = Tiempo a la Potencia Pico después del combate 2. TPPA3 = Tiempo a la Potencia Pico antes del combate 3; TPPD3 = Tiempo a la Potencia Pico después del combate 3.

El análisis del test global no muestra un efecto del combate ($F=0.348$; $P=0.712$), del momento ($F=0.004$; $P=0.952$) o de la interacción de ambos ($F=0.678$; $P=0.523$) sobre el tiempo que tardan en alcanzar los taekwondistas la Potencia Pico. El análisis de los pares confirma estos resultados (Tablas 3.5.2 y 3.5.3).

Tabla 3.5.2. Efecto del combate sobre el Tiempo a la Potencia Pico. Comparación por pares.

Combate	Combate	P	IC (95 %)	
			inferior	Superior
C-1	C-2	0.811	-0.091	0.159
	C-3	0.978	-0.131	0.166
C-2	C-1	0.811	-0.159	0.091
	C-3	0.954	-0.119	0.087
C-3	C-1	0.978	-0.166	0.131
	C-2	0.954	-0.087	0.119

P = Significación estadística; IC = Intervalo de confianza; C-1 = Combate 1;

C-2 = Combate 2; C-3= Combate 3

Tabla 3.5.3. Efecto del momento (antes y después) sobre Tiempo a la Potencia Pico.

Momento	Momento	P	IC (95 %)	
			Inferior	superior
Antes	Después	0.952	-0.028	0.026
Después	Antes	0.952	-0.026	0.028

P = significación estadística; IC = Intervalo de confianza

Si analizamos por separado los factores asociados a la variable el TPP antes y después no muestra cambios durante los tres combates ($F=0.836$; $P=0.454$ y $F=0,251$; $P=0.781$ para el TPP antes vs después respectivamente) (Tabla 3.5.4.).

Tabla 3.5.4. Análisis del efecto del combate sobre el Tiempo a la Potencia Pico.

	Combate	Combate	P	IC (95 %)		PGlobal
				inferior	superior	
TPPA	C-1	C-2	0.804	-0.101	0.178	0.454
		C-3	0.593	-0.067	0.154	
	C-2	C-3	0.998	-0.083	0.093	
TPPD	C-1	C-2	0.903	-0.113	0.172	0.781
		C-3	0.999	-0.220	0.204	
	C-2	C-3	0.860	-0.193	0.119	

TPPA = Tiempo a la potencia pico antes del combate; TPPD = Tiempo a la potencia pico después del combate; P = Significación estadística; IC = Intervalo de confianza; PGlobal = Significación estadística global; C-1 = Combate 1; C-2 = Combate 2; C-3 = Combate 3

El análisis comparativo entre el TPP antes vs después en cada uno de los combates tampoco ha mostrado cambios importantes (Tabla 3.5.5.), por lo que ni el combate ni la sucesión de combates afectan al tiempo que tarda el Taekwondista en alcanzar su PP.

Tabla 3.5.5. Análisis del efecto momento del combate sobre el Tiempo a la Potencia Pico.

		MEDIA	SD	IC (95 %)		F	P
				inferior	superior		
C-1	TPPA	0.417	0.087	-0.057	0.096	0.356	0.569
	TPPD	0.398	0.144				
C-2	TPPA	0.379	0.092	-0.065	0.085	0.107	0.753
	TPPD	0.386	0.127				
C-3	TPPA	0.374	0.067	-0.086	0.023	1.909	0.210
	TPPD	0.406	0.090				

TPPA = Tiempo a la potencia pico antes del combate; *TPPD* = Tiempo a la potencia pico después del combate; *SD* = desviación estándar; *P* = Significación estadística; *IC* = Intervalo de confianza; *global*; **C-1** = Combate 1; **C-2** = Combate 2; **C-3** = Combate 3.

3.6. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES QUE DETERMINAN EL DESARROLLO DE LA POTENCIA: VELOCIDAD Y FUERZA.

3.6.1 VELOCIDAD MEDIA Y TIEMPO A LA VELOCIDAD PICO.

En la Tabla 3.6.1.1 presentamos los estadísticos de la variable Velocidad Media (VM), para los combates analizados y el momento en el que se toman. Los resultados descritos muestran una Velocidad Media de $0.799 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, una velocidad media para antes (VMA) de los combates de $0.750 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y una velocidad media para después (VMD) de los combates de $0.847 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabla 3.6.1.1. Media y SD de los resultados de Velocidad Media alcanzados antes y después de los sucesivos combates en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

	VMA1	VMD1	VMA2	VMD2	VMA3	VMD3
MEDIA ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0.708	0.776	0.767	0.883	0.812	0.833
SD	0.104	0.124	0.086	0.078	0.067	0.091

VMA1 = Velocidad Media antes del combate 1; **VMD1** = Velocidad Media después del combate 1. **VMA2** = Velocidad Media antes del combate 2; **VMD2** = Velocidad Media después del combate 2. **VMA3** = Velocidad Media antes del combate 3; **VMD3** = Velocidad Media después del combate 3.

La velocidad media antes y después de cada combate presenta una distribución no normal. El test de Friedman indica un efecto general de la sucesión de los combates sobre la velocidad media ($P=0.006$). Si la analizamos por momentos, se observa un efecto de la sucesión de los combates sobre la VMA, incrementándose a medida que se suceden los combates ($P=0.002$). Sin embargo la VMD no muestra cambios significativos ($P=0.197$).

En el análisis por pares muestra sólo un incremento significativo de la VMA del combate 3 respecto a la del 1 $P<0.01$ ($Z_{exp}=3.41$; $t_{1\%}=2.91$; para $f=\infty$ y $K=3$). No hemos observados cambios significativos al comparar las velocidades medias antes de los combates con las de después ($P>0.016$).

En la Tabla 3.6.1.2 se reflejan los resultados correspondientes al tiempo a la velocidad pico (TVP) en segundos, y distribuidos por momento y por combate. El TVP medio observado fue de 0.408 s para antes de los combates y de 0.404 s. para después.

Tabla 3.6.1.2. Media y SD de los resultados Tiempo a la Velocidad Pico alcanzados antes y después de los sucesivos combates.

	TVPA1	TVPD1	TVPA2	TVPD2	TVPA3	TVPD3
MEDIA (s)	0.434	0.408	0.395	0.380	0.386	0.424
SD	0.077	0.150	0.079	0.121	0.057	0.078

TVPA1 = Tiempo a la Velocidad Pico antes del combate 1; TVPD1= Tiempo a la Velocidad Pico después del combate 1. TVPA2 = Tiempo a la Velocidad Pico antes del combate 2; TVPD2= Tiempo a la Velocidad Pico después del combate 2. TVPA3 = Tiempo a la Velocidad Pico antes del combate 3; TVPD3= Tiempo a la Velocidad Pico después del combate 3.

No hemos observado un efecto global del combate y momento sobre el TVP ($\chi^2 = 7.238$; $P=0.204$). Si analizamos por separado los factores, tampoco hemos observado cambios de interés en esta variable ($\chi^2=2.457$; $P=0.293$ y $\chi^2=1.750$; $P=0.417$ para el TVP antes y después del combate respectivamente). Dado un test de Friedman no significativo no se han realizado las comparaciones por pares.

3.6.2. FUERZA MEDIA y TIEMPO A LA FUERZA PICO.

En las Tablas 3.6.2.1 y 3.6.2.2 presentamos los estadísticos de la variable fuerza media (FM) y el tiempo a la fuerza pico respectivamente, para los combates analizados y el momento en el que se toma.

Los resultados descritos muestran una fuerza media para antes de los combates de 377.856 N y una fuerza media para después de los combates de 381.427 N. La fuerza media total fue de 379.450 N para el ejercicio realizado.

Tabla 3.6.2.1. Media y SD de los resultados de la Fuerza Media en Newton, alcanzados antes y después de los sucesivos combates.

	FMA1	FMD1	FMA2	FMD2	FMA3	FMD3
MEDIA (N)	376.427	376.857	377.571	385.857	379.571	380.714
SD	82.206	78.686	81.386	76.983	75.619	79.822

FMA1 = Fuerza Media antes del combate 1; **FMD1**= Fuerza Media después del combate 1. **FMA2** = Fuerza Media antes del combate 2; **FMD2**= Fuerza Media después del combate 2. **FMA3** = Fuerza Media antes del combate 3; **FMD3**= Fuerza Media después del combate 3.

El test global no muestra un efecto del combate ($F= 1.124$; $P=0.357$) sobre la FM, pero si del momento ($F=6.792$; $P=0.040$) observándose una tendencia al incremento de la FM de después de los combates respecto a la previa. No hemos registrado efecto de interacción ($F= 3.111$; $P=0.082$).

Tabla 3.6.2.2. Efecto del combate sobre la Fuerza Media. Comparación por pares.

Combate	Combate	P	IC (95 %)	
			inferior	Superior
C-1	C-2	0.675	-20.140	9.997
	C-3	0.553	-12.191	5.191
C-2	C-1	0.675	-9.997	20.140
	C-3	0.932	-7.532	10.674
C-3	C-1	0.553	-5.191	12.191
	C-2	0.932	-10.674	7.532

P = Significación estadística; **IC** = Intervalo de confianza; **C-1** = Combate 1; **C-2** = Combate 2; **C-3**= Combate 3

Si analizamos por separado el efecto de la sucesión de combates (1º, 2º y 3º) sobre la variable momento del combate (antes vs después) los resultados muestran que no hay cambios significativos en la FMA ($F=0.277$; $P=0.763$), ni en la de después FMD ($F=3.467$; $P=0.065$). Si analizamos el momento, la FM del combate 2 es la única que presenta una diferencia importante entre antes y después del combate, llegando a alcanzar significación estadística ($F=9.141$; $P=0.023$), siendo la FM en el resto de los combates similares.

El comportamiento del tiempo hasta alcanzar la fuerza pico (TFP) se muestra en la Tabla 3.6.2.3.

Tabla 3.6.2.3. Media y SD de los resultados del Tiempo a la Fuerza Pico en segundos, alcanzados antes y después de los sucesivos combates.

	TFPA1	TFPD1	TFPA2	TFPD2	TFPA3	TFPD3
MEDIA(s)	0.383	0.332	0.275	0.347	0.275	0.243
SD	0.095	0.110	0.101	0.143	0.057	0.086

TFPA1 = Tiempo a la Fuerza Pico antes del combate 1; **TFPD1**= Tiempo a la Fuerza Pico después del combate 1. **TFPA2** = Tiempo a la Fuerza Pico antes del combate 2; **TFPD2**= Tiempo a la Fuerza Pico después del combate 2. **TFPA3** = Tiempo a la Fuerza Pico antes del combate 3; **TFPD3**= Tiempo a la Fuerza Pico después del combate 3.

El test global muestra un efecto del combate sobre el TFP ($F=4.087$; $P=0.044$). No se observa un efecto del momento ($F=0.089$; $P=0.776$) ni de interacción ($F=1.028$; $P=387$). La comparación por pares de la Tabla 3.6.2.4 refleja una reducción significativa en el TFP del combate 1 al 3.

Si analizamos por separado los factores de agrupación, el efecto de la sucesión de combates (1º, 2º y 3º) sobre la variable momento del combate (antes vs después) no muestra un efecto significativo sobre el TFP antes ($F=3.788$; $P=0.053$) o TFP después de los combates ($F=1.377$; $P=0.289$). Si

analizamos el momento, la el TFP no muestra un cambio importante en ninguno de los tres combates analizados ($P > 0.05$). La diferencia observada en esta variable respecto a la obtenida con el test global puede ser debida al cambio en el número de sujetos que forman parte del análisis cuando los factores se analizan por separado.

Tabla 3.6.2.4. Efecto del combate sobre el tiempo a la fuerza pico. Comparación por pares.

Combate	Combate	P	IC (95 %)	
			inferior	Superior
C-1	C-2	0.649	-0.087	0.181
	C-3	0.013	0.026	0.172
C-2	C-1	0.649	-0.181	0.087
	C-3	0.521	-0.071	0.175
C-3	C-1	0.013	-.172	-0.026
	C-2	0.521	-0.175	0.071

P = Significación estadística; IC = Intervalo de confianza; C-1 = Combate 1; C-2 = Combate 2; C-3 = Combate 3

3.7. VARIABLES FISIOLÓGICAS: FRECUENCIA CARDIACA (FC) Y CONCENTRACIÓN DE LACTATO (LAC).

3.7.1. CONCENTRACIÓN DE LACTATO (LAC).

Los valores de lactato sanguíneo máximo (LAC_{máx}) obtenidos al final de cada combate se presentan en la figura 3.7.1.1. Los tres combates generaron lacteos sanguíneos máximos, por encima de los 11 mmol·l⁻¹.

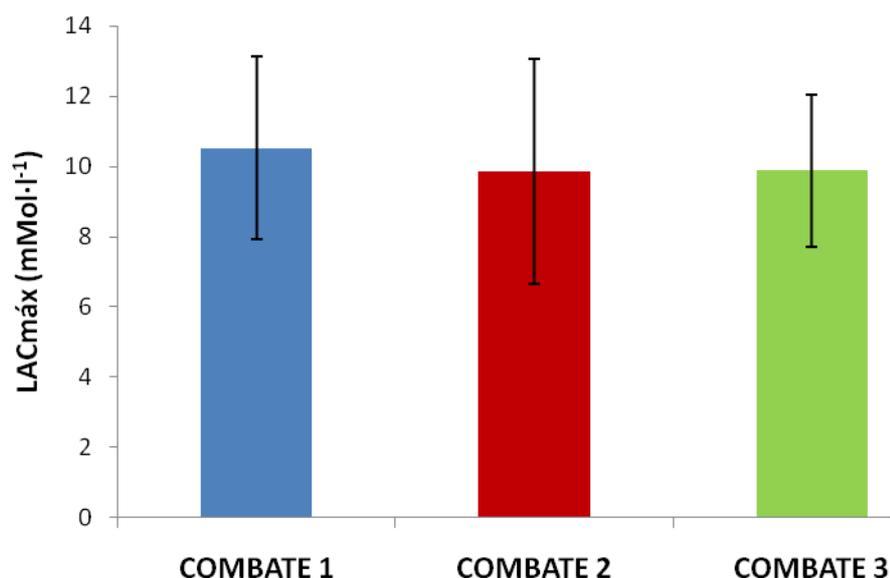


Figura 3.7.1.1. Media y SD de valores de lactato sanguíneo máximo alcanzados después de los combates.

No hemos registrado un efecto de la sucesión de combates sobre el LACmáx acumulado ($F=0.544$; $P=0.591$). La comparación por pares confirma estos resultados (Tabla 3.5.2.2).

Tabla 3.7.1.2. Análisis del efecto del combate sobre la concentración máxima de lactato, alcanzadas después de los combates.

	Combate	Combate	P	IC (95 %)	
				inferior	superior
LACmáx (mmol/l)	C-1	C-2	0,717	-1,336	2,682
		C-3	0,803	-1,620	2,907
		C-2	1,000	-2,321	2,621

LACmáx = concentración máxima de lactato P = Significación estadística; IC = Intervalo de confianza; PGlobal = Significación estadística global; C-1 = Combate 1; C-2 = Combate 2; C-3 = Combate 3

La concentración de LAC previa a los combates 2 y 3 fueron de 4.14 ± 1.74 y de $4.59 \pm 1.97 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ respectivamente. No hemos observado diferencias significativas entre ambos valores ($P < 0.05$).

3.7.2. FRECUENCIA CARDIACA (FC).

Los resultados descriptivos del grupo para la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) y la frecuencia cardiaca media (FCM) se presentan en la Tabla 3.7.2.1. Hemos observado valores para la FCM al inicio de los combates de $162 \pm 18,7$ lpm y durante los combates de 185 ± 8 lpm. Los valores mínimo medio y máximo medio han sido $159 \pm 17,12$ lpm y $193 \pm 6,98$ lpm. La FCmáx., media ha sido de $196 \pm 6,3$ lpm.

Tabla 3.7.2.1. Media y SD de la Frecuencia Cardiaca máxima y Frecuencia Cardiaca Media alcanzadas durante los combates.

	FCmáx1	FCmáx2	FCmáx3	FCM1	FCM2	FCM3
MEDIA (lpm)	189.664	202.144	197.476	182.899	192.534	189.566
SD	11.625	11.437	4.460	12.091	13.314	6.344

FCmáx1 = Frecuencia cardiaca máxima del combate 1; FCmáx2 = Frecuencia cardiaca máxima del combate 2; FCmáx3 = Frecuencia cardiaca máxima del combate 3; FCM1 = Frecuencia cardiaca media del combate 1; FCM2 = Frecuencia cardiaca media del combate 2; FCM3 = Frecuencia cardiaca media del combate 3.

El análisis de la frecuencia cardiaca no presenta cambios significativos por efecto de la sucesión de los combates en el test global, ni en la FCmáx ($F=3.477$; $P=0.066$), ni para la Frecuencia Cardiaca Media ($F=1.889$; $P=0.193$), resultados que se confirman cuando realizamos la comparación por pares (Tabla 3.7.2.2).

Tabla 3.7.2.2. Análisis del efecto del combate sobre la Frecuencia Cardiaca máxima y Media.

	Combate	Combate	P	IC (95 %)		PGlobal
				inferior	superior	
FCmáx	C-1	C-2	0.171	-30.212	5.252	0.594
		C-3	0.451	-24.726	9.103	
	C-2	C-3	0.571	-7.219	16.556	
FCM	C-1	C-2	0.360	-28.094	8.823	0.651
		C-3	0.609	-24.585	11.251	
	C-2	C-3	0,860	-9.958	15.895	

P = Significación estadística; *IC* = Intervalo de confianza; *PGlobal*= Significación estadística global; **C-1** = Combate 1; **C-2** = Combate 2; **C-3**= Combate 3

Los resultados correspondientes al comportamiento de la FCM por asaltos en cada combate se muestran en la Fig. 3.7.2.1. y Tabla 3.7.1.3.

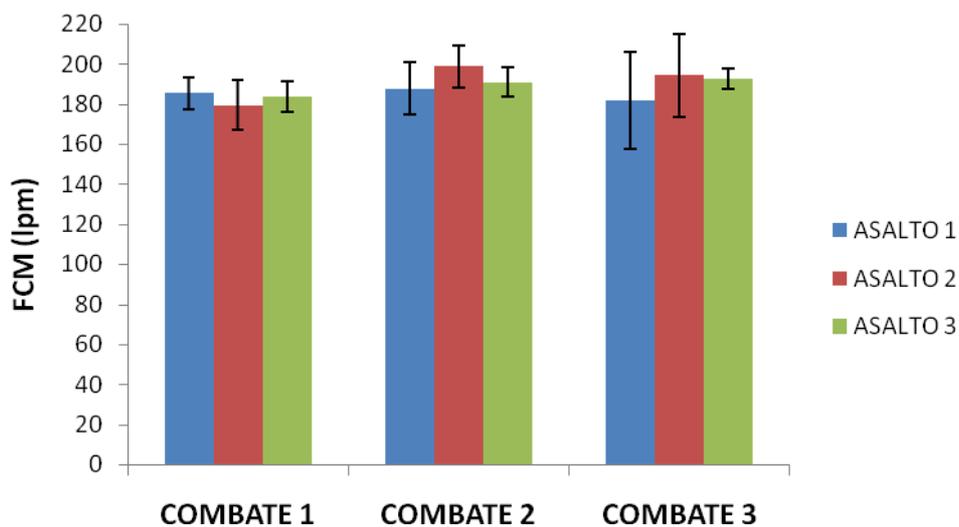


Figura 3.7.2.1. Media y SD de los resultados de la Frecuencia Cardiaca Media (FCM), alcanzadas durante los tres asaltos de cada combate, expresadas en latidos por minutos.

La comparación de los tres asaltos para cada combate, muestra que hay un efecto de la sucesión de los asaltos sobre la frecuencia cardiaca media que es significativa para el tercer combate ($F=29.081$; $P=0.000$). En el combate 3, la FCM del asalto 1 es significativamente inferior a las del asalto 2 y 3 ($P<0.05$). El análisis de los pares también muestra, en el combate 2, un incremento de la FCM del asalto 1 sobre la del 2 ($P=0.006$) (Tabla 3.5.1.3).

Tabla 3.7.2.3. Análisis del efecto de los asaltos de cada combate sobre la Frecuencia Cardiaca Media.

	Asalto	Asalto	P	IC (95 %)		PGlobal
				inferior	superior	
C1	A-1	A-2	0,757	-14,410	26,296	0,594
		A-3	0,997	-32,041	35,841	
	A-2	A-3	0,790	-18,836	10,750	
C2	A-1	A-2	0,006	-17,990	-4,010	0,115
		A-3	0,943	-22,719	16,405	
	A-2	A-3	0,534	-11,120	26,805	
C3	A-1	A-2	0,000	-17,364	-7,607	0,000
		A-3	0,002	-16,087	-5,285	
	A-2	A-3	0,811	-5,111	8,711	

P = Significación estadística; *IC* = Intervalo de confianza; *PGlobal* = Significación estadística global del combate; **C-1** = Combate 1; **C-2** = Combate 2; **C-3** = Combate 3; **A-1** = Asalto 1; **A-2** = Asalto 2; **A-3** = Asalto 3.

3.8. ASOCIACIONES ENTRE LAS DIFERENTES VARIABLES.

Para estimar la fuerza de asociación entre las variables registradas hemos obtenido el coeficiente de correlación de Pearson ($\rho_{x,y}$) o de Spearman (**Rho S**). La asociación entre las variables principales, FCmáx, FCM, LACmáx y la PM y PP, tomadas antes y después de los combates, se muestra en la Tabla 3.8.1. Parece existir una alta fuerza de asociación positiva entre FCM y la FCmáx de cada combate ($\rho_{x,y}=0.965$; $P=0.000$). No hemos observado asociación entre la FC y el LACmax ($P>0.05$). Parece existir una débil correlación ($\rho_{x,y}= 0.515$; $P= 0.049$) entre el lactato máximo obtenido después de los combates y la potencia pico alcanzada después de los combates. No hemos observado ninguna asociación entre la concentración de lactato máxima tras los combates y las potencias medias desarrolladas por acciones de parada ($P>0.05$).

Hallamos una fuerte correlación positiva entre los kilogramos que desplaza el taekwondista en el ejercicio de sentadilla (Kg S), con la PP y PM obtenidas antes y después de los combates ($P<0.01$). Existe una coherencia en el registro de potencia obtenido que se sustenta también por la fuerte asociación positiva observada entre la PP y la PM antes y después de los combates ($P<0.01$).

La Tabla de correlaciones entre la potencia desarrollada antes y después de los combates y la potencia de pegada se muestra en la Tabla 3.8.2. No hemos registrado asociaciones de interés entre las variables asociadas, a excepción de algunos pares sueltos en el combate 2.

Tabla 3.8.1. Resultado del test de correlación entre las variables estudiadas.

		FCmáx	FCM	Lac	Kg S	PMA	PMD	PPA	PPD
FCmáx.	$\rho_{x,y}$		0.965	0.215	-0.374	-0.356	-0.462	-0.462	-0.510
	p		0.000	0.480	0.208	0.233	0.117	0.112	0.075
FCM	$\rho_{x,y}$			0.295	-0.298	-0.269	-0.269	-0.349	-0.360
	p			0.328	0.322	0.374	0.374	0.243	0.228
LAC	$\rho_{x,y}$				0.502	0.427	0.302	0.396	0.515
	p				0.056	0.113	0.273	0.144	0.049
Kg S	$\rho_{x,y}$					0.721	0.785	0.696	0.692
	p					0.002	0.001	0.004	0.004
PMA	$\rho_{x,y}$						0.839	0.908	0.841
	p						0.000	0.000	0.000
PMD	Rho S							0.682	0.804
	p							0.005	0.000
PPA	$\rho_{x,y}$								0.800
	p								0.000
PPD	$\rho_{x,y}$								

FCmáx = Frecuencia cardiaca máxima; **FCM** = Frecuencia cardiaca media; **LAC** = Concentración de lactato máxima después de los combates; **PMA** = Potencia media antes del combate; **PMD** = Potencia media después del combate; **PPA** = Potencia pico antes del combate; **PPD** = Potencia pico después del combate; $\rho_{x,y}$ = correlación de Pearson; **Rho S** = correlación por rangos de Spearman; **P** = Nivel de significación.

Tabla 3.8.2. Resultado del test de correlación entre la potencia de pegada, puntos acumulados y potencia desarrollada antes y después de los combates.

		PC1	PC2	PC3	puntosC1	puntosC2	puntosC3
PMA1	$\rho_{x0,y}$	0.194			0.284		
	P	0.567			0.306		
PMD1	$\rho_{x0,y}$	0.325			0.350		
	P	0.330			0.200		
PMA2	$\rho_{x0,y}$		-0.405			0.563	
	P		0.280			0.029	
PMD2	$\rho_{x0,y}$		0.007			0.401	
	P		0.986			0.175	
PMA3	$\rho_{x0,y}$			-0.423			0.136
	P			0.297			0.708
PMD3	$\rho_{x0,y}$			0.181			0.129
	P			0.668			0.722
PPA1	$\rho_{x0,y}$	0.082			0.489		
	P	0.811			0.064		
PPD1	$\rho_{x0,y}$	0.094			0.131		
	P	0.784			0.642		
PPA2	$\rho_{x0,y}$		-0.322			0.454	
	P		0.398			0.090	
PPD2	$\rho_{x0,y}$		-0.269			0.607	
	P		0.484			0.028	
PPA3	$\rho_{x0,y}$			-0.336			-0.107
	P			0.416			0.769
PPD3	$\rho_{x0,y}$			0.181			0.044
	P			0.668			0.905

PC= potencia de pegada; **PuntosC**= Puntos del combate; **PMA** = Potencia media antes del combate; **PMD** = Potencia media después del combate; **PPA** = Potencia pico antes del combate; **PPD** = Potencia pico después del combate; **1**= combate 1; **2** = combate 2; **3** = combate 3; $\rho_{x,y}$ = correlación de Pearson; **P** = Nivel de significación.



Universidad de Granada

CAPITULO IV

DISCUSION



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.

El Taekwondo competitivo se caracteriza por el uso de los diferentes sistemas energéticos que disponemos. Las situaciones explosivas y de corta duración se presentan con frecuencia, siendo el eje motor del combate, debiendo considerar por tanto y en relación a la duración de los asaltos, que obedecen a una tendencia de carácter anaeróbico láctico (Gómez, 2002).

Otra peculiaridad del taekwondo, como deporte de contacto que permite los golpes con distintas partes del cuerpo, es su paradigmático vínculo a la potencia del tren inferior. Variables como la potencia mecánica y las capacidades aeróbicas o anaeróbicas de los competidores de taekwondo pueden medirse durante los periodos de combate y descanso. En el punto de mira de su análisis se apunta a una mejora en el rendimiento de los golpes y, en consecuencia, al resultado final del torneo. Ese también es el propósito de esta tesis, y de sus conclusiones quizá puedan derivarse recomendaciones específicas para deportistas y entrenadores de esta disciplina olímpica.

Cuantificar la potencia del tren inferior del deportista durante los combates de Taekwondo ha sido el objetivo principal de este trabajo, detallando si circunstancias como los descansos entre asaltos, la frecuencia cardiaca, la lactoacidemia o la propia evolución del combate pudieran influir en su valor y, como efecto, en el éxito de la competición. Para ello hemos

dispuesto de una metodología novedosa que acerca nuestros resultados a los que se hubiesen obtenido en un supuesto certamen oficial de esta actividad deportiva. El hecho de simular un torneo de Taekwondo, incorporando las medidas que hemos expuesto en el capítulo de metodología, no resta realismo a nuestros resultados (en forma de interés en ganar los asaltos y, por supuesto, en la potencia del tren inferior) puesto que el competidor ciertamente está compitiendo con los de su mismo nivel técnico para hacerse un sitio en la Selección Andaluza de Taekwondo. Por tratarse de un grupo reducido de atletas, no fue posible simular completamente un torneo oficial, donde se establecen diferencias de sexo. Esta limitación no empequeñece nuestro análisis y nos brinda la posibilidad de diseñar trabajos futuros que sí los delimiten.

Se define potencia mecánica al producto de la fuerza por la velocidad con que se aplica (González y Ribas, 2002). La potencia mecánica se considera como el umbral de rendimiento máximo, por ser el óptimo producto de la fuerza-velocidad. En este sentido también podríamos hablar de potencia pico (PP), al ser el momento donde se consigue el máximo rendimiento mecánico. El objetivo del competidor será puntuar mediante las técnicas autorizadas, debiendo para ello aplicar una potencia mínima preestablecida previamente. Para lograr puntos válidos, en el Taekwondo se requiere de un gran desarrollo de la potencia en todas y cada una de las técnicas ejecutadas durante los asaltos y combates de una competición (Gómez, 2001).

Aunque la duración e intensidad de los combates demanda principalmente el uso del sistema anaeróbico, también se requiere de la capacidad aeróbica según reflejan en sus estudios Melhim (2001); Lin, Yen, Lu, Huang y Chang (2006); Markovic, Vucetic y Cardinale (2008). Siendo estos parámetros decisivos en una planificación que persiga el máximo rendimiento deportivo, los entrenadores y sus competidores adaptarán las condiciones

específicas del combate, secuenciando y temporizando los intervalos de trabajo y descanso conforme a los datos que nos ofrecen la literatura especializada.

Heller y col. (1998) por su parte, reflejaron en sus estudios que en concreto la velocidad, la agilidad y la resistencia muscular son muy importantes durante el combate, de modo que los competidores con un desarrollo de estas habilidades motoras, poseen una importante ventaja frente a adversarios técnicamente similares.

Es evidente que el éxito de la competición en Taekwondo, como en otros deportes de combate y lucha, depende de muchos factores. Zar, Gilani, Ebrahim y Gorbani (2008), en este sentido expresan que los competidores con más índice de éxito poseen unas características antropométricas y fisiológicas determinadas (envergadura de miembros, velocidad), además de un porcentaje bajo de grasa corporal. Así mismo indican que estos factores unidos a una elevada velocidad de ejecución y agilidad en los movimientos, permiten una alta capacidad de reacción contra los ataques del adversario y contribuyen a evitar que éste anote más puntos.

La conexión entre el tiempo de reacción y las técnicas en competición ya fue observada por Heller y col. (1998). En esta misma línea de trabajo se ha progresado con los trabajos de Zar y col. (2008) y Bompa (1999), concluyendo que la ejecución de las técnicas a alta velocidad aumentan las posibilidades de puntuación en los competidores de Taekwondo.

En consecuencia, la velocidad es un factor básico en la ejecución de las técnicas con potencia. Es importante poder controlar y estudiar su relación con la fuerza aplicada a cada gesto competitivo, lo que nos permitirá alcanzar el rendimiento óptimo de las técnicas competitivas con potencia. El profundo conocimiento de esta relación fuerza-velocidad, nos ha de permitir desarrollar un trabajo con el objetivo de obtener golpes “afortunados”, entendidos estos

como los que serán anotados en los marcadores del competidor que los aplique, esto es, golpes que proporcionen puntos válidos.

Algunos investigadores han encontrado que la potencia aeróbica no es importante para los gestos competitivos en Taekwondo (Douris, 2004; Heller y col., 1998). Así mismo Melhim (2001), ha observado que la potencia anaeróbica aumenta hasta un 24 % siguiendo un programa de entrenamiento con ejercicios específicos de Taekwondo, datos que nos alertan de la necesidad de una especificidad en los ejercicios de entrenamiento para mejorar el rendimiento competitivo.

4.1.- ESTRUCTURA TEMPORAL DE LOS COMBATES DURANTE LA TOMA DE DATOS.

Desde hace más de dos décadas, ya indicaba Fargas (1993), la importancia de *“el análisis de los tiempos de actuación y pausa en las competiciones”*, pues aportan un mayor *“conocimiento de los requerimientos específicos para el Taekwondo”*. Debemos considerar por tanto y para una correcta planificación del entrenamiento, el estudio de las diferentes fases por las que pasa el combate de Taekwondo, en la búsqueda de optimizar los recursos físicos y estructurar los tácticos, en cada asalto.

La importancia del conocimiento de los tiempos en el combate, ya fue destacado por los estudios de Bonitch J. G. (2004, 2006) y Bonitch, J. (2007), deduciendo una fórmula que representaba la estructura del combate en Judo (Tabla 4.1.1).

Tabla 4.1.1. Estructura del combate en Judo (Bonitch, 2006)

TT =	TR	+	TD
(> 5 min)	(5 min)		(> 0 min)

Siendo TT el tiempo total del combate, TR el tiempo real de la lucha y TD el tiempo de detención temporal.

En contraste con la estructura del combate en Judo, con un solo asalto de cinco minutos, en el Taekwondo se disputan tres asaltos de dos minutos con descansos de treinta segundos entre ellos. Este esquema cambia radicalmente el concepto del combate, pues posibilita al competidor el uso y recuperación (incompleta) de las vías energéticas en los periodos de descanso. Por tanto, el planteamiento táctico del combate, al ser de mayor duración y con periodos de descanso, permiten hacer correcciones técnicas entre asaltos. Este valor ya fue ponderado por Aranda (2009) y Gómez (2002).

La duración total (TT) de un combate completo de Taekwondo se puede expresar como el resultado de sumar tres términos, el primero corresponde al tiempo real (TR) o tiempo en que los taekwondistas están compitiendo; el segundo término corresponde al tiempo de interrupción temporal (TI) de combate debido a una salida del taekwondista de la zona de competición, “cuerpo a cuerpo” con necesidad de intervención del árbitro, discusión técnica arbitral, amonestación, detenciones por colisión traumática en zonas no válidas ni sancionables (por ejemplo un golpe fortuito en las espinillas); y el tercero corresponde al tiempo detención temporal (TD) de combate por finalización del asalto.

La duración del combate en nuestro estudio (hasta el final del tiempo reglamentario) fue de 7 minutos. Estos 7 minutos se puede dividir en 3 unidades de tiempo real (TR) de dos minutos de duración. De este modo podemos deducir la siguiente fórmula:

Tabla 4.1.2. Duración total del combate en Taekwondo. Adaptada de Bonitch (2006)

TT =	TR	+	TI	+	TD
(> 7 min)	(2+2+2 min)		(> 0 s)		(30+30 s)

En nuestra estructura de combate y siguiendo el planteamiento de Bonitch (2006), establecemos una nueva fórmula que incorpora, el concepto “tiempo de descanso”, y matiza nuevamente los elementos reflejados en el cálculo. De esta forma, el TD que Bonitch reconoce como *“tiempo de detención temporal (TD) de combate debido a una discusión técnica arbitral, amonestación, detenciones técnicas, detención para colocarse el Judogui, salida del Judoca de la zona de competición, etc.”*, este término corresponde en nuestra formulación a TI (nuevo concepto que se define como tiempo de interrupción temporal del asalto, como indicábamos con anterioridad), siendo para nosotros el TD la detención temporal por finalización del asalto, que abre el camino a la recuperación de las vías energéticas.

Podemos deducir, ampliando los datos que se presentan en la formula descrita, que el tiempo real (TR) es el resultado de la suma el tiempo útil de combate (TUC) o tiempo en el que los competidores están intercambiando golpes y el tiempo de espera activa (TEA) o tiempo en el que los competidores se estudian, realizan amagos o descansan tras una secuencia de combate. La duración del TUC varía entre las centésimas de segundo y varios segundos (Gómez, 2002; González, 2007). De este modo, podemos definir la siguiente formula complementaria a la anterior, que refleja con más exactitud las diferentes situaciones del combate de Taekwondo.

Tabla. 4.1.3. Tiempo real del combate en Taekwondo.

$$TR = TUC + TEA = (TUA1^{\circ} + TUA2^{\circ} + TUA3^{\circ}) + (TEA1^{\circ} + TEA2^{\circ} + TEA3^{\circ})$$

Donde TUA1^º, TUA2^º y TUA3^º son los tiempos útiles y TEA1^º, TEA2^º y TEA3^º son los tiempos de espera activa de los asaltos primero, segundo y tercero respectivamente.

Con la aplicación de esta fórmula en nuestro estudio, hemos podido constatar que el TUC medio es de 71 segundos 70 centésimas (Tabla 3.1.1), siendo el tiempo medio de las secuencias de ataque-contraataque de 2 segundos 79 centésimas, datos que confirman los presentados por los estudios de Bouhlej y col. (2006), con el equipo de Taekwondo Nacional de Túnez en competición simulada siguiendo las normas de la WTF; y Matsushigue y col. (2009), en el campeonato de Taekwondo Nacional de Brasil. Ambos estudios indican una duración de las secuencias de ataque-contraataque de entre 1 y 5 segundos, rango próximo al presentado por Bridge y col. (2009), que lo situaba entre 3 y 5 segundos en sus estudios con el equipo de Taekwondo Nacional Británico, y para Heller y col. (1998), en el análisis del equipo Nacional de Checoslovaquia en una competición de taekwondo con combates de 2 asaltos de 2 minutos. Por otra parte el TUA medio de nuestro estudio fue de 23 segundos 90 centésimas, datos que coinciden con los obtenidos por Gómez (2003), en sus estudios del equipo de Taekwondo Nacional Cubano, que los situaban entre 24 y 32 segundos. Esta diferencia en el TUA se justifica por la mayor duración de los asaltos en el estudio de Gómez, 180 segundos, por los 120 segundos empleados en el nuestro.

En nuestro estudio (Tabla 3.1.2), hemos podido comprobar que el TUA, manifiesta un comportamiento similar a lo largo de los asaltos (23.41 s, 23.77 s, y 24.52 s, para los asaltos 1º, 2º y 3º respectivamente) no habiendo diferencias de relevancia, aunque si se aprecia un incremento poco significativo del 1º al 2º asalto (inferior a 0.40 s), que es algo más elevado en el asalto 3º (0.75 s). Esta misma tendencia se observa en la duración de las secuencias de ataque-contraataque (TSA = 2.67 s, 2.73 s, y 2.96 s, para los asaltos 1º, 2º y 3º respectivamente) y para el número de secuencias de ataque-contraataque por asalto (NSA = 8.71 acciones, para el 1º y 2º asaltos, y 8.85 acciones para el 3º). Este pequeño incremento entre el asalto 2º y 3º, puede estar motivado por el

hecho de que los competidores utilizan el asalto 1º para estudiar al adversario (Kazemi y col., 2006), o por la necesidad de equilibrar la puntuación por parte del competidor que está en desventaja de puntos en el combate en el asalto 3º, y que le lleva a elevar la duración y número de ataques en la búsqueda de los puntos que le puedan dar la victoria. Chiodo y col. (2011), con taekwondista del equipo nacional Italiano en periodo precompetitivo y competitivo; Bridge y col. (2009) justificaban hechos similares en sus estudios. También hemos de destacar los estudios de Gómez (2003), que reflejaban hasta 14 acciones por asalto (NSA) en un rango de entre 24 y 32 s (TUA), hecho que nos permite deducir un TSA de 2 s por acción, similar al obtenido en nuestro estudio.

En referencia a la relación entre esfuerzo y reposo (E:R, reposo activo entre acciones de combate), nuestros resultados muestran datos superiores a los presentados por Bridge y col. (2009) (rangos 1:4-1:5 frente 1:3 y 1:4). En esta línea Matsushigue y col. (2009), afirman que la relación puede alcanzar el valor de 1:6, cuando se contemplan actividades de alta intensidad, entre las que podríamos incluir los combates que se desarrollan en competiciones de alto nivel o cuando el competidor opta a medallas o a pasar a la siguiente fase de la clasificación.

Esto nos obliga a considerar otros parámetros relacionados con la propia táctica del combate o la estrategia de la competición: los competidores pueden no arriesgar en determinados momentos del combate si la táctica lo recomienda, intentando evitar la obtención de un punto del rival por contraataque, y ese TEA mientras se estudia al oponente, puede ser de mayor duración. En nuestro trabajo, la competición se planificó para que se incluyera dentro del programa de la Federación Andaluza de Taekwondo, como uno de los test para elegir a sus representantes en los siguientes campeonatos oficiales. Esto garantizó el alto de nivel de exigencia competitiva entre los participantes.

En la Tabla 3.1.3., podemos comprobar una disminución progresiva del TEA (106.02 s, 99.66 s, y 98.86 s, para los asaltos 1º, 2º y 3º respectivamente), consecuencia del mayor conocimiento del adversario en los asaltos 2º y 3º. No habiendo encontrado datos a este respecto en la literatura y tras contrastarlos con otros deportes de combate-lucha, como es el caso de Judo, hemos podido comprobar que el comportamiento de esta variable en el Judo es contraria a la obtenida por nosotros en nuestro estudio, observándose un incremento de la media del número de pausas (Bonitch, J. G., 2005; Bonitch, J. G., 2006; Bonitch, J., 2007; Monteiro, 1995). La diferencia puede radicar en la estructura del combate de ambos deportes, siendo en el Judo los combates de un solo asalto de 5 minutos, implicando un mayor desgaste de las reservas de ATP y PC sin espacio para su recuperación, por un desarrollo del combate en Taekwondo con 3 asaltos de 2 minutos con 30 segundos de recuperación entre ellos, y que como ya describimos con anterioridad en este estudio, permite una recuperación parcial de estas reservas y por consiguiente posibilita una mayor interacción de movimientos explosivos y de potencia a lo largo del combate.

4.2.- INFLUENCIA DE LOS COMBATES DE TAEKWONDO EN LA POTENCIA.

4.2.1. INFLUENCIA DE LOS COMBATES DE TAEKWONDO EN LA POTENCIA PICO.

De los estudios de Hori, Newton, Nosaka y Stone (2005), se puede definir la potencia es la capacidad del sistema neuromuscular de producir trabajo en un periodo de tiempo determinado, en otras palabras, la producción de fuerza que puede ser ejercida para una determinada velocidad de movimiento. En este sentido podemos considerar, que los resultados de la magnitud de la potencia van a ser los que se manifiesten con mayor eficacia en el tratamiento de la fuerza en cualquier acción deportiva, siendo esta la magnitud de referencia en

la relación fuerza- velocidad (González y Gorostiaga, 1995; González y Serna, 2000; Manno, 1990; citados por Bonitch, 2006).

Como ha sucedido en el estudio de otros deportes de combate y artes marciales, existen pocas referencias bibliográficas que analicen la evolución de la potencia del tren inferior. Las más importantes vuelven a referirse a investigaciones sobre Judocas. El objetivo de nuestro trabajo fue medir la evolución de la potencia pico de las piernas, mediante el ejercicio de Squat 90°, antes y después de sucesivos combates de Taekwondo.

Según los estudios de Lara, Abián, Alegre, Jiménez y Aguado (2005); y Bonitch (2007), la potencia máxima mecánica desarrollada por la musculatura es una cualidad de gran importancia en el rendimiento deportivo. La potencia puede ser medida mediante dispositivos externos a partir del trabajo desarrollado o de la relación que se establece en el producto de fuerza-velocidad, conseguido a través del movimiento [$P (w) = F (N) \times V (m/s)$]. Así, en cualquier ejercicio dinámico podremos medir valores de potencia. La velocidad de ejecución de los gestos deportivos está directamente relacionada con la fuerza, pudiendo verse modificada al variar la carga empleada.

El pico de potencia (Peak Power, PP) o potencia máxima (PM) se podría decir que es la potencia mecánica más alta obtenida en un momento determinado durante la ejecución del test. Este valor en el golpeo, debe superar un umbral determinado por el reglamento de la competición, para que sea considerado como punto.

En nuestro estudio, los datos de PP se han obtenido en un test de Squat a 90° utilizando un Multipower Salter con medición a través de un Encoder Optimo Rotatorio.

Los datos relativos a la PP en las piernas antes (PPA) y representados en la Tabla de resultados 3.2.1., hemos obtenido un valor de 763,083 vatios, y la de después PPD de 805,417 vatios. El test global no muestra un efecto del combate ($F= 0,798$; $P= 0,470$), del momento ($F= 2,403$; $P= 0.165$) o de la interacción de ambos ($F= 1,257$; $P= 0,315$) sobre la potencia pico. Los análisis de los pares realizados confirman este resultado (Tablas de resultados 3.2.2 y 3.2.3). Si analizamos por separado los factores de estudio, las PPA y las PPD registran un comportamiento similar a lo largo de los tres combates ($P= 0,199$; $F= 1,815$ y $P= 0,528$; $F= 0,668$ para PPA y PPD respectivamente). Estos datos representados en las Tablas de resultados 3.2.2., 3.2.3., y 3.2.4., nos permiten afirmar en base a los valores obtenidos, que no existe diferencia significativa ($P>0,05$) entre los combates y la potencia pico, no existiendo un descenso de PP por efecto del combate, ni en el transcurso de ellos.

Los resultados correspondientes al momento de registro de la PP se muestran en la Tabla de resultados 3.2.5., donde puede observarse que al final del segundo combate hay un incremento significativo de la potencia pico ($731,15 \pm 124,86$, frente $863,54 \pm 149,32$, para PPA y PPD respectivamente; $t= -6,579$, $P= 0.000$), sin que se llegue a alcanzar significación estadística en el resto de las comparaciones realizadas ($P>0,05$).

Esta evolución de la potencia, se encuentra para diferentes grupos musculares en otros deportes de combate. Bonitch, J. G. (2006), encontró este efecto de potenciación para las piernas como efecto de sucesivos combates de Judo y Bonitch, J. (2007), encontró el mismo efecto de los combates sobre los miembros superiores.

Bonitch (2006), en un estudio similar con Judocas de élite, donde analizó el efecto de sucesivos combates de Judo sobre la potencia de piernas medida con el ejercicio de squat a 90° antes y después de los combates, obtuvo una PPA

de 1.949,80 vatios y una PPD de 1.932,66 vatios, que son superiores a los obtenidos por esta tesis. Al igual que nosotros, Bonitch (2006), encontró que la PP después de los combates es siempre mayor que la PP antes de los combates, lo que le llevó a afirmar que no hay una pérdida de PP durante el combate y por lo tanto no existe fatiga en esta variable, siendo también esta conclusión corroborada por nuestro estudio.

La explicación a las diferencias encontradas en el nivel de potencia del tren inferior entre los competidores de Judo y Taekwondo, se justifica por la mayor aplicación de fuerza muscular en las piernas de los Judocas. En efecto, por la idiosincrasia de este deporte, las acciones técnicas del competidor de Judo deben facilitarle poder desplazar el peso de su propio cuerpo más el peso adversario, intentando vencer además la fuerza contraría que ejerce éste para evitar el desequilibrio y posterior derribo (Bonitch, 2007). Con todo, podríamos asegurar que las fuerzas aplicadas serán por tanto verticales (paralelas a la fuerza de la gravedad para elevar al oponente y derribarlo) o tangenciales al otro competidor (desequilibrarlo mediante tracción). Por el contrario Pieter y Heijmans (2003), hacen referencia en sus estudios a la perpendicularidad del sentido de aplicación de las fuerzas con respecto al objetivo de impacto, para el desarrollo de las técnicas de golpeo en Taekwondo. Al contrario del competidor de Judo, el de Taekwondo desarrolla el combate eminentemente táctico, con predominio de esta cualidad sobre las biológicas (Gómez, 2002). El taekwondista actúa principalmente sobre su propio cuerpo en los desplazamientos, no siendo significativa la influencia del peso del adversario en la potencia aplicada a las propias acciones de ataque, que se ejecutan perpendicularmente al objetivo y a la propia fuerza de la gravedad.

En resumen, esta necesidad de los judocas de vencer fuerzas externas al propio peso del competidor para el desarrollo de las acciones de combate, genera la necesidad de aumentar en la fase de entrenamiento la fuerza en el

tren inferior en niveles superiores a la de los taekwondistas, lo que justificaría la diferencia de los datos referentes a la PP que se presentan en ambos estudios.

El valor de la potencia, es determinante en la planificación del entrenamiento, pues puede modificar el tiempo y medios dedicados al entrenamiento de la capacidad de resistencia a la fuerza.

Como hemos observado hay una diferencia significativa entre los resultados de la comparación de la PPA del segundo asalto y la PPD del segundo asalto, indicándonos que no solo no disminuye la PP con el efecto de los combates sino que existe una ligera potenciación en el transcurso de ellos, lo que nos hace plantear en relación a la planificación del entrenamiento y preparación de los combates de Taekwondo, que el competidor debe iniciar el combate con un alto nivel de calentamiento muscular específico, con acciones de pegada iguales a las que se requerirán en el combate y con el objeto de conseguir esa potenciación antes del inicio del combate.

Del trabajo de Linnamo, Häkkinen y Komi (1998), se puede deducir que las acciones que menos fatigan originan en el tren inferior de los taekwondistas, y que necesitan menos tiempo para su recuperación, son las que utilizan un gran componente de fuerza explosiva y de potencia. Comparando nuestros resultados con los obtenidos por Bonitch (2006), podemos subrayar ambos coinciden en la buena correlación entre la potencia antes y después de cada combate, indicándonos la escasa implicación de la fuerza máxima en las acciones combativas. En este sentido se reflejan los datos presentados por Juárez y col. (2008), donde indica la escasa relación entre la fuerza máxima en Squat y la velocidad de golpeo del balón en los futbolistas. Así mismo Juárez, López, Mallo y Navarro (2010), indican que será de gran importancia un entrenamiento específico de cada una de las acciones técnicas para intentar optimizar el rendimiento de ellas.

De los estudios de Smilios (1994), deduce Bonitch (2006), que la potencia de piernas decrece proporcionalmente al incremento de la fatiga. Este hecho nos sugiere, que al no encontrarse en nuestro estudio una disminución de la potencia de las piernas, los taekwondistas no se ven afectados por la fatiga en el tren inferior. Comparando los datos de nuestro estudio con los de Linnamo y col. (1998); Bonitch, J. G. (2006) y Bonitch, J. (2007), podemos afirmar que los taekwondistas tienen suficiente tiempo de regeneración entre una acción de fuerza explosiva y otra durante los combates. La suficiente como para que no exista fatiga, ya que según Linnamo y col. (1998), la fatiga con carga de tipo explosivo se produce a nivel central y se traduce en una disminución de la producción de fuerza explosiva.

4.2.2.- INFLUENCIA DE LOS COMBATES DE TAEKWONDO EN LA PM Y LAS VARIABLES QUE LA DETERMINAN.

Como indican Juárez y col. (2008) en sus estudios en relación con las afirmaciones de Schmidtbleicher (1992), la fuerza máxima es la cualidad que más influye en el rendimiento en potencia, existiendo una asociación entre el aumento de la velocidad máxima y la fuerza máxima en el mismo gesto deportivo (Bührle y Schmidtbleicher, 1977; Häkkinen y col., 1981; Hoff y Almasbakk, 1995; Manno, 1999; Wenzel y Perfetto, 1992; citados por Juárez y col., 2008). En esta misma línea están las conclusiones de los estudios de Kaneko, Fuchimoto, Toji y Suei (1983), en el análisis de la contracción concéntrica con diferentes pesos y la relación entre la fuerza y la velocidad. Stone y col. (2003), afirmaron que el entrenamiento de la fuerza máxima puede mejorar la potencia y explosividad, así mismo González (2005), corroboraba esta afirmación al manifestar en sus estudios que manteniendo altos niveles de fuerza máxima, se contribuiría a “que se incremente progresivamente la fuerza explosiva o la fuerza potencia”. En otro sentido, hay autores opinan que el

desarrollo de una gran fuerza máxima no es indispensable para obtener buenos resultados en la realización de gestos técnicos competitivos en algunas modalidades deportivas (Bosco, 2000).

En nuestro estudio hemos utilizado el Squat 90°, para medir la fuerza máxima de las piernas antes y después de los combates. En los resultados hemos detallado los valores medios de esta magnitud que se han representado en la Tabla de resultados 3.3.1. Hemos obtenido para la PMA de los combates un valor de 316,792 vatios y para PMD un valor de 345,083 vatios.

En los resultados descriptivos del grupo, se puede observar, que la PMD es siempre mayor que la PMA (Tabla 3.3.1), lo que nos permite deducir que no hay pérdida de potencia en las piernas durante el combate, y por lo tanto, no hay fatiga.

El test global no muestra un efecto sobre la potencia media del combate ($F= 0,582$; $P= 0.572$), ni de la interacción entre el combate y el momento de ambas ($F= 0,073$; $P= 0.930$) sobre la potencia media, pero si muestra un efecto del momento del combate sobre la potencia media ($F= 21,655$; $P= 0,002$). El análisis de los pares realizados confirman estos resultados (Tablas de resultados 3.3.2 y 3.3.3).

Analizando las variables de estudio por separado, las PMA y las PMD registran un comportamiento similar a lo largo de los tres combates ($P= 0,231$; $F= 1,609$ y $P= 0,613$; $F= 0,505$ para PMA y PMD respectivamente). El desglose de las diferencias entre los combates se ha representado en la Tabla de resultados 3.3.4. Los resultados correspondientes al efecto del momento de registro de la PM se muestran en la Tabla 3.3.5. La comparación por pares indica que no existen diferencias significativas para el momento.

No hay un efecto del combate sobre la PM de antes con la de después cuando se analizan por separado, lo que se confirma en la comparación por pares. La comparación de la PMD del tercer combate con la PMA del primer combate, tampoco refleja diferencias significativas. En general, aunque la PM tiende a incrementar por el efecto individual de cada combate, no hay un efecto significativo, ni del combate, ni del momento sobre ella. La significación global es debida a diferencias en pares que no son de interés para este estudio.

En el análisis de la distribución de la PM alcanzada antes de los diferentes combates, el 75 % de la muestra registra el valor máximo en el tercer combate ($P < 0,05$).

Los resultados de la PM, el número de ataques realizados durante los combates ($25,81 \pm 5.43$) y los tiempos entre ataques, nos llevan a la conclusión de que el taekwondista realiza fundamentalmente ejercicios explosivos con las piernas, que no le generan una pérdida significativa de fuerza. Estos datos coinciden con los de Linnamo y col. (1998) que ponen de manifiesto una menor pérdida de fuerza explosiva para las piernas que de fuerza máxima.

De los datos obtenidos y representados en la Tabla 3.8.1, podemos afirmar que no existe correlación entre la PM después de los combates y la máxima concentración de lactato después de los combates.

La pérdida de fuerza máxima producida por un entrenamiento con cargas pesadas en las piernas fue correlacionada por Linnamo y col. (1998), con la concentración de lactato, produciendo una fatiga local o periférica. Con la fuerza explosiva sin embargo, esta correlación no se dio, produciéndose menos fatiga local y más fatiga de origen central, debido a cargas más bajas y a los cortos periodos de trabajo (Pattersson y col., 1985; Linnamo y col., 2000).

Ha sido demostrado que la fatiga, después de ejercicios pesados de resistencia, depende del tipo de carga (Komi y Viitasalo, 1977), de la cantidad de carga (Häkkinen y col., 1988; Häkkinen, 1993; Tesch, Thorsson, y Fujitsuka, 1989; citados por Linnamo y col., 1998), de la composición de fibras lentas y rápidas del músculo esquelético (Kroll y col., 1986; Thorstensson y Karlsson, 1976; Viitasalo y Komi, 1981; citados por Linnamo y col., 1998) y de la especificidad del entrenamiento (Häkkinen y col., 1990).

Durante el entrenamiento con cargas pesadas, la actividad eléctrica del músculo decrece (Häkkinen y col., 1983 y 1994; Komi y Rusko, 1974), sin embargo la actividad eléctrica del músculo puede, momentáneamente, incrementarse durante la repetición de contracciones máximas (Bigland-Ritchie, Furbush y Woods, 1986; citados por Bonitch, 2006) y en ejercicios explosivos (Linnamo y col., 2000).

Analizando el comportamiento de las variables que determinan el desarrollo de la potencia (Tablas 3.6.1.1; 3.6.1.2; 3.6.2.1; 3.6.2.2), los datos obtenidos sobre el TPP (Tablas 3.5.1; 3.5.4), se mantienen prácticamente constante (0.390 s, antes; 0.391 s, después).

Encontramos un incremento de la Velocidad Media (VM) de $0.708 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, para antes del primer combate a $0.812 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, para antes del tercer combate. Así mismo la VMD1 ($0.776 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) se incrementa a $0.812 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ para la VMD3. También encontramos un efecto sobre la VM en cada combate (Tabla 3.6.1.1). Los valores presentados por los taekwondistas ($VM = 0.799 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) son similares a los descritos por Szygula y Col. (2003), para los medio fondistas ($0.75 \pm 0.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) y alejados de los referidos para los deportes de potencia como halterófilos ($1.06 \pm 0.09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), jugadores de balonmano ($0.96 \pm 0.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) o los Judocas ($1.15 \pm 0.12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ para antes y $1.07 \pm 0.16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ para después). Podemos indicar que la aplicación de potencia de los taekwondistas es similar a los medio

fondistas y que al estar sobre cargados (50 % peso corporal) disminuyen su velocidad gestual.

Existe un efecto de los combates sobre la VM ($P=0.006$). La VMA se incrementa conforme se suceden los combates ($P=0.002$), indicando que la potenciación producida por el combate unida al descanso entre combates, propicia una mejora en el sistema neuromuscular que se traduce en un incremento de la VMA. No obstante la VMD no muestra cambios significativos por efecto del combate, indicando que la fatiga producida durante el combate atenúa el efecto de la potenciación sobre la VMD. Este efecto también se ve reflejado en el TVP después (0.408 s, a 0.404 s, para antes y después), que no muestra cambios significativos. Por tanto podemos deducir que no existe fatiga en las piernas de los taekwondistas ni antes ni después de los combates.

De las Tablas 3.6.2.1 y 3.6.2.2 y del análisis de los resultados descritos, observamos que los taekwondistas del estudio alcanzan en la FM, el segundo componente de la potencia, unos valores medios de 379.450 N, con un valor de FMA de 377.856 N y 381.427 N, para FMD. No existe efecto del combate sobre la FM poniéndose de manifiesto que los taekwondistas recuperan sus niveles de FM como consecuencia del descanso entre combates, e incrementan su FMD al obtener una respuesta contráctil incrementada como resultado de la actividad muscular de las piernas durante el combate (Abbate, Sargeant, Verdijk, y Haan, 2000; Sale, 2002), a lo que se denomina potenciación (MacIntosh y Shirley, 2002). Bustos (2007; citado por Beltrán, 2011), indica que esta potenciación puede ser debida a la fosforilación de las cadenas livianas de miosina o al incremento del reclutamiento de unidades motrices y la activación del reflejo de Hoffman.

Verkhoshansky (2000), indica que entre otros la potenciación puedes ser producida por la combinación de ejercicios explosivos, como es el caso de los combates de Taekwondo.

Como conclusión podemos decir que no hay pérdida de fuerza explosiva en las piernas por efecto del combate. La diferencia entre la PM antes de los combates, con respecto a la de después no es significativa. Por el contrario, Linnamo y col. (2000), reflejaron en sus estudios que puede existir potenciación durante el ejercicio explosivo, datos confirmados por Bonitch (2006), y que pueden justificar la potenciación aparecida en nuestro estudio durante el asalto 2 de los combates (Tabla de resultados 3.2.5).

4.2.3. INFLUENCIA DE LOS COMBATES DE TAEKWONDO EN LA POTENCIA DE PEGADA.

Conforme a los datos representados en la Tabla 3.4.1 y 3.4.2, podemos afirmar que en nuestro estudio no existe efecto del combate sobre la potencia de pegada. Así mismo podemos comprobar un incremento poco significativo de la potencia de pegada a lo largo de los tres combates realizados (C1. 151.190, C2. 156.040 y C3. 168.19).

Analizando la distribución de los puntos por combates, representados en la figura 3.4.1., podemos comprobar que hay una disminución en el número de sujetos que obtiene puntos con la evolución de la competición. Esto se debe a una bajada de la forma física del taekwondista debido a la fatiga general, sin embargo no afecta a la potencia de pegada. Esto demuestra la importancia de una buena preparación física específica (Bompa, 1999; Zen-Pin, y Ryder, 2004), que evite que el número de combates disputados pueda suponer acumulación de fatiga y disminuya el NSA, reduciendo las opciones de poder obtener puntos válidos.

4.3. EVOLUCION DEL LACTATO EN SUCESIVOS COMBATES DE TAEKWONDO.

La duración de los combates así como el escaso tiempo de descanso entre ellos, favorece la acumulación de lactato en sangre. Esta acumulación de lactato, está relacionada con la disminución del rendimiento deportivo, según diferentes autores (Ahnmaidi y col., 1996; Bogdanis y col., 1994; Hogan, y col., 1984; Karlsson, Bonde-Petersen, Henriksson, y Knuttgen, 1975; Klausen, Knuttgen, y col., 1972; Weltman, y col., 1977; Wilmore, y col., 2004; Yates, y col., 1983). Por el contrario, nuestro estudio ha demostrado que los sucesivos combates no afectan al rendimiento de la potencia, a pesar de tener índices similares de concentración de lactato.

Observando la estructura temporal del combate, el Taekwondo se caracteriza por varias series de esfuerzo con una duración máxima entre 5 y 6 segundos (Bouhleb y col., 2006; Bridge y col., 2009; Gómez, 2002; González, 2007; Matsushigue y col., 2009), con intervalo de descanso entre ellos de 11 segundos.

Las concentraciones de lactato no se ven afectadas por los sucesivos combates (figura 3.7.1.1). La intensidad de cada combate es la que determina la concentración final de lactato (Heller y col., 1998), lo que demuestra que en nuestro estudio las intensidades de los combates fueron máximas y se mantuvieron a lo largo de toda la competición, los datos medios de concentración de lactato máximo en nuestro estudio fueron de $11,6 \pm 3 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, similares a los obtenidos por Heller y col. (1998) que referenciaron valores de $11,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Matsushigue y col. (2009), en un estudio reflejan también valores de $11,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1} \pm 3,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ y Lehmann (1997), en la final del Campeonato de Austria de Taekwondo obtuvo $10,9 \pm 1,9 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.

Bridge y col. (2009), reflejan concentraciones de lactato en competiciones de nivel Nacional de carácter oficial de $11,4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, similares a

las encontradas por nosotros. Por el contrario en competiciones simuladas encuentran valores de $10,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, iguales a las encontradas por Bouhlej y col. (2006; $10,2 \pm 1,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$).

La diferencia en los niveles encontrados de lactato se debe al tipo de competición (oficial o simulada), y a que los asaltos en el estudio de Bouhlej y col. (2006), eran de mayor duración, con asaltos de 3 minutos de combate con 1 de descanso, mientras en nuestro estudio los asaltos eran de 2 minutos con 30 segundos de recuperación. Al ser estos esfuerzos muy intensos y los intervalos de descanso no ser suficientemente largos, la resíntesis del ATP por la vía oxidativa es inviable, y los esfuerzos se hacen dependientes de la vía glucolítica (Butios, y Tasika, 2007; Kraemer, Noble, Clark, y Culver, 1987; Tabata y col., 1997).

Los resultados obtenidos por Bonitch, J. G. (2006); y Bonitch, J. (2007) muestran que la concentración sanguínea de lactato no tiene una influencia significativa relacionada con el rendimiento en la competición de los deportes de lucha, coincidiendo con Franchini, Nakamura, Taniko, y Peduti Dal`molin (2001), que investigaron los efectos del aclaramiento láctico en un descanso activo, en el rendimiento en el combate de Judo. Estos autores no encontraron aumento sobre el rendimiento debido a la disminución del lactato.

4.4. PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE LOS DATOS RELATIVOS A LA FRECUENCIA CARDIACA.

La frecuencia cardiaca (FC) es uno de los parámetros que empleamos en este estudio para confirmar la intensidad de trabajo durante la competición y comprobar si estos valores son similares a los encontrados en otros estudios.

La FC es uno de los indicadores de esfuerzo más fiable y fácilmente medible. Sin embargo, su valoración mediante pulsómetros está prohibida por el reglamento (WTF, art. 4.2.2 y art. 10.2) para seguridad de los deportistas. En nuestro estudio, se monitorizó a los sujetos tomando las medidas de seguridad oportunas y con el previo consentimiento de responsables de la Federación Andaluza de Taekwondo y de los competidores, ubicando el dispositivo de control en una zona de las protecciones, donde no afectara al combate (figuras 2.4.5.2 y 2.4.5.3).

La medición de la FC no es suficiente para cuantificar la intensidad de una actividad física como parámetro aislado, aunque nos puede dar indicaciones importantes sobre la misma. En nuestro estudio se midieron otros parámetros como la estructura temporal del combate, la potencia de golpeo en el protector de tronco (EBP) y la concentración de lactato, parámetros que nos aportaron datos significativos para ayudar a cuantificar la intensidad del combate.

No se obtienen diferencias significativas entre la FC_{máx.}, por efecto de los combates, si bien se refleja un incremento entre el primer y segundo combate (189,66 lpm a 202,14 lpm), con un descenso para el tercero (197,48 lpm), no significativo para ninguno de ellos ($P > 0,05$). En este sentido Butios y Tasika (2007), reflejaron en sus estudios de una competición simulada con 24 taekwondistas de la Kyung Hee University de Corea del Sur, un incremento progresivo de la FC_{máx.}, de los asaltos 1º al 3º, aunque encontraron un comportamiento similar al de nuestro análisis en la categoría de -80 kg (asalto 1º / 175 ± 8.68 ; 2º / 189.75 ± 11.77 ; 3º / 185.88 ± 16.05). Estos resultados reflejan que las intensidades máximas de los combates fueron similares, con pequeñas diferencias por la dinámica de la adaptación cardiovascular a la intensidad de los combates (Tabla 3.7.2.1).

En este estudio, la FCM registrada al comienzo y durante los combates realizados fue de $162 \pm 18,7$ y 185 ± 8 lpm respectivamente, con un valor mínimo medio de $159 \pm 17,12$ lpm y un valor máximo medio de $196 \pm 6,3$ lpm, coincidentes con los encontrados por Chiodo y col. (2011). El análisis de los datos obtenidos en este estudio, indican resultados medios para la % FCmáx., en los combates entre el 86 % y 92 % de su máximo teórico (formula de Astrand: $220 \text{ lpm} - \text{edad}$), estándar utilizado también por Butios, y TasiKa, (2007); Bridge y col. (2009); y Chiodo y col. (2011). Bridge, en el estudio de 8 taekwondistas durante 12 combates internacionales, presentó una FCM de 182 ± 6 lpm, y un 93 ± 3 % FCmax., en los combates, considerándolo como esfuerzo muy intenso (86-95 % FCmax., para Chiodo). Estos datos son similares a los de este estudio, corroborando la alta intensidad de los combates que se realizaron.

Bouhleb y col. (2006), concluyeron en sus estudios, que los altos valores de la FC nos muestran el carácter de la competición, siendo un factor de especial interés el nivel competitivo del adversario. Encontraron niveles de FC máximas de 197 ± 2 lpm en una competición simulada realizada con el equipo Nacional de Taekwondo de Túnez, bajo las normas de la Federación Mundial de Taekwondo, siendo similares estos datos a los 193 lpm de nuestro estudio, evidenciando el alto nivel de exigencia competitiva de este. Las mínimas diferencias existentes en los datos presentados, parecen radicar en el mayor tiempo de duración de los asaltos del estudio de Bouhleb (3 minutos cada uno, por 1 de descanso), en relación al nuestro (2 minutos de combate, 30 segundos de descanso) debido a los últimos cambios del reglamento.

Chiodo y col. (2011), en un estudio realizado con taekwondistas de elite italianos (que habían participado en Campeonatos Europeos o Mundiales o Juegos Olímpicos), observaron que la FC más frecuente entre los taekwondistas masculinos después de los asaltos era entre 170 y 190 lpm y que presentaba

picos de valor entre 180 y 201 lpm, cercana a la FC máxima de estos taekwondistas y similar a la encontrada en nuestro estudio (181-204 lpm).

Bosco y Luhtanen, (1992), relacionaron la contribución de los sistemas metabólicos que intervienen en las distintas intensidades con los índices fisiológicos. En relación a la frecuencia cardiaca, afirman que una frecuencia entre 150 y 200 lpm se encuentra ubicada entre la zona mixta (zona de VO_2 máx) y la zona anaeróbica láctica y aláctica.

Conforme a los estudios de Bonitch (2006); Butios, y Tasika, (2007); Chiodo y col. (2011), podríamos deducir que en el caso del Taekwondo, al darse estos niveles de FC en los combates, las vías de obtención de energía son la oxidativa, cercana al 100% del VO_2 máx., y la anaeróbica láctica y aláctica.

En nuestro estudio podemos comprobar que en el análisis de la FC no se observan cambios significativos por efecto de la sucesión de los combates en el test global, ni en la FCmáx. ($F=3,477$; $P=0,066$), ni para la FCM ($F=1,889$; $P=0,193$), resultados que se confirman cuando realizamos la comparación por pares (Tabla 3.7.2.2).

La comparación de los tres asaltos para cada combate, muestra que hay un efecto de la sucesión de los asaltos sobre la FCM que es significativa para el tercer combate ($F=29,081$; $P=0,000$). Datos coincidentes con los expresados por Bouhlel y col. (2006); Butios y Tasika (2007) y Chiodo y col. (2011).

La comparación por pares muestra una FCM (Tabla 3.7.2.3) similar en los tres asaltos del primer combate. El segundo combate presenta un incremento de la FCM del segundo asalto sobre la del primero ($P=0,006$). En el tercer combate la FCM del primer asalto tiene una diferencia significativa con la del segundo ($P<0,05$) y la del tercero ($P<0,05$). No existen diferencias significativas del segundo asalto con respecto al tercero ($P>0,05$). El segundo asalto presenta

una FCM significativamente mayor a la del primero, incremento que se mantiene para el tercer asalto, sin observarse incremento del tercero con respecto al segundo. El incremento de la FCM de cada combate se produce entre el segundo y el primer asalto, debido a los ajustes cardiovasculares del taekwondista para adaptarse al incremento de intensidad. Esta intensidad permanece sin diferencias significativas entre el segundo y el tercer asalto, tal como refleja la Tabla 3.7.2.3., al analizar la FCM de estos asaltos. Esta disminución contrasta con los datos encontrados por Bridge y col. (2009); Chiodo y col. (2011); Heller y col. (1998), que manifiestan un incremento progresivo de la FCM en cada asalto.

Como consecuencia, y pese al carácter intermitente de los esfuerzos en Taekwondo, frecuencias cardiacas medias tan altas, superiores a las de los deportes colectivos (Bonitch, J. G., 2006; Bonitch, J., 2007), indican una significativa intervención cardiovascular requerida por la competición. Esta importante sollicitación y sobrecarga del sistema cardiovascular es inevitable para desarrollar actividades intermitentes de elevada intensidad y de una duración media de entre 7 y 8 minutos, a través de una participación mixta de los sistemas energéticos. Estos sistemas energéticos se van solapando durante el desarrollo del combate, determinando el momento de su intervención y utilización, la mayor o menor intensidad del mismo. Se producirá una intervención acoplada de los metabolismos y la intensidad (Franchini y col., 2003; Muramatsu y col., 1994), pasando de la intervención del metabolismo anaeróbico en las acciones de confrontación, al predominio del metabolismo aeróbico en las fases de espera (Bouhlef y col., 2006).

4.5.- CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

Existe una alta fuerza de asociación positiva entre frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) y la frecuencia cardiaca media (FCM) de cada combate ($\rho_{x,y}=0,965$; $P=0,000$), que se ve reflejada en el incremento de las dos variables entre el primer y segundo combate, manifestando la adaptación del sistema cardiovascular a la intensidad de competición. Al igual que los estudios realizados por Bonitch, J. G. (2006); y Bonitch, J. (2007), no encontramos correlación entre la FCmax., o FCM, con la concentración de lactato después de los combates. La FC debido a su monitorización constante durante el combate, refleja de forma más exacta, que otras variables fisiológicas, la evolución de la intensidad durante los asaltos y combates (Bonitch, J. G., 2006).

No existe correlación entre la FC y la concentración de lactato sugiriendo que la vía anaeróbica no incrementa su aportación a expensas del incremento de la FC. Las concentraciones de lactato de $11,62 \pm 1,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, muestran unos valores cercanos a los que se tienen en el consumo máximo de oxígeno, que es donde se consigue la FCmax, a partir de aquí los incrementos de intensidad son debidos a las vías no oxidativas. En la literatura consultada, al igual que en nuestro estudio, no se han encontrado asociaciones significativas entre la FC y la concentración de lactato, (Mazza, 1997; Tamayo, Nicot, y López, 2009), tampoco en estudios de otros deportes como en Judo (Bonitch, J. G., 2006; Bonitch, J. 2007) o en Rugby a siete (Rufino, y Wheeler, 2003).

Es admitido en la literatura científica, que la actividad física intensa da como resultado la producción de lactato, y su acumulación en la sangre y el músculo (Vollestad, Tabata, y Medbo, 1992; Withers y col., 1991), estando fuertemente relacionada con la intensidad de la misma (Medbo y col., 1993).

Ahmaidi, y col. (1996); Bogdanis, y col. (1994); Hogan, y col. (1984); Karlsson, y col. (1975); Klausen, y col. (1972); Weltman, y col. (1977); Wilmore y

Costill (2004) y Yates, y col. (1983), sugieren que la excesiva concentración de lactato esta relacionada con el detrimento del rendimiento deportivo, pudiendo ser una de las causas de la disminución de la fuerza y la potencia (Szygula y col., 2003).

Sin embargo otros autores cuestionan la relación entre concentración de lactato y disminución de rendimiento (Bangsbo, Johansen, Quistorff y Saltin, 1993; Bonitch, 2007; Books, 2001; Westerbla y col., 2002;).

En nuestro estudio, no existe correlación entre la concentración de lactato y la PMD de los combates al igual que los estudios con Judocas de Bonitch (2007) y Franchini y col. (2003), mostrándonos una correlación $r_{x,y} = 0,302$ ($P > 0,05$; Tabla 3.8.1).

Hemos comprobado, que existe una correlación $r_{x,y} = 0,515$ ($P < 0,05$), para la concentración de lactato y la PPD del combate. Esto puede significar que la potencia de piernas en la pegada, utiliza la vía anaeróbica aláctica para manifestarse, no estando asociada a la vía láctica. De estos datos podríamos deducir que altas intensidades de combate no impiden conseguir la energía necesaria para ejecutar un golpe con la potencia necesaria para puntuar. La débil correlación entre el lactato final y la potencia pico final, pone de manifiesto que altas intensidades de combate incrementan el lactato final en taekwondistas, pero no producen una pérdida de potencia por el efecto de la concentración de este, por el contrario producen una potenciación, confirmando la hipótesis del estudio realizado por Hubner-Wozniak, Kosmol, Lutoslawska, y Bem (2004), con luchadores olímpicos polacos, donde comparó el cociente entre la concentración de lactato y la potencia relativa (W/Kg de masa magra) de piernas y brazos. Así mismo Weltman, Stamford, y Fulco (1979), verificaron que diferentes concentraciones de lactato, no tienen influencia sobre el rendimiento anaeróbico posterior. Weltman y Regan (1983),

observaron que el decremento en el lactato sanguíneo causado por un periodo de recuperación activa, no tiene influencia en el rendimiento de tareas supramáximas.

Hallamos en nuestro estudio una fuerte correlación entre los kilogramos que desplaza el taekwondista en el ejercicio de sentadilla (Kg S), con la potencias pico (PP) y la potencia media (PM) obtenidas antes y después de los combates ($P < 0,01$; Tabla 3.8.1). En este sentido se manifestaban Kaneko y col. (1983), reflejando la influencia de la aplicación de diferentes cargas, en la relación Fuerza-Velocidad y como resultante la potencia de extensión de piernas. Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones y Hoff (2004; citados por Juárez y col., 2008), encontraron una correlación de 0.78 ($P < 0.05$) entre el salto vertical y 1RM con Squat a 90°, con futbolistas de élite, lo que nos hace suponer que existe relación entre la fuerza máxima ejercida en la sentadilla y la potencia del salto vertical.

Por el contrario Juárez, Navarro, Aceña, González y Arijá (2008) y Juárez, López, Mallo y Navarro (2010), concluyen en sus estudios con futbolistas, que no existe relación entre la potencia del golpeo del balón y el salto vertical, medido con Squat paralelo. La discrepancia con los estudios anteriores, podría radicar en la diferencia del tipo de ejercicio de Squat utilizado en ambos análisis.

También hemos encontrado una alta correlación entre las dos variables medidas de la potencia, la PP y la PM, tanto antes como después de los combates entre sí ($P = 0,01$), corroborando la relación que existe entre estas dos variables. Stone y col. (2003), indican que la fuerza máxima aplicada contribuye a mejorar la potencia y explosividad tanto con cargas ligeras como pesadas. Por lo tanto, la mejora de la fuerza máxima a consecuencia del entrenamiento, podría mejorar la potencia y la explosividad, y por lo tanto, el rendimiento en una variedad de movimientos relacionados con resistencias ligeras o pesadas.

Naclerio, Santos y Pantoja (2004), concluyen que si bien la mejora de los niveles de fuerza máxima con ejercicios generales en deportistas de bajo nivel, tiene una influencia positiva, sobre la velocidad y potencia del gesto, en deportistas entrenados será necesaria para la mejora de la potencia la utilización de ejercicios específicos, ya que constituyen las premisas indispensables para crear las adaptaciones neuromusculares que caracterizan a los gestos explosivos.

La potencia tiene una fuerte asociación con los Kg desplazados ya que la masa es una de las variables que determinan la potencia, a mayor masa, mayor potencia, siempre que la aceleración sea mayor que cero. Podemos deducir que aquellos taekwondistas que sean capaces de desplazar más Kg de peso en Squat 90°, sin detrimento de la velocidad de ejecución, serán capaces de ejercer mayor potencia de pegada.

No hemos encontrado asociaciones de interés entre la potencia de pegada, los puntos acumulados y la potencia desarrollada antes y después de los combates (Tabla 3.8.2).



Universidad de Granada

CAPITULO V

CONCLUSIONES



CAPITULO V: CONCLUSIONES.

1. La sucesión de combates de taekwondo, en las condiciones establecidas en este estudio, no afectan a la potencia de las piernas, observándose por el contrario una tendencia a la potenciación que no llega a alcanzar significación estadística.
2. La tendencia a la mejora en los valores de potencia pico y media registrados después de los combates con respecto a la de antes se acompaña de un aumento en los niveles de fuerza media desarrollados.
3. El descanso entre combates favorece un incremento en las velocidades previas medias a medida que se suceden los combates sin que llegue a afectar a los niveles de potencia desarrollados.
4. La estructura de combates establecida en este estudio alcanza niveles elevados de estrés fisiológico, en función de los valores de frecuencias cardiacas máximas registrados, acordes con las teóricas, y lactatos máximos superiores a $9 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ que se mantienen a lo largo de todos los combates y son representativas de los alcanzados en competiciones oficiales.
5. La mayoría de los puntos del combate se obtienen mediante golpes con el pie. La distribución de los puntos por esta acción se acumula más, a medida que se suceden los combates, en aquellos combatientes que disponen de mejores recursos para llegar al adversario. La ausencia de

relación entre los marcadores de fatiga con las potencias desarrolladas dentro y fuera del tapiz de competición, indica que la capacidad de puntuar durante el combate no se ve afectada por la carga cardiovascular y metabólica características de la competición.

6. La asociación positiva observada entre la concentración de lactato máxima y la potencia pico alcanzada después de los combates, es compatible con el estado de potenciación del componente explosivo muscular observado en el estudio, sin que llegue a constituir un factor de interacción negativo en acciones de estas características.
7. La estructura temporal del combate muestra una duración media de las las secuencias ataque-contraataque de 2.79 s, para una relación trabajo descanso de 1:4 a 1:5.

PERSPECTIVAS DE FUTURO.

1. Dada la heterogeneidad de los taekwondistas en los diferentes pesos, replicar el trabajo con un número suficiente de sujetos para cada categoría de peso y sexo.
2. Dados los datos obtenidos en este estudio, determinar el efecto de diferentes métodos de entrenamiento sobre la Potencia Pico.
3. Utilizar como variable de potencia la magnitud del golpeo en el EBP.
4. Medir la evolución de la potencia de golpeo dentro de la secuencia de ataque-contraataque.



Universidad de Granada

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA



1. **Abbate, F., Sargeant, A. J., Verdijk, P.W.L. & Haan, A. (2000).** Effects of hightfrequency initial pulses and posttetanic potentiation on power output of skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.*88:35-40.
2. **Almenares, M.E., Collazo, B.C. & Rodríguez, E.A. (2005).** Aptitud anaerobia en deportistas de combate del sexo femenino. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 5, 19, 283-294.
3. **Alvarez, A. (2004).** Sistema metodológico para el desarrollo de la resistencia especial en el taekwondo. Primera parte: métodos continuos. Recuperado el 09-03-2009 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 72.
4. **Ahmaidi, S., Granier, P., Taoutaou, Z., Mercier, J., Dubouchaud, H. & Prefaut, C. (1996).** Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intense exercise. *Med. Sci Sports Exerc.*, 28, 450-456.
5. **Aranda, C. A. (2009).** Desarrollo de fibras musculares dentro de la etapa específica en el taekwondo. Recuperado el 25-09-2009 de <http://mastaekwondo.com/2009/09/las-fibras-musculares-en-el-taekwondo/>
6. **Aranda, C. A. (2009).** Taekwondo y las Ciencias Aplicadas. Recuperado el 25-02-2011 de <http://mastaekwondo.com/2009/05/16/taekwondo-y-las-ciencias-aplicadas/>
7. **Astrand, P.O. & Rodhal, K. (1997).** *Texbook of work Physiology.* Mc Graw-Hill Inc.

8. **Baker, D. (2001a).** A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *J. Strength Cond. Res.* 15, 198–209.
9. **Baker, D. (2001b).** Acute and long-term power responses to power training: Observations on the training of an elite power athlete. *Strength Cond. J.* 23, 47–56.
10. **Baker, D., Nance, S., y Moore, M. (2001).** The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench throws in highly trained athletes. *J. Strength Cond. Res.* 15, 20–24.
11. **Baker, D., Nance, S. & Moore, M. (2001).** The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J. Strength Cond. Res.* 15, (92–97).
12. **Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjödín, B. & Ekblom, B. (1992a).** Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 7, 528-533.
13. **Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjödín, B. & Ekblom, B. (1992b).** Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, (144-149).
14. **Bangsbo, J., Johansen, L., Quistorff, B. & Saltin, B. (1993).** NMR and analytic biochemical evaluation of CrP and nucleotides in the human calf during muscular contraction. *Journal of Applied Physiology*; 74(4): 2034-2039.
15. **Behm, D. G. & Sale, D. G. (1993).** Velocity specificity of resistance training. *Sports med*, 15 (6):374-388.

16. **Beltrán, J. V. (2011)**. Efectos del método contrastes sobre el rendimiento muscular: meta-análisis de su eficacia. Tesis doctoral. Universitat de Lleida. Departament de Medicina. ISBN 9788469465394.
17. **Bigland-Ritchie, B., Furbush, F. & Woods, J. (1986)**. Fatigue of intermittent submaximal contractions: central and peripheral factors. *Journal of Applied Physiology*; 61(2): 421–429.
18. **Bogdanis, G. C., Nevill M. E. & Lakomy, H. (1994)**. Effects of previous dynamic arm exercise on power output during repeated maximal spring cycling. *J. Sports Sci*, 12, 363-70.
19. **Bompa, T. O. (1999)**. Periodization training for sport. Champaign, IL.: Human Kinetics.
20. **Bonitch, J. G. (2004)**. Estructura temporal de los combates de Judo del Campeonato de Andalucía Sénior 2003. III Seminario del Judo Andaluz. Fanjyda, Cádiz, España.
21. **Bonitch, J. G. (2006)**. Evolución de la fuerza muscular relacionada con la producción y aclaramiento de lactato en sucesivos combates de judo. Tesis Doctoral. Granada, España: Universidad de Granada.
22. **Bonitch, J. (2007)**. Evolución de la fuerza muscular del tren superior en sucesivos combates de judo. Tesis Doctoral. Granada, España: Universidad de Granada.
23. **Books, G. A. (2001)**. Lactate doesn't necessarily cause fatigue: ¿why are we surprised? *J. Physiol.*, 536-541.
24. **Bosco, C. & Komi, P. V. (1979)**. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 41, 275-284.

25. **Bosco, C. & Luhtanen, P. (1992).** Fisiología e Biomecánica applicata al Calcio. Roma : Societá Stampa Sportiva
26. **Bosco, C. (2000).** La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. (1ª ed.) Barcelona: INDE Publicaciones.
27. **Bouhlef, E., Jouini, A., Gmada, N., Nefzi, A., Ben Abdallah, K. & Tabka, Z. (2006).** Hear rate blood lactate responses during Taekwondo training and competition. *Science and Sports* 21, 285-290.
28. **Bührle, M. & Schmidtbleicher, D. (1977).** Influence of maximum strength training on the speed of movement. *Leistungssport*, 7 (1), 3-10.
29. **Butios, S. & Tasika, N. (2007).** Changes in heart rate and blood lactate concentration as intensity parameters during simulated Taekwondo competition. *of Sports Medicine and Physical Fitness*; 47, 2; ProQuest Health & Medical Complete. 179-185.
30. **Bridge, C. A., Jones, M. A. & Drust, B. (2009).** Physiological Responses and Perceived Exertion During International Taekwondo Competition. *International Journal of Sports Physiology Performance*. 4, 4, 485-493.
31. **Callister, R., Fleck, S.J. & Dudley, G.A. (1990).** Physiological and performance responses to overtraining in elite judo athletes. *Medicine and science in sport and exercise*, 22, 816-824.
32. **Callister, R., Callister, R.J., Staron, R.S., Fleck, S.J., Tesch, P. & Dudley, G.A. (1991).** Physiological characteristics of elite judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 196-203. *BONITCH HIJO*
33. **Castarlenas, J. L. & Planas, A. (1997).** Estudio de la estructura temporal del combate de judo. *Apunts Educ. Física Deportes*, 47, (32-39).
34. **Cavazani, R.N. (1991).** Blood lactate before and after successive judo matches. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. 1-30.

35. **Chiodo, S., Tessitore, A., Cortis, C., Lupo, C., Ammendolia, A., Iona, T. & Capranica, L. (2011).** Effects of official taekwondo competitions on all-out performances of elite athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25 (2). 334-339.
36. **Cometti, G. (1989a).** Los métodos modernos de musculación. (1ª. Ed.). Barcelona: Paidotribo.
37. **Cometti, G. (1998b).** La pliometría. Barcelona: Inde.
38. **Costill, D.L. & Fox, E.L. (1969).** Energetics of marathon running. *Med. Sci. Sports*. 1, 81-86.
39. **Cronin, J., McNair, P.J. & Marshall, R.M. (2001).** Developing explosive power: A comparison of technique and training. *J. Sci. Med. Sport*. 4, 59–70.
40. **Cular, D., Krstulovicb, S. & Tomljanovicc, M. (2008).** Differences between medal winners and non-winners at the 2008 Olympic Games taekwondo tournament. Faculty of Kinesiology - University of Split; Teslina 6; Split – 21000, Croatia.
41. **Cular, D., Krstulovicb, S. & Tomljanovicc, M. (2011).** The differences between medalists and non-medalists at the 2008 Olympic Games taekwondo tournament. *Human Movement*, vol. 12 (2), 65-170.
42. **Davies, C.T.M. & Thompson, M.W. (1979).** Aerobic Performance of female maratón and male ultramaraton athletes. *Eur. J. Appl. Physiol*, 41, 233-245.
43. **Douris, P. (2004).** Fitness levels of middle aged martial art practitioner. *Br J Sport Med*, 38, 143-147.
44. **Estevan, I. (2009).** Estudio sobre parámetros mecánicos y autoeficacia

- física percibida en la patada “dolio chagui” de taekwondo. Tesis Doctoral. Valencia, España: Universitat de Valencia.
45. **Estevan, I., Molina, J., Falcó, C. & Alvarez, O. (2010).** Comparación de la eficiencia de la patada circular al pecho y a la cara en taekwondo según la distancia de ejecución. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 21, (4), 269-279.
 46. **Fahey, T. D., Akka, L. & Rolph, R. (1975).** Body composition and VO₂ max of exceptional weight athletes. *J Appl Physiol*, 39:559-561.
 47. **Fallentin, N., Jorgensen, K. & Simonsen, E. B. (1993).** Motor unit recruitment during prolonged isometric contractions. *Eur J Appl Physiol*, 76: 335-341.
 48. **Faulkner, J.A., Clafflin, D.R. & Mccully, K.K. (1986).** Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. *Human Muscle Power*. N.L. Jones, N.M. McCartney, and A. J. McComas, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 81–94.
 49. **Fargas, I. (1990).** Taekwondo –Alta competición-. Ed. Total Press, 1990.
 50. **Fargas, I. (1993).** Taekwondo. Ed. Comité Olímpico Español. Mayo 1993. (pp. 136-155) (p.241).
 51. **Federación Mundial de Taekwondo. Sobre Taekwondo. Historia. (2011).** Recuperado el 10 de marzo de 2011 de http://www.wtf.org/wtf_spanish/site/about_tae_kwondo/ancient_timers.html
 52. **Fernández, F.R. (2004).** Metodología de un diagnóstico para el nivel de cumplimiento de los objetivos técnicos y tácticos planificados en los asaltos de entrenamiento del Taekwondo. <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 68 - Enero de 2004.

53. **Franchini, E., Taniko, M.Y., Nakamura, F.Y., Matsushigue, A.K. & Peduti Dal`molin, M.A. (2003).** Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J Sports Med Phys Fitness*, 43, 424-31.
54. **Franchini, E., Nakamura, F. Y., Taniko, M. Y. & Peduti Dal`molin M.A. (2001).** Effect of recovery type after a Judo combat on blood lactate and on anaerobic performance. *Corpoconsciencia*, 7, 23-39.
55. **Gaitanos, G. C., Williams, C. Boobis, L. H. & Brooks, S. (1993).** Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*. 75, 2, 712-719.
56. **García, F.R. (1997).** Determinación de la resistencia especial en la selección nacional de Taekwondo cubano mediante los indicadores Ácido láctico, frecuencia cardiaca e incidencia técnica. Tesis de maestría. ISCF "M. Fajardo" La Habana, 1997.
57. **García, J.M. (2004).** Análisis diferencial entre los paradigmas experto-novatos en el contexto del alto rendimiento deportivo en Judo. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla la Mancha, Toledo, España.
58. **Garhammer, J. A. (1993).** A review of power output studies of Olympics and powerlifting: Methodology, performance prediction, and evaluation test. *J Strength Cond Res*, 7: 76-89.
59. **Gómez, P.E. (2001).** Propuesta metodológica experimental de entrenamiento y control de la resistencia especial en el Taekwondo. Recuperado el 09-03-2009 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 7 - N° 40 - Setiembre de 2001.

60. **Gómez, P.E. (2001).** Importancia de la resistencia especial en el taekwondo. Recuperado el 09-03-2009 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 7 - N° 41 - Octubre de 2001.
61. **Gómez, P.E. (2002).** Análisis bioquímico, morfológico y fisiológico de algunas técnicas de pateo utilizadas en el taekwondo. Recuperado el 24-04-2011 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 8 - N° 48 - Mayo de 2002.
62. **Gómez, P.E. (2002).** Control del proceso de entrenamiento deportivo de alta competencia. Recuperado el 09-03-2009 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 8 - N° 55 - 2002.
63. **Gómez, P.E. (2003).** Tendencias actuales en el entrenamiento el taekwondo. Recuperado el 24-04-2011 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 9 - N° 61 - Junio de 2003.
64. **González, A. M. Leyva, S. J. (2005).** El entrenamiento de la fuerza con pesas en el taekwondo. Recuperado el 27-12-2011 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 81 - Febrero de 2005.
65. **González, A. M., y Leyva, S. J. (2006).** Planificación del entrenamiento deportivo en el taekwondo atendiendo a las zonas de producción de energía en las diferentes direcciones de la preparación. Recuperado el 23-04-2011 de <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 93 - Febrero de 2006.
66. **González, A. M. (2007).** Teoría y metodología del entrenamiento del taekwondo. 67-68. Recuperado el 23-04-2011 de <http://www.ilustrados.com/buscar.php?search=taekwondo&type=and> .
Monografías, tesis, bibliografías, educación.

67. **González Badillo, J.J. (1998).** La planificación y organización del entrenamiento de la fuerza. V Congreso Internacional sobre Entrenamiento de la fuerza: el entrenamiento de la fuerza como factor clave del rendimiento deportivo. León, octubre 1998.
68. **González, J. J. & Gorostiaga, E. (1995).** Fundamentos del entrenamiento de fuerza. (1ª ed.). Barcelona: INDE Publicaciones.
69. **González, J. J. & Rivas, J. (2002).** Bases de la Programación del entrenamiento de fuerza. (1ª ed.). Barcelona: INDE Publicaciones.
70. **Gonzalo, J.L. (2010).** Reglamento para el arbitraje de Taekwondo. Recuperado el 29 de octubre de 2011 <http://www.fetaekwondo.net/noticias.php?id=524>
71. **Gorostiaga, E.M. (1988).** Coste energético del combate de judo. Apunts., 25, 135-139.
72. **Haff, G. G., Whitley, A. y Potteiger, J.A. (2001).** A brief review: Explosive exercises and sports performance. Strength Cond. J, 23, 13–20.
73. **Häkkinen, K. (1994).** Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading. Electromyography and Clinical Neurophysiology; 34: 205–214.
74. **Hakkinen, K. & Komi, P.V. (1983).** Alterations of mechanical characteristics of human skeletal muscle during strength training. European Journal Applied Physiology, 50: 161-72.
75. **Häkkinen, K., Komi, P. V.; & Tesch, P. A. (1981).** Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. Scandinavian Journal of Sports Sciences, 3 (2), 50-58.
76. **Häkkinen, K. & Myllyla, E. (1990).** Acute effects of muscle fatigue and

- recovery on force production and relaxation in endurance, power and strength athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 30: 5-12.
77. **Harris, G.R., Stone, M.H., O'bryant, H.S., Proulx, C.M. & Johnson, R. (2000)**. Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *J. Strength Cond. Res*, 14, 14–20.
78. **Heller, J., Peric, T., Dlouha, R., Kohlikova, E., Melichna, J. & Novakova, H. (1998)**. Physiological profiles of male and female taekwondo (ITF) black belts. *Journal of Sport Science*, 16, 243-249.
79. **Hogan, M. C. & Welch, H. G. (1984)**. Effect of varied lactate level on bicycle ergometer performance. *Journal of Applied Physiology*, 57, 507-513.
80. **Hori, N., Newton, R. U., Nosaka, K. & Stone, M. H. (2005)**. Weightlifting exercises enhance athletic performance that requires high-load speed strength. *Strength and Conditioning Journal*. 27 (4): 50-55.
81. **Hoff, J. & Almasbakk, B. (1995)**. The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9 (4), 255-258.
82. **Hubner-Wozniak, E., Kosmol, A., Lutoslawska, G. & Bem, E. Z. (2004)**. Anaerobic performance of arms and legs in male and female free style wrestlers. *J Sci Med Sport*, 7(4): 473-80.
83. **Izquierdo, M., Hakkinen, K., Antón, A., Garrues, M., Ibáñez, J., Ruesta, M. & Gorostiaga, E.M. (2001)**. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Med. Sci. Sports Exerc*, 33, 1577–1587.
84. **Izquierdo, M., Hakkinen, K., González-Badillo, J. J., Ibáñez, J. &**

- Gorostiaga, E. M. (2002).** Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur. J. Appl. Physiol*, 87, 264–271.
85. **Jensen, R. L., Freedson, P. S. & Hamil, J. (1996).** The prediction of power and efficiency during near-maximal rowing. *Eur J Appl Psychol*. 73:98-104.
86. **Juárez, D., Navarro, F., Aceña, R. M., González, J. M., Arija, B. & Muñoz, V. (2008).** Relación entre la fuerza máxima en Squat y acciones de salto, sprint y golpeo del balón. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 10 (4), 1-12.
87. **Juárez, D., López, C., Mallo, J. & Navarro, E. (2010).** Análisis de golpeo del balón y su relación con el salto vertical en futbolistas juveniles de alto nivel. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 19 (4), 128-140.
88. **Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H. & Suei, K. (1983).** Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 5 (2), 50–55.
89. **Karlsson, J., Bonde-Petersen, F., Henriksson, J. & Knuttgen, H. G. (1975).** Effects of previous exercise with arms or legs on metabolism and performance in exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 38, 763-767.
90. **Kawamori, N. & Haff, G. (2004).** The optimal training load for development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3): 675-684.
91. **Kazemi, M., Cassella, C. & Perri, G. (2009).** 2004 Olympic Tae Kwon Do Profile. 53 (2) 144-152.
92. **Kazemi, M., Perri, G. & Soave, D. (2010).** A Profile of 2008 Olympic

- Taekwondo competitors. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*. 54 (4) 243-249.
93. **Kazemi, M., Waalen, J., Morgan, C. & White, A.R. (2006)**. A profile of Olympic Taekwondo Competitors. Canadian Memorial Chiropractic College and Ryerson University, Toronto, Ontario, Canada Published (online): 01 July 2006. *Journal of Sports Science and Medicine* (2006) CCSI, 114-121.
94. **Kim, Y. Korean History for International Citizens. (2007)**. Loss of Sovereignty and Commencement of a Nationalist Movement. Seoul, Korea: Northeast Asian History Foundation (Ed). (pp. 70-82.)
95. **Kim, Y. Korean History for International Citizens. (2007)**. Origins of the Ancient Korean States and Early Civilization. Seoul, Korea: Northeast Asian History Foundation (Ed). (p. 14).
96. **Komi, P. V. & Viitasalo, J. (1977)**. Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. *Acta Physiologica Scandinavica*; 100:2, 246–254.
97. **Komi, P. V. & Rusko, H. (1974)**. Quantitative evaluation of mechanical and electrical changes during fatigue loading of eccentric and concentric work. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine Supplement*; 3: 121–126.
98. **Klausen, K., Knuttgen, H. G. & Foster, H.V. (1972)**. Effect of pre-existing high blood lactate concentration on maximal exercise performance. *Scan J. Clin Lab. Invest.* 30, 415-9.
99. **Knudtson, A. V., Curt, J. T. & Agre, J. C. (1993)**. Fatigue and recovery of MCV after isometric exercise of different intensities in humans. *Med Sci*

- Sports Exerc, 25 (5), Suppl. S174.
100. **Knuttgen, H. G. & Kraemer, W. J. (1987).** Terminology and measurement in exercise performance. *J. ASports Sci. Res*, 1, 1-10.
 101. **Kraemer, W. J., Noble, B. J., Clark, M. J., Culver, B. W. (1987).** Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med*, 8 (4): 247-252.
 102. **Kroglund, C. & Jorgensen, K. (1993).** Myo-electric fatigue manifestations revisited-power spectrum, conduction velocity, and amplitude of human elbow flexor muscle during isolated and repetitive endurance contractions at 30% maximal voluntary contraction. *Eur J Appl Physiol*. 66 (2): 161-173.
 103. **Lara, A. J., Abián, J., Alegre, L. M., Jiménez, L. & Aguado, X. (2005).** Medición directa de la potencia con test de salto en voleibol femenino. *Archivos de medicina del Deporte*. Vol XXII. Nº 106-2005. 111-120.
 104. **Lehmann, G. (1997).** La resistenza negli sport di combattimento. *Riv Cult Sportiva*. 16: 19-25.
 105. **Leger, L., Mercier, M. & Gauvin, L. (1980).** The relationship between % Vo_2 max and running performance time. En: Unpublished manuscript. Comunicación personal.
 106. **Lin, W. L., Yen, K. T., Lu, C.Y.D., Huang, Y. H., Chang, C. K. (2006).** Anaerobic capacity of elite Taiwanese Taekwondo athletes. *Sci Sport*, 21, 291-293.
 107. **Linnamo, V., Häkkinen, K. & Komi, P. V. (1998).** Neuromuscular fatigue and recovery in maximal compared to explosive strength loading.

- European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 77(1-2): 176-181.
108. **Linnamo, V., Newton, R. U., Häkkinen, K., Komi, P. V., Davie, A., McGuigan, M. & Triplett-McBride, T. (2000).** Neuromuscular responses to explosive and heavy resistance loading. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 10, 417-424.
 109. **López, J. & Fernández, A. (2001).** *Fisiología del Ejercicio*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
 110. **Manno, R. (1999).** *El entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Inde.
 111. **Markovic, G., Vucetic, V. & Cardinale, M. (2008).** Heart rate and lactate responses to taekwondo fight in elite women performer. *Biol Sport*, 2, 135-146.
 112. **Matsushigue, K.A., Hartmann, K. & Francine, E. (2009).** Taekwondo: Physiological Responses and Match Analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)*. 23, 4, 1112-1117.
 113. **Mazza, J. C. (1997).** *Ácido Láctico y Ejercicio (Parte II)*. Actualización en *Ciencia del Deporte*. Vol. 5, Nº 14.
 114. **MacIntosh, B. R. & Shirley N. B. (2002).** Potentiation of shortening during repeated isotonic titanic contractions in mammalian skeletal muscle. *Eur.J.Physiol*. 443: 804-812.
 115. **McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2003, 5ª ed.).** *Exercise physiology: Energy, nutrition and human performance*. Lippincott, Williams & Wilkins.
 116. **Mcbride, J.M., Triplett-Mcbride, T., Davie, A., y Newton, R.U. (1999).** A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters, and sprinters. *J. Strength Cond. Res*, 13, 58–66.

117. **Medbo, J. I., Tabata, I. (1993).** Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J. Appl. Physiol.* 75: 1654-1660.
118. **Melhim, A.F. (2001).** Aerobic and anaerobic power responses to the practice of taekwon-do. *British Journal of Sports Medicine.* 35, 4, 231-234.
119. **Metzger, J. M. & Moss, R. L. (1990).** PH modulation of the kinetics of the Ca^{2+} sensitive cross-bridge state transition in mammalian single skeletal muscle fibres. *Journal Physiology*, 428, 751-764.
120. **Monteiro, L. F., Peixoto, L. & Proenca, J. (2001).** Physical fitness on elite judocas. Medallist and non medallist. Abstract book. 2nd I.J.F. World Judo Conference. Munich, Alemania.
121. **Moss, B.M., Refsnes, P.E., Ablidgaard, A., Nicolaysen, K., y Jensen, J. (1997).** Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol*, 75, 193–199.
122. **Muramatsu, S., Horiyasu, T., Sato, S. I., Hattori, Y., Ynangisawa, H., Onozawa, K., et al. (1994).** The relationship between aeróbic capacity and peack power during intermittent anaerobic exercise of judo athletes. *Bull. Assoc. Sci. Study Judo*, 8, 151-60.
123. **Naclerio, F., Santos, J. & Pantoja, D. (2004).** Relación entre los Parámetros de Fuerza, Potencia y Velocidad en Jugadoras de Softball. *Kronos. Revista Universitaria de la Actividad Física y el Deporte.* Vol. 3, Nº 6, 13-20.

124. **Newton, R.U. & Kraemer, W.J. (1994).** Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond. J*, 16, 20–31.
125. **Newton, R.U., Murphy, A.J., Humphries, B.J., Wilson, G.J., Kraemer, W.J. & Hakkinen, K. (1997).** Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur. J. Appl. Physiol*, 75, 333–342.
126. **Newton, R.U. & Dugan, E. (2002).** Application of strength diagnosis. *Strength Cond. J*, 24, 50–59.
127. **Olivé, R. (2005).** Estudio de la Cadera del Practicante de Taekwondo. Tesis Doctoral. Barcelona, España: Universidad de Barcelona.
128. **Padial, P. (1993).** El sistema deportista y sus capacidades. *Stadium*, 159, 13-16.
129. **Padial, P. (1994).** Influencia de la reducción del tiempo de apoyo en la eficacia de la aplicación de la fuerza explosiva. (Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España).
130. **Patterson, R., Pearson, J. & Fisher, S. (1985).** Work–rest periods: their effects on normal physiologic response to isometric and dynamic work. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*; 66:348–52.
131. **Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G. & Lacour, J.R. (2001).** Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *Eur. J. Appl. Physio*, 84, 227–232.
132. **Rontoyannis, G.P. (1998).** Lactate elimination from the blood during active recovery. *Journal Sports Med Phys Fitness*, 28, 115-23.

133. **Ruales, H. P. (2010)**. Análisis de la fuerza explosiva en el rendimiento físico del equipo de taekwondo de la ESPE. Propuesta alternativa. Tesis Doctoral, Quito Salgolquí, Ecuador: Universidad ESPE. Recuperado el 05-01-2012 de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/1009>
134. **Rufino, D. J. & Wheeler, A. (2003)**. Niveles de lactato en sangre y frecuencia cardíaca en partidos de rugby modalidad seven. Recuperado el 14-02-2012 de <http://www.efdeportes.com/Revista Digital - Buenos Aires- año 8- Nº 58- Marzo de 2003>.
135. **Sale, D. G. (2002)**. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Excerc. Sport Sci Rev*, 30: 138-143.
136. **Saltin, B. (1990)**. Anaerobic capacity: past, present and prospective. En: Taylor, A. W., Gollnick, P.D., Green, H. J., Ianuzzo, C. D., Nobel, E. G., Metivier, G. et al. (Ed.), *Biochemistry of exercise*. Champaign: Human Kinetics (387-412).
137. **Schmidtbleicher, D. (1992)**. Training for power events. En P.V. Komi. (Ed), *Strength and power in sport*, 381-395. Boston, E.E.U.U.: Blackwell Scientific Publications.
138. **Servicio de Cultura e Información de Corea, Ministerio de Cultura, Deporte y Turismo. (2009)**. Datos sobre Corea. Historia. Seúl, Corea. 32-33.
139. **Siegel, J. A., Gilders, R.M., Staron, R. S. & Hagerman, F.C. (2002)**. Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *J. Strength Cond. Re*, 16, 173–178.
140. **Sikorski, W., Mickiewicz, G., Majle, B. & Laksa, C. (1987)**. Structure of the contest and work capacity of the judoist. European Judo Union, (Ed), *Proceedings of the international congress on Judo*. Spala: European Judo

- Union; 58-65.
141. **Smilios, I. (1994)**. Effects of varying levels of muscular fatigue on leg power. Eugene, Ore., Microform Publications, Int'l Institute for Sport and Human Performance, Uni. Of Oregon.
 142. **Stone, M.H., O'bryant, H.S., McCoy, L., Coglianesi, R., Lehmkuh M. & Shilling. B. (2003)**. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17, 140–147.
 143. **Stone, M. H., Sanborn, K., O'bryant, H. S., Hartman, H., Margaret E. Stone, M. E., Proulx, C., Ward, B. & Hruby, J. (2003)**. Maximum Strength-Power-Performance Relationships in Collegiate Throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17(4), 739–745.
 144. **Szygula, Z., Gawronski, W. & Kalinski, M. (2003)**. Fatigue during exercise. *Medicina Sportiva*, 7, 57-67.
 145. **Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita, F. & Miyashi, M. (1997)**. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 29, 390-395.
 146. **Tae, S. & Fernández de la Portilla, J. R. (2009)**. Breve Historia del Taekwondo. 1-10. Recuperado el 10 de marzo de 2011 de <http://delegaciongranadinatkd.com/images/ARTICULOS/Historia%20del%20Taekwondo.pdf>
 147. **Tamayo, E., Nicot, G. & López, A. (2009)**. Relación Lactato, Frecuencia Cardíaca y Duración de las Selecciones en Modalidades de Gimnasia Artística Masculina. *Revista Cubana de Medicina Deportiva*. Vol. 4, Nº 3.
 148. **Tesch, P., Thorsson, A. & Fujitsuka N. (1989)**. Creatine phosphate in fiber types of skeletal muscle before and after exhaustive exercise.

- Journal of Applied Physiology; 66(4): 1756–1759.
149. **Thomas, M., Fiatarone, M.A., y Fielding, R.A. (1996).** Leg power in young women: Relationship to body composition, strength, and function. *Med. Sci. Sports Exer*, 28, 1321–1326.
 150. **Thorstensson, A. & Karlsson, J. (1976).** Fatiguability and fibre composition of human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*; 98: 318–322.
 151. **Tihanyi, J. (1988).** Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Simposio E. N. E. Atletismo, Estepona: Malaga.
 152. **Toskovic, N. N., Blessing, D. & Williford, H. (2004).** Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 44, 2, 164-172.
 153. **Toskovic, N. N., Blessing, D. & Williford, H. (2002).** The effect of experience and gender on cardiovascular and metabolic responses with dynamic Tae Kwon Do exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 16, 278-285.
 154. **Tumilty, D. & Hann, A. (1996).** A physiological profile of well-trained male judo players, with proposals for training. *Excel Australie*, 4, 12-14.
 155. **Verkhoshansky, Y. & Siff, M. C. (2000).** Superentrenamiento. Ed: Paidotribo.
 156. **Weltman, A. & Regan, J. D. (1983).** Prior exhaustive exercise and subsequent, maximal constant load exercise performance. *Int J Sport Med*, 4 (3): 184-199.
 157. **Weltman, A., Stamford, B.A., Moffat, R.J. & Katch, V.J. (1977).** Exercise recovery, lactate removal, and subsequent high intensity exercise

- performance. *Res Q*, 48, 786-96.
158. **Weltman, A., Stamford, B. A. & Fulco, C. (1979)**. Recovery from maximal effort exercise: lactate disappearance and subsequent performance. *J Appl Physiol*, 47: 677-682.
159. **Wenzel, R. R. & Perfetto, E. M. (1992)**. The effect of speed versus non-speed training in power development. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6 (2), 82-87.
160. **Westerbla, H., Allen, D.G. & Lännergren, J. (2002)**. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *N. Physiol. Sci*, 17, 17-21.
161. **Viitasalo, J. & Komi, P. V. (1981)**. Effects of fatigue on isometric force- and relaxation-time characteristics in human muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*; 111: 87-95.
162. **Vittori, C. (1990)**. El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *RED*, 4(3), 2-8.
163. **Vollestad, N. K., Tabata, I. & Medbo, J. I. (1992)**. Glycogen breakdown in different human muscle fibre types during exhaustive exercise of short duration. *Acta Physiol Scand*, 135: 135-141.
164. **Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2004)**. Fisiología del esfuerzo y del deporte. (5ª. Ed.). Barcelona: Paidotribo.
165. **Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J. & Humphries, B.J. (1993)**. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc*, 25, 1279-1286.
166. **Withers R.T., Sherman, W.M., Clark, D.G. y col. (1991)**. Muscle metabolism during 30, 60 and 90 s of maximal cycling on air-braked ergometer. *Eur J Appl Physiol*, 63:354-362.

167. **Wootton, S. A. & Williams, C. (1983).** The influence of recovery duration on repeated maximal sprints. In: Knuttegn, H. G., Vogel, J. A. & Poortmans, J., (Ed.) Biochemistry of exercise. Champaign: Human Kinetics, 1983. 269-273. (International Series on Sports Sciences).
168. **Yates, J. W., Gadden, B. & Cressanta, M. K. (1983).** Effects of prior dynamic leg exercise on static effort of the elbow flexors. *Journal of Applied Physiology*. 55, 891-896.
169. **Zatsiorsky, V. (1995).** Science and Practice of Strength Training. Human Kinetics. Champaign IL.
170. **Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J. (2006).** Science and Practice of Strength Training. (2ª ed.). Human Kinetics. Champaign IL.
171. **Zar, A., Gilani, A., Ebrahim, K. H. & Gorbani, M. H. (2008).** A survey of the physical fitness of the male taekwondo athletes of the Iranian National Team. *FACTA UNIVERSITATIS. Series: Physical Education and Sport* Vol. 6, Nº 1, 2008, 21 – 29.
172. **Zen-Pin, L., Ryder, C. E. (2004).** The Study of Physiological Factors and Performance in Welterweight Taekwondo Athletes. *The Sport Journal*. Vol 7, nº 2. U.S.



Universidad de Granada

CAPITULO VII

ANEXOS



7.1. FICHA DE CONTROL DE PUNTOS EN COMBATES POR ASALTOS

FECHA:

OBSERVADOR:

Nº SUJ.	C. Nº	PUNTOS ASALTO			RESULTADO
		1º	2º	3º	
1A					
2B					
3C					
4D					
5E					
6F					
7G					
8H					

Nº SUJ.	C. Nº	PUNTOS ASALTO			RESULTADO
		1º	2º	3º	
9i					
10J					
11K					
12L					
13M					
14N					
15P					
16R					

7.2. FICHA DE REGISTRO DE TOMAS DE LACTATO

FECHA:

OBSERVADOR:

Nº SUJ.	COMBATE	LACTATO			
		TOMA 1´	TOMA 3´	TOMA 5´	TOMA PREVIA
1A					
	1º				
	2º				
	3º				
Nº SUJ.	COMBATE	LACTATO			
2B		TOMA 1´	TOMA 3´	TOMA 5´	TOMA PREVIA
	1º				
	2º				
	3º				
Nº SUJ.	COMBATE	LACTATO			
3C		TOMA 1´	TOMA 3´	TOMA 5´	TOMA PREVIA
	1º				
	2º				
	3º				

7.3. FICHA DE TOMA DE DATOS PARA POTENCIA DE PIERNAS CON SENTADILLA

OBSERVADOR:

	C. Nº	POTENCIA MEDIA		POTENCIA PICO	
		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
1A	1				
	2				
	3				
	MAX				
2B	1				
	2				
	3				
	MAX				
3C	1				
	2				
	3				
	MAX				
4D	1				
	2				
	3				
	MAX				
5E	1				
	2				
	3				
	MAX				
6F	1				
	2				
	3				
	MAX				
7G	1				
	2				
	3				
	MAX				
8H	1				
	2				
	3				
	MAX				
9I	1				
	2				
	3				
	MAX				

7.4. HOJA DE REGISTRO DE FRECUENCIA CARDIACA

SUJETO 1A						
1º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						
2º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						
3º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						

SUJETO 2B						
1º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						
2º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						
3º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						

SUJETO 3C						
1º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						
2º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						
3º COMBATE	FCMAX	FCMIN	FCINICIO	FCMEDIA	DS	FC LAC1
ASL1						
ASL2						
ASL3						

7.5. HOJA DE REGISTRO DE VIDEO PARA CONTROL DE ESTRUCTURA TEMPORAL DEL COMBATE Y POTENCIA DE PEGADA

COMBATE Nº: 1 (1A ROJO) Vs (2B AZUL)							TOTAL
INICIO: 11:53	TT:		TUC:		NºSC:		
FINAL: 12:01	ASALTO 1		ASALTO 2		ASALTO 3		
1A Vs 2B	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	
	1A/ROJO	2B/AZUL	1A/ROJO	2B/AZUL	1A/ROJO	2B/AZUL	
	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	
TOTAL PUNTOS							
TRA							
TIA							
TUA							
NSA							

COMBATE Nº: 3 J.GUTIERREZ (5E ROJO) Vs J. FERNANDEZ (6F AZUL)							TOTAL
INICIO: 12:22	TT:		TUC:		NºSC:		
FINAL:12:30	ASALTO 1		ASALTO 2		ASALTO 3		
5E Vs 6F	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	
	5E/ROJO	6F/AZUL	5E/ROJO	6F/AZUL	5E/ROJO	6F/AZUL	
	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	
TOTAL PUNTOS							
TRA							
TIA							
TUA							
NSA							

COMBATE Nº: 4 J.RUIZ (7G ROJO) Vs V.RUIZ (8H AZUL)							TOTAL
INICIO:	TT:		TUC:		NºSC:		
FINAL:	ASALTO 1		ASALTO 2		ASALTO 3		
7G Vs 8H	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	COMP/P	
	7G/ROJO	8H/AZUL	7G/ROJO	8H/AZUL	7G/ROJO	8H/AZUL	
	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	PUNTO/W	
TOTAL PUNTOS							
TRA							
TIA							
TUA							
NSA							