

DEPARTAMENT DE FISIOLOGIA

ESTUDIO SOBRE PARÁMETROS MECÁNICOS Y
DISTANCIA DE GOLPEO DE BANDAL CHAGUI DE
TAEKWONDO.

MARÍA CORAL FALCÓ PÉREZ

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Servei de Publicacions
2009

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 3 de juliol de 2009 davant un tribunal format per:

- Dra. Rosa Cibrián Ortiz de Anda
- Dr. Francisco Gálvez Martínez
- Dr. Julio Martos Torres
- Dr. Florentino Huertas Olmedo
- Dr. Javier Molina García

Va ser dirigida per:

Dr. Antonio Iradi Casal

Dr. Fernando Mugarra

©Copyright: Servei de Publicacions
María Coral Falcó Pérez

Dipòsit legal: V-4187-2010

I.S.B.N.: 978-84-370-7710-9

Edita: Universitat de València

Servei de Publicacions

C/ Arts Gràfiques, 13 baix

46010 València

Spain

Telèfon:(0034)963864115

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Medicina

Departament de Fisiologia



**ESTUDIO SOBRE PARÁMETROS MECÁNICOS
Y DISTANCIA DE GOLPEO DEL BANDAL
CHAGUI EN TAEKWONDO**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Dña. Coral Falcó Pérez

Directores:

Dr. D. Antonio Iradi Casal

Dr. D. C. Fernando Mugarra González

Valencia, marzo de 2009

A Isabel

Quisiera aprovechar estas páginas para agradecer a todas aquellas personas que, de una manera u otra, han hecho posible la materialización de este trabajo.

A mis tutores, el Dr. Iradi y el Dr. Mugarra. Su confianza constante ha facilitado enormemente el desarrollo de esta tesis. Evidentemente, este proyecto de investigación no se hubiera realizado sin su generosa colaboración y seguimiento.

A todas aquellas personas que, desde su implicación personal, han contribuido a la realización de este proyecto desde el Servicio de Deportes de la Universitat de València.

A Antonio, con quien comencé mi periplo en este deporte.

A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo y el trabajo; por apoyarme siempre.

A mis hermanos, Jetro, Gerard y Marc y a mi sobrina Mar, por todo el tiempo que no estuve con ellos.

A todos y cada uno de los deportistas que vinieron a realizar las pruebas por su disponibilidad y paciencia.

A M^a Carmen, por enseñarme lo que es ser deportista.

A Paco, por estar siempre ahí (que no es poco).

Como no, a Isaac, con quien, a su lado, el camino ha sido mucho más ameno y menos escarpado. En los momentos más difíciles, su apoyo constante, sus aportaciones y puntos de vista, en ocasiones, diferentes al mío, han sido de gran valor para mí.

Por último, pero no por ello menos importante, a Octavio, quien me ha ilustrado a lo largo de estos últimos años como entrenadora, pero sobre todo, como persona. Me resulta imposible olvidar nuestras largas conversaciones sobre la “sabiduría del taekwondo”, cuando no, sobre “lo humano” y “lo divino”. Muchas de esas ideas se han plasmado en estas páginas, otras, van configurando, poco a poco, mi proyecto de vida. Pues eso Rey, ya ves que no me canso de repetirte que es, y ha sido, un placer.

INDICE DE TABLAS.....	V
INDICE DE FIGURAS	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL TAEKWONDO COMO DEPORTE.....	15
1. ORÍGENES DEL TAEKWONDO	15
2. EJECUCIÓN TÉCNICA.....	19
CAPÍTULO II. LA PATADA CIRCULAR Y EL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA	27
1. INTRODUCCIÓN	27
2. DESARROLLO DEL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA O MODELO DE ENCADENAMIENTO SEGMENTARIO	27
3. FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA O MODELO DE ENCADENAMIENTO SEGMENTARIO	37
CAPÍTULO III. INVESTIGACIONES CENTRADAS EN EL GOLPEO.....	47
1. INTRODUCCIÓN	47
2. INVESTIGACIONES CENTRADAS EN EL GOLPEO EN LAS ARTES MARCIALES	49
2.1. PICOS DE VELOCIDADES	51
2.2. DISTANCIA DE EJECUCIÓN	53
2.3. PIERNA DOMINANTE – PIERNA NO-DOMINANTE	58
2.4. FUERZAS DE IMPACTO.....	61
2.5. TIEMPO DE MOVIMIENTO.....	65
2.6. TIEMPO DE REACCIÓN.....	70
CAPÍTULO IV. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL TIEMPO DE REACCIÓN.	73
1. INTRODUCCIÓN	73
2. CONCEPTO TRADICIONAL Y FRAGMENTACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN.....	75
3. PARTE PREMOTORA Y MOTORA EN EL TIEMPO DE REACCIÓN	78
4. TIPOS DE EXPERIMENTOS SOBRE TIEMPOS DE REACCIÓN	79
5. MEDIAS EN LOS TIEMPOS DE REACCIÓN	80
6. VARIABLES QUE AFECTAN AL TIEMPO DE REACCIÓN	82
6.1. TIPO DE ESTIMULO Y NÚMERO DE POSIBLES ESTÍMULOS VÁLIDOS.	82

6.2. INTENSIDAD DEL ESTÍMULO, ORDEN DE PRESENTACIÓN Y RESPUESTAS A ESTÍMULOS INMINENTES.....	83
6.3. AROUSAL, ATENCIÓN Y DISTRACCIÓN.....	84
6.4. EDAD Y GÉNERO.....	86
6.5. MANO IZQUIERDA VS DERECHA Y MODALIDAD DEPORTIVA.....	88
6.6. ENTRENAMIENTO, PRÁCTICA Y ERRORES, CASTIGO Y TENSIÓN.....	90
6.7. EJERCICIO, CALENTAMIENTO, FATIGA Y AYUNO.....	92
6.8. CICLO RESPIRATORIO Y TEMBLORES DIGITALES.....	94
6.9. TIPO DE PERSONALIDAD, INTELIGENCIA, LESIÓN CEREBRAL.....	94
6.10. NÚMERO DE ENSAYOS Y NÚMERO DE BLOQUES DE ENSAYOS.....	95
6.11. POSICIÓN DE INICIO Y VARIABLES PSICOLÓGICAS.....	97
7. TIEMPO DE MOVIMIENTO Y RESPUESTA DE REACCIÓN.....	98
8. EL TIEMPO DE REACCIÓN EN LOS DEPORTES DE COMBATE.....	101
PARTE EMPÍRICA.....	113
CAPÍTULO V. DISEÑO Y ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	117
1. PLANTEAMIENTO.....	118
2. OBJETIVOS.....	121
3. HIPÓTESIS.....	125
4. SELECCIÓN DE LOS SUJETOS: MUESTRA.....	127
4.1. PORCENTAJE Y FRECUENCIA DEL NIVEL DE LA MUESTRA.....	128
4.2. PORCENTAJE Y FRECUENCIA DEL GÉNERO DE LA MUESTRA.....	128
4.3. PORCENTAJE Y FRECUENCIA DE LA PIERNA DOMINANTE DE LA MUESTRA.....	129
4.4. PORCENTAJE Y FRECUENCIAS DE LA CATEGORÍA DE COMPETICIÓN.....	129
4.5. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA.....	131
5. VARIABLES DEL ESTUDIO.....	132
5.1. VARIABLES DEPENDIENTES.....	132
5.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	134
6. PROCEDIMIENTO: PROTOCOLO DE ACTUACIÓN.....	137
6.1. EXPLICACIÓN DEL DESARROLLO DE LA PRUEBA DE PARÁMETROS CINÉTICOS Y CINEMÁTICOS.....	139
7. MATERIAL E INSTRUMENTAL.....	141
7.1 MANIQUÍ.....	143

7.2. PLATAFORMA DE FUERZAS.	143
7.3. MICROCONTROLADOR	145
7.4. PC	146
7.5. LED.....	148
7.6. SENSORES DE FUERZA.....	149
8. FIABILIDAD DEL INSTRUMENTAL	152
8.1. CALIBRACIÓN DE LA CÉLULA DE CARGA Y LOS SENSORES DE PRESIÓN	153
8.2. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES DE PRESIÓN	154
9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	156
CAPÍTULO VI. RESULTADOS	157
1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EN FUNCIÓN DEL NIVEL Y GÉNERO DE LA MUESTRA	157
2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL DE LA MUESTRA EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE LOS SUJETOS PARA LAS VARIABLES DE ESTUDIO CON LA PIERNA DERECHA Y CON LA PIERNA IZQUIERDA.....	166
2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO	166
2.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN.....	167
2.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO	168
2.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA	169
3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL DE LA MUESTRA EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS PARA LAS VARIABLES DE ESTUDIO CON LA PIERNA DERECHA Y CON LA PIERNA IZQUIERDA	170
3.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS	171
3.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS	172
3.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS	173
3.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS	174

4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO, EN FUNCIÓN DE LA PIERNA DE GOLPEO (DOMINANTE-NO DOMINANTE) EN FUNCIÓN DEL NIVEL Y EL GÉNERO DE LOS SUJETOS.....	176
4.1. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GRUPO MEDALLISTAS.	176
4.2. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS.	178
4.3. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GÉNERO VARÓN.	179
4.4. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GÉNERO MUJER.	181
5. CORRELACIONES.....	183
5.1. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, EN FUNCIÓN DEL NIVEL.	183
5.2. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, EN FUNCIÓN DEL GÉNERO.	189
6. PERCENTILES DE LA MUESTRA	195
6.1. PERCENTILES PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO	195
6.2. PERCENTILES PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN.....	196
6.3. PERCENTILES PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO.....	197
6.4. PERCENTILES PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA	198
CAPÍTULO VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	199
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	215
ANEXO 1.....	243

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISTANCIA DE LA TRAYECTORIA	54
TABLA 2. VALOR DEL TIEMPO DE REACCIÓN	80
TABLA 3.- DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA.	127
TABLA 4. NIVEL DE LA MUESTRA	128
TABLA 5. GÉNERO DE LA MUESTRA	128
TABLA 6. PIERNA DOMINANTE DE LA MUESTRA.	129
TABLA 7. CATEGORÍA DE COMPETICIÓN DE LA MUESTRA.	129
TABLA 8. DESCRIPTIVOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	131
TABLA 9. DATOS CALIBRACIÓN CÉLULA DE CARGA.	153
TABLA 10. RECTAS DE TRANSFORMACIÓN PRESIÓN A VOLTAJE. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES	154
TABLA 11. RECTA DE AJUSTE Y SENSIBILIDAD DE LOS SENSORES	155
TABLA 12. DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES MECÁNICAS PARA EL GRUPO MEDALLISTAS Y NO-MEDALLISTAS VARÓN	160
TABLA 13. DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES MECÁNICAS PARA EL GRUPO MEDALLISTAS Y NO-MEDALLISTAS MUJER	164
TABLA 14. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO	166
TABLA 15. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO	167
TABLA 16. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN	167
TABLA 17. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN	168
TABLA 18. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO	168
TABLA 19. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO	169
TABLA 20. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA	169
TABLA 21. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA	170

TABLA 22. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO	171
TABLA 23. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO	172
TABLA 24. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN	172
TABLA 25. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN	173
TABLA 26. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO	173
TABLA 27. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO	174
TABLA 28. MEDIA Y DESVIACIÓN TÍPICA PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA	174
TABLA 29. PRUEBA T PARA DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA	175
TABLA 30. MEDIAS Y DESVIACIÓN TÍPICA (MEDALLISTAS)	176
TABLA 31. PRUEBA T DE MUESTRAS RELACIONADAS (MEDALLISTAS)	177
TABLA 32. MEDIAS Y DESVIACIÓN TÍPICA (NO-MEDALLISTAS)	178
TABLA 33. PRUEBA T DE MUESTRAS RELACIONADAS (NO-MEDALLISTAS)	179
TABLA 34. MEDIAS Y DESVIACIÓN TÍPICA (VARÓN)	180
TABLA 35. PRUEBA T DE MUESTRAS RELACIONADAS (VARÓN)	181
TABLA 36. MEDIAS Y DESVIACIÓN TÍPICA (MUJER)	182
TABLA 37. PRUEBA T DE MUESTRAS RELACIONADAS (MUJER)	183
TABLA 38. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO MEDALLISTAS (DISTANCIA 1)	184
TABLA 39. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS (DISTANCIA 1)	184
TABLA 40. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO MEDALLISTAS (DISTANCIA 2)	185
TABLA 41. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS (DISTANCIA 2)	185
TABLA 42. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO MEDALLISTAS (DISTANCIA 3)	185

TABLA 43. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS (DISTANCIA 3)	186
TABLA 44. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO MEDALLISTAS (DISTANCIA 1)	186
TABLA 45. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS (DISTANCIA 1)	187
TABLA 46. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO MEDALLISTAS (DISTANCIA 2)	187
TABLA 47. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS (DISTANCIA 2)	188
TABLA 48. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO MEDALLISTAS (DISTANCIA 3)	188
TABLA 49. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS (DISTANCIA 3)	188
TABLA 50. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO VARÓN (DISTANCIA 1)	189
TABLA 51. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO MUJER (DISTANCIA 1)	190
TABLA 52. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO VARÓN (DISTANCIA 2)	190
TABLA 53. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO MUJER (DISTANCIA 2)	191
TABLA 54. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO VARÓN (DISTANCIA 3)	191
TABLA 55. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO MUJER (DISTANCIA 3)	191
TABLA 56. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO VARÓN (DISTANCIA 1)	192
TABLA 57. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO MUJER (DISTANCIA 1)	192
TABLA 58. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO VARÓN (DISTANCIA 2)	193
TABLA 59. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO MUJER (DISTANCIA 2)	193
TABLA 60. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO VARÓN (DISTANCIA 3)	194

TABLA 61. RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PARA EL GÉNERO Mujer (Distancia 3)	194
TABLA 62. PERCENTILES PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO	195
TABLA 63. PERCENTILES PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN	196
TABLA 64. PERCENTILES PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO	197
TABLA 65. PERCENTILES PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA	198

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MODELO DE ENCADENAMIENTO PARA LA PATADA DE EMPUJE Y DE OSCILACIÓN	21
FIGURA 2. POSICIÓN INICIAL	22
FIGURA 3. PERIODOS EN LOS QUE SE HA DIVIDIDO LA TÉCNICA	23
FIGURA 4. CICLO DE LA MARCHA HUMANA	28
FIGURA 5. DESARROLLO SECUENCIAL DEL BANDAL CHAGUI	31
FIGURA 6. EFECTOS DE LA ACELERACIÓN Y DECELERACIÓN DE LOS SEGMENTOS	32
FIGURA 7. MODELO CONCEPTUAL DEL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA	33
FIGURA 8. RELACIÓN ENTRE EL MODELO ANATÓMICO Y ENCADENAMIENTO-SEGMENTARIO	35
FIGURA 9. RELACIÓN ENTRE EL DIAGRAMA DEL CUERPO LIBRE Y EL MODELO DE ENCADENAMIENTO SEGMENTARIO	38
FIGURA 10. REDUCCIÓN DE “R” CAUSADO POR LA FLEXIÓN DE LA PIERNA A LA ALTURA DE LA RODILLA	40
FIGURA 11. PATRONES DE MOVIMIENTO EXHIBIDAS EN UN BANDAL CHAGUI Y EN UN CHUT DE FÚTBOL.	50
FIGURA 12. RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE REACCIÓN Y LA INTENSIDAD DEL ESTÍMULO	83
FIGURA 13. RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE ACTIVACIÓN Y EL TIEMPO DE REACCIÓN	85
FIGURA 14. FUERZA MÁXIMA DE GOLPEO	132
FIGURA 15. CONFIGURACIÓN DEL EXPERIMENTO	138
FIGURA 16. EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR	150
FIGURA 17. SENSORES DEL SISTEMA, AMPLIFICADORES, PLATAFORMA DE CONTACTO, MICROCONTROLADOR, LED DE LUCES	151

INTRODUCCIÓN

El taekwondo es un arte marcial, de origen Coreano, que se ha desarrollado como parte del deporte. Su popularidad, se debe a que es un excelente método para el desarrollo de la condición física, por ser un método de autodefensa y por su inclusión como deporte olímpico, durante las Olimpiadas de Sydney 2000. Sus acciones técnicas, en una competición, se realizan con las piernas y, de forma adicional, con las manos (Li, Yan, Zen, y Wang, 2005), debido a su sistema de puntuación (Emmermacher, Witte, Bystryzycki, y Potenberg, 2007), donde la victoria se basa en noquear al contrario o conseguir un mayor número de puntos (Kazemi y Pieter, 2004). Pese a poseer una gran variedad de técnicas, los atletas prefieren usar aquellas que les permitan puntuar fácilmente y les de una mayor ventaja para ganar el juego (Mazlan, Osman, Usman, y Wan Abas, 2007).

En este sentido, la patada circular o Bandal Chagui es la técnica más frecuentemente utilizada en Taekwondo (Boey y Xie, 2002; Lee, 1983; Lee, Chin y Liu, 2005; Lee y Huang, 2006; Kim y Kim, 1997; Nien, Chuang, y Chung, 2004; Roh y Watkinson, 2002), para puntuar y ganar un combate (Hsu, 2007). La preferencia por ésta parece ser debida a su sencillez, rapidez de ejecución y su excelente precisión sobre cualquier otra acción técnica, pareciendo también, ser fácil de atacar y difícil de defender (Tsai, Lee, y Huang, 2004). Es utilizada,

sobretudo, en el inicio de un ataque y la continuación de los mismos (Kim, 2002; Li et al., 2005).

Desde el punto de vista de los parámetros que son importantes para una acción asertiva en Taekwondo que incluya fuerza, tiempo de reacción, tiempo de movimiento, velocidad y potencia, es especialmente importante que analicemos y evaluemos la patada circular estudiando sus características internas y principios que la gobiernan (Li et al., 2005), para poder dirigir la enseñanza y el entrenamiento científicamente.

La Kukkiwon (1995) define la patada circular como un movimiento de flexo-extensión de la rodilla y flexión de la cadera mientras, simultáneamente, se realiza una rotación del tronco y una abducción de la articulación de la rodilla. La pierna que golpea describe un arco hacia el frente desde la posición inicial. La rodilla se extiende y, entonces, el blanco es golpeado con el empeine, cerca de la extensión total. La patada circular se inicia en un plano sagital, finalizando en el plano transversal debido a que el objetivo de impacto tiene una superficie vertical, perpendicular al suelo. Sigue un patrón de lanzamiento que responde a un modelo próximo-distal de interacción segmentaria en pro de maximizar la velocidad lineal de los segmentos distales, utilizando el principio de cadenas cinéticas (Kim y Kim, 1997; Putnam, 1991). Esta secuencia ocurre segmento a segmento, desde el inicio hasta el final, desde el segmento proximal hasta el segmento más distal, hasta llegar al extremo de la cadena (Kreinghbaum y Barthels, 1996).

A pesar de la alta relevancia de las técnicas de pierna en Taekwondo, existen, hasta la fecha, pocos estudios biomecánicos (Emmermacher et al., 2007; Mazlan et al., 2007) que nos ayuden a entender la eficacia de las mismas. Desde una perspectiva biomecánica, la habilidad debe ser analizada en relación con la fuerza y el tiempo, pero también en relación al espacio (Adrian y Cooper, 1995).

La literatura sugiere que uno de los factores más importantes que regulan el golpeo es la percepción escalar de la distancia del oponente (Walker, 2003). La literatura de entrenamiento en boxeo (Walker, 2003) revela que un posible parámetro para el sistema de control, de un ataque al blanco, podría ser la métrica intrínseca, de la distancia interpersonal, entre el atacante y el blanco, en términos de si el blanco de golpeo es alcanzable o no y, de la relativa e individual tendencia a llegar al mismo (Yonas y Hartman, 1993). La decisión de golpear, o no golpear, dependerá, en gran medida, de la percepción que tenga el sujeto de si alcanzará o no el blanco (Ulrich, Thelen, y Niles, 1990). El uso de una métrica intrínseca significa que el valor del parámetro de control podría cambiar, según parámetros antropométricos (por ejemplo, según la longitud del miembro que ejecuta la acción) del sujeto.

La distancia de competición tiene relación con el tiempo necesario para alcanzar al oponente y conseguir un punto, pero también para evitar o prevenir un ataque o contraataque del oponente. Una distancia corta puede significar un menor tiempo de movimiento, pero también un menor tiempo para responder a un posible ataque del oponente. Por el contrario, una distancia larga puede suponer un mayor tiempo para reaccionar ante un ataque del contrario, pero también, un mayor tiempo de movimiento (Falco, Alvarez, Castillo, Estevan, Martos, Mugarra y Iradi, 2009).

Según Lee et al. (2005), un combate de Taekwondo se caracteriza por distancias cortas, velocidades altas de golpeo y grandes fuerzas de ataque. El movimiento de un atleta de Taekwondo implica, frecuentemente, una posición de combate cerrada, tipos de golpes frontales o circulares ofensivos por parte del atacante (Roh y Watkinson, 2002), donde la importancia de la velocidad y la fuerza es, frecuentemente, un tópico de discusión entre entrenadores de taekwondo (Lee et al., 2005). El espacio, envuelve a uno mismo y al mundo, mientras que el tiempo, se refiere a la duración y la secuencia de una habilidad (Adrian y Cooper, 1995).

Durante los últimos años, parece que el éxito en una técnica se ha centrado en el golpeo directo que puede ser realizado en el mínimo intervalo de tiempo, comparado con otros tipos de golpeo, a priori, más complicados. En Taekwondo las técnicas de pierna deben ejecutarse en el menor tiempo posible (Emmermacher et al., 2007). Autores como Su, Chin y Ho (2008) catalogan el tiempo de movimiento como el factor más importante y decisivo en la realización de una patada en competición siendo, para Tsai et al. (2004), uno de los factores a tener en cuenta para que el atacante pueda conseguir un punto sobre su oponente, y relativo a cuan rápido el atleta puede golpear eficazmente, definiéndose, según Lee y Huang (2006), como el tiempo necesario para llevar el pie de golpeo desde el suelo, hasta hacer contacto con el tronco del oponente. Por tanto, parece ser que, el logro exitoso depende del tiempo de movimiento de la técnica. Sorensen, Zacho, Simonsen, Dyhre-Poulsen, y Klausen (1996, p. 494), afirman que “con objeto de valorar el resultado de un cierto movimiento, es necesario estudiar el tiempo del movimiento completo”. Sin embargo, al igual que en la fuerza de impacto, también en esta ocasión, resulta complicado comparar los resultados obtenidos, debido a la variedad de técnicas utilizadas y, en la mayor parte de los casos, a la falta de rigor a la hora de definir que se entiende por tiempo de movimiento. Según Tsai, Gu, Lee, Huang y Tsai. (2005) el tiempo total de respuesta consiste en tiempo de reacción más el tiempo de movimiento.

El deporte de alto nivel se caracteriza por severas limitaciones espaciales y temporales impuestas por el actor y sus oponentes (Williams, Davids, y Williams, 1999). Bajo los tales limitaciones, la habilidad de un deportista para, de forma rápida y precisa, percibir la información pertinente facilitará la decisión y permitirá tener más tiempo para preparar y organizar la conducta motora (Houlston y Lowes, 1993; Ripoll, 1991). Taekwondo es un buen ejemplo de un deporte competitivo con grandes limitaciones espacio-temporales que requieren tiempos de reacción rápidos. En competición, dos atletas se

encuentran cara a cara, a una distancia de dos metros, realizando acciones ofensivas uno contra otro, donde la excepcional rapidez y potencia de las acciones ofensivas, demostradas por los atletas expertos, ha sido estudiada por Cavanagh y Landa (1976), Kato (1958), Vos y Binkhorst (1966), y Wilk, McNair, y Feld (1983) entre otros, donde la necesidad de atacar y defender sobre el oponente puede llevar a los atletas de los deportes de combate a desarrollar habilidades perceptuales específicas para reaccionar de forma más rápida.

Tras la velocidad y el tiempo de movimiento, el tiempo de reacción y la respuesta a las acciones del oponente podrían ser uno de los elementos clave para la victoria (Vieten, Scholz, Kilani, y Kohloeffel, 2007). Para los deportes de combate, un tiempo de reacción rápido es un factor necesario para el atleta de taekwondo (Chang, 1997), pues según Tsai et al., (2004), para la competición, los atletas que más rápido puedan reaccionar, más tiempo tendrán para ejecutar su estrategia. Siguiendo a estos mismos autores, generalmente, los hombres y mujeres, con un tiempo de reacción más rápido, tienen un mejor control sobre la distancia de ataque y el tiempo. Por tanto, parece ser, en palabras de Nien et al. (2004), que el tiempo de reacción juega un papel más relevante que el tiempo total de respuesta para los deportes de combate. El Bandal Chagui, junto con el Nerio Chagui, son golpes con tiempos de reacción más rápidos que cualquier otra acción técnica, motivo, también, por el cual, se ha elegido esta técnica para la realización de la presente investigación. Naturalmente, entrenadores y deportistas necesitan saber si un tiempo de reacción menor es indispensable para el alto rendimiento deportivo en taekwondo.

Los estudios sobre tiempo de reacción, en los deportes de combate, han tratado de obtener conclusiones que se puedan aplicar al entrenamiento y a la competición, intentado ver qué es lo que diferencia a los expertos de aquellos que no lo son para, posteriormente, intentar mejorar esas características por medio del entrenamiento o seleccionar aquellos sujetos que las posean. Tras revisar los estudios que han tratado de ver si existe una relación entre el tiempo

de reacción y la práctica de estos deportes de combate, no podemos concluir a favor, pero tampoco en contra de esta relación. Mientras algunos estudios dicen que los practicantes de los deportes de combate, y sobre todo los de mayor nivel, tienen mejor tiempo de reacción, otros dicen que son similares a la población no practicante. En las investigaciones que se ha medido el tiempo de movimiento vemos que, por lo general, los practicantes de estos deportes obtienen mejores resultados. Sin embargo, no podemos obtener conclusiones claras sobre qué es lo que hace que los expertos sean más rápidos. Podríamos afirmar con mucha seguridad que el tiempo de respuesta es menor en expertos que en novatos, pero no podemos afirmar, a ciencia cierta, si esto se debe a un mejor tiempo de reacción o a un mejor tiempo de movimiento.

Siguiendo con el análisis de los parámetros importantes en el entrenamiento para la competición de un atleta, la consecución de un punto, y en consecuencia, la posibilidad de ganar un combate, se da cuando un golpe (patada) es liberado con la precisión y la energía suficientes sobre el torso o la cabeza del oponente (Vieten et al., 2007). Aunque las discrepancias y la variedad en los resultados obtenidos son evidentes, según Nien et al. (2004), la fuerza de ataque es el factor más importante para los atletas, en la mayoría de las artes marciales y primordial, para Chiu, Wang y Chen (2007), en el taekwondo de competición. Dicha disparidad se muestra tanto en la valoración de este parámetro cinético de la pierna de golpeo (Chiu et al., 2007; Conkel, Braucht, Wilson, Pieter, Taaffe, y Fleck, 1988; Lee et al., 2005; Nien et al., 2004; Wilk et al., 1983), como en la fuerza generada contra el suelo al inicio de la técnica (Pedzich et al., 2006; Olivé, 2005).

Para deportes de golpeo se han construido instrumentos específicos diseñando sacos de entrenamiento, tanto colgados de la forma tradicional como portátiles en forma de escudos, que miden el momento del golpeo e incluso la fuerza de éste. Estos aparatos miden el tiempo total de respuesta, en su mayoría sin diferenciar tiempo de reacción y tiempo de movimiento. Los diferentes

estudios de tiempo de reacción en los deportes de combate, también han diseñado sus propios instrumentos para medir esta variable de acuerdo a los objetivos perseguidos en su trabajo, y cada autor ha estudiado el tiempo de reacción desde un punto de vista diferente. En este sentido, se han realizado investigaciones en las que se le pedía al sujeto responder con una técnica propia del deporte ante un estímulo general y, mientras en unas interesaba principalmente el tiempo de reacción, en otras se medía el tiempo de respuesta sin diferenciar el tiempo de movimiento. Así mismo, la mayoría de los estudios de tiempo de reacción en los deportes de combate han utilizado luces como estímulo elicitor, congruente con el tipo de estímulos que tienen lugar en los deportes de combate de distancia de guardia reducida, (p.e taekwondo), según la clasificación de Parlebas (1988).

Debemos tener en cuenta, también, todos aquellos trabajos que, aunque persiguieran diferentes objetivos, han medido el tiempo de respuesta con técnicas específicas del deporte (Balius, Angulo, y Kinzler, 1993; Boey y Xie, 2002, Falco et al., 2009; Layton, 1993, a y b; Sung, Lee, Park, y Joo, 1987; Tang et al., 2007). En este caso, el tiempo de duración de la técnica constituye una parte muy importante del tiempo total de respuesta, y es equiparable a lo que hemos definido como tiempo de movimiento. También nombraremos aquellos estudios que han medido el tiempo de movimiento de las técnicas y el tiempo de reacción a éstas (Choi, 1977; Falco et al., 2009; Hong, Hing y Luk, 2000; Iranyi, 1974; Kim, 2002; Landeo y McIntosh, 2007; Lee, Lee y Cheong, 2005; Nien et al., 2004; Pieter y Heijman, 2003; Oehsen, 1987; Olivé, 2005; Tsai et al., 2004; Tsai, Huang y Gu, 2007; Vieten et al., 2007; Su, Chin y Ho, 2008).

El Taekwondo también es un deporte de golpeo donde las técnicas con la pierna dominante y la no dominante se suceden alternativamente. En general, los atletas tienen preferencia por una pierna en particular para golpear durante el entrenamiento, pero no se conoce si esta preferencia existe o no en la elite del taekwondo (Tang, Chang y Nien, 2007). Según Dworak, Kziewiecki y

Maczynski, (2005), generalmente, los golpes realizados con el segmento dominante producen mejores resultados. Quizá la simetría en las habilidades de golpeo sea importante para un nivel de elite en taekwondo, lo que podría suponer una ventaja a la hora de atacar y defender.

Por todo ello, se ha realizado la presente investigación, con el objetivo general de observar los parámetros mecánicos fuerza de impacto, tiempo total de respuesta, tiempo de movimiento y tiempo de reacción en función de la distancia de ejecución, para la pierna dominante y no dominante en varones y mujeres de dos niveles de pericia en Taekwondo.

Para ello, se ha implementado un nuevo sistema capaz de recoger una medida precisa y fiable de cada uno de los parámetros de estudio, conformado por una plataforma de contacto, un muñeco, al que se le ha adaptado una plataforma de presión, y un led de luces, controlados mediante un microprocesador que enviará los datos al PC, para que éste pueda procesarlos y mostrarlos. Este sistema permite reproducir acciones y movimientos estáticos y dinámicos, pudiendo regularse en altura y ofrecer feedback inmediato a los entrenadores y deportistas, permitiendo disponer de material de evaluación para la preparación deportiva, lo que puede hacer más efectivos los entrenamientos.

Para poder verificar las hipótesis de las que se parte se utilizará una comparación de dos grupos de diferente nivel, en la característica que nos interesa. Dado que no es una característica manipulable, se han elegido a los individuos que ya poseen esa característica, para poder establecer comparaciones con aquellos que no la tienen. Se trata de comparar a los taekwondistas de diferente nivel deportivo (expertos y promesas) y también en función del género (varón y mujer) en las variables fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta, para explorar si existen diferencias entre los grupos, es decir, ver la relación entre el

nivel deportivo y el género y las variables de estudio. Para ello, se realizaron las mediciones en una única ocasión para cada sujeto y después se compararon los sujetos entre sí.

En la parte empírica se expone la metodología de este estudio. En el Capítulo V se muestran los objetivos y las hipótesis de las que se parte. A continuación se presentan las características de la muestra seleccionada, el procedimiento de recogida de la información, las variables analizadas y los instrumentos utilizados para su evaluación, así como la descripción de los análisis estadísticos realizados. En el Capítulo VI se muestran los resultados de la investigación a partir del análisis de las diferentes variables planteadas. Por último, en el Capítulo VII se expone la discusión y las conclusiones de los resultados obtenidos en este estudio.

Finalmente, se muestran las referencias bibliográficas mencionadas a lo largo del presente trabajo de investigación, así como un anexo en el que se expone un modelo de cuestionario que debieron realizar los sujetos antes de la realización de la prueba.

PARTE TEÓRICA

CAPÍTULO I.
EL TAEKWONDO COMO DEPORTE

1. ORÍGENES DEL TAEKWONDO

2. EJECUCIÓN TÉCNICA

CAPÍTULO I. EL TAEKWONDO COMO DEPORTE

1. ORÍGENES DEL TAEKWONDO

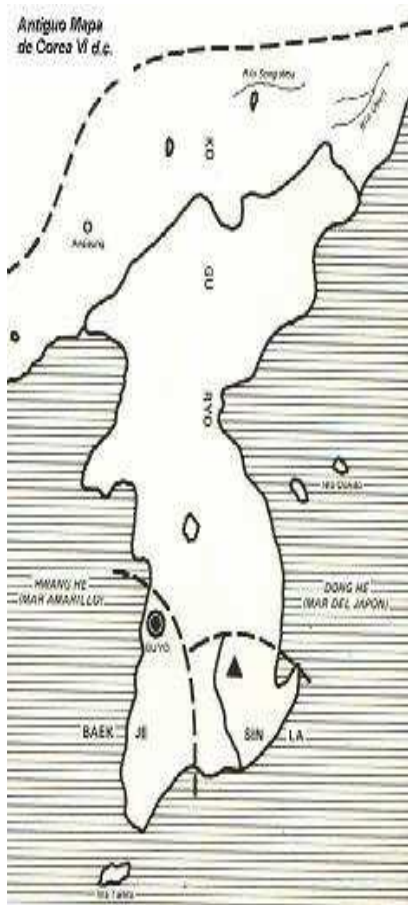


Imagen 1. Mapa de Corea y sus reinos

El Taekwondo es un Arte Marcial de origen Coreano, que tiene una antigüedad cercana a los dos mil años. Hace más de 1.400 años, Corea estaba dividida en Tres Reinos (ver imagen 1), Silla (al sudeste), Koguryo (al norte) y Baek Je (al oeste). El más pequeño de estos, Silla, era constantemente invadida por los poblados vecinos, por lo que, durante el reinado del rey Chin Heung, con un espíritu inquebrantable y una férrea voluntad, surgió un selecto grupo de Guerreros llamados "Hwa-Rang-Do", integrado por los jóvenes de las familias aristocráticas de Corea, quienes se entrenaban rigurosamente en el plano físico y mental, además de ser expertos en el combate con ó sin armas y cuya misión principal fue defender el citado reino.

Para estudiar los métodos de defensa y ataque, aplicados por los animales salvajes, marcharon a las montañas y a las costas y poder así, describir que tipos de técnicas (defensivas y ofensivas) les proporcionaban mayores ventajas. Las montañas eran escaladas para fortalecer su cuerpo y nadaban en ríos de aguas turbulentas en los meses más fríos. Todo esto los preparó para coordinar la mente y el cuerpo dentro de un armonioso sistema de combate al cual llamaron Soo-Bak-Do: arte primitivo de lucha con los pies, muy popular entre la gente corriente y durante los festivales de Dan-O (5 de Mayo del calendario Lunar) y en los festivales del Medio Otoño (15 de Agosto del Calendario Lunar). Se realizaban campeonatos de Soo-Bak-Do que, con el tiempo, fue evolucionando hacia otro sistema llamado Tae-Kyong que quería decir “patada de hierro”. En esta época, el arte mencionado utilizaba solo movimientos de pies manteniendo su popularidad hasta la Dinastía Koryo (935-1392 DC). Durante esta dinastía, el Tae-Kyong no solo fue practicado como destreza para mejorar la salud, o como actividad deportiva, sino que fue promocionado como arte marcial. En los siglos siguientes sufrió algunos altibajos en su popularidad pero sobrevivió a la ocupación Japonesa de 1909.

Durante dicha ocupación (que duró hasta el año 1945), se prohibió la práctica de las artes Marciales. Seguidores del Tae-Kyong (como Song Duk Ki o Han II Dong), consiguieron mantener vivo este arte, y durante los 40 años de la Invasión Japonesa hicieron todo lo posible por suprimir y destruir todos los elementos de la cultura nativa de Corea.

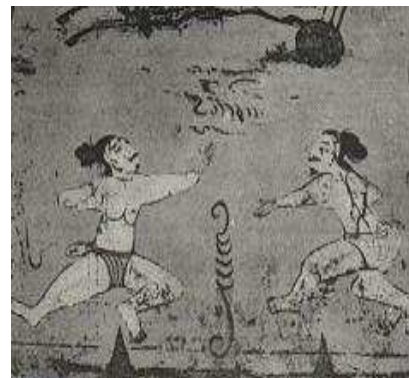


Imagen 2. Pintura rural que presenta a dos jóvenes en una lucha de Taekwondo.

Como consecuencia, muchos practicantes (jóvenes instructores y maestros), emigraron a China y Japón, donde no había prohibición ni restricciones para la práctica de las artes marciales, recibiendo la instrucción del Kung Fu y del Karate Japonés de los años 20, fueron ellos los primeros en mezclar las artes Marciales Nativas de Corea con Artes Marciales Foráneas, combinando las nuevas técnicas de manos con las de pies para formar una alta técnica de defensa personal.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, en una conferencia de Maestros, Historiadores, estudiantes y promotores del Chung Do Kwan, le dieron el nombre de Tae-Kwon-do (Arte Marcial Coreano de Pies y Manos). Esto fue el 11 de Abril de 1955, donde el nombre de "Tae Kwon Do", fue creado y presentado para su aceptación por el General Choi Hong Hi.

En el año 1.961 la Asociación Coreana de Tae-Kwon-Do, se organizó formalmente y fue reconocida por el gobierno Coreano. El 22 de Marzo de 1.966 se fundo en Corea del Sur la I.T.F. (Federación Internacional de Tae-Kwon-Do), presidida por el general Choi-Hon-Hi, integrada por Italia, Alemania, Turquía, Arabia, Malasia, Singapur, Vietnam y Estados Unidos. En 1.971 se creó la Federación Mundial de Tae-Kwon-Do (W.T.F.), presidida por el Dr. Un Yong Kim. El 30 de Noviembre de 1972 la Asociación de Tae Kwon Do de Corea inaugura el centro de la academia Kukkiwon. En Mayo de 1973, se llevó a cabo el primer Campeonato Mundial en Seúl, Corea, donde participaron más de treinta países. Actualmente, el Taekwondo forma parte del programa Olímpico tras su inclusión como deporte de demostración durante la Olimpiadas de Seúl 1988, Barcelona 1992, Atlanta 1996 y como deporte oficial a partir de Sydney 2000 y Atenas 2004. La popularidad del Taekwondo ha superado las fronteras coreanas y actualmente se practica activamente en más de 200 naciones y se estima que el número de practicantes está próximo a superar los 50 millones en todo el mundo.

2. EJECUCIÓN TÉCNICA

El taekwondo es un arte marcial, de origen Coreano, que nace como un método de autodefensa y que basa su significado en los caracteres chinos “Tae” o “patada”, “kwon” o “puño” y “Do” como “camino a seguir” (Kim, 1998). Hoy en día, se ha desarrollado como parte del deporte debido a sus circunstancias sociales y culturales y, su popularidad, se debe a que es un excelente método para el desarrollo de la condición física, por ser un método de autodefensa y por su inclusión como deporte olímpico durante las Olimpiadas de Sydney 2000.

A pesar de ser un arte marcial, que utiliza las manos y los pies para defenderse o atacar, se reconoce ampliamente que las acciones técnicas en una competición de Taekwondo realizan con las piernas, y de forma adicional con las manos (Li et al., 2005), debido a su sistema de puntuación (Emmermacher et al., 2007), donde la victoria en una competición se basa en noquear al contrario o conseguir un mayor número de puntos (Kazemi y Pieter, 2004). Posee una gran variedad de técnicas que pueden ser utilizadas para conseguir la victoria: patada frontal, patada descendente, patada circular, patada circular por detrás, patada lateral, patada de empujar, etc., los atletas prefieren usar técnicas que les permitan puntuar fácilmente y les de una mayor ventaja para ganar el juego (Mazlan et al., 2007). En este sentido, a pesar de que existen muchas técnicas en

Taekwondo y aún considerando todas las alternativas, la patada circular o Bandal Chagui es la técnica más frecuentemente utilizada en un combate de Taekwondo (Boey y Xie, 2002; Lee, 1983; Lee et al., 2005; Lee y Huang, 2006; Nien et al., 2004; Roh y Watkinson, 2002).

Según Hsu (2007), la patada circular es la técnica más utilizada por los deportistas para puntuar y ganar un combate y, tal y como puso de manifiesto Lee (1983, 1998), la frecuencia de una patada circular, utilizada por deportistas masculinos en un combate, fue del 50% del total de las técnicas realizadas. Además, el 89% del total de los puntos conseguidos en una competición fueron realizados con dicha técnica. Del mismo modo, la frecuencia de utilización de una patada circular utilizada por deportistas femeninas, en una competición, fue del 79%, lo que demuestra que, ambos géneros, prefieren la utilización de esta técnica para la consecución de un punto (Kim y Kim, 1997). Según Olivé (2005), la patada circular o Bandal-chagui es la técnica de ataque con la que se consigue alrededor del 27% de los puntos y el 10% de los KO en combate.

La preferencia por esta técnica parece ser debido a su sencillez, su rapidez de ejecución y su excelente precisión sobre cualquier otra acción técnica, pareciendo también, ser fácil de atacar y difícil de defender lo que proporciona una mayor ventaja competitiva (Tsai et al., 2004). Tras su análisis, es utilizada sobretodo, para el inicio de un ataque y la continuación de los mismos (Kim, 2002; Li et al., 2005). En su movimiento característico, el atleta se dirige hacia el oponente y la pierna de ataque pasa por la rodilla de la pierna de apoyo en línea recta hacia el blanco de golpeo (Lee y Huang, 2006), para impactar con el empeine cerca de la extensión total, siendo el área de ataque el tronco del oponente. Desde el punto de vista de los parámetros que son importantes para una acción asertiva en Taekwondo que incluya fuerza, tiempo de reacción, tiempo de movimiento, velocidad y potencia, es especialmente importante que analicemos y evaluemos la patada circular estudiando sus características internas y principios que la gobiernan (Li et al., 2005) para poder dirigir la enseñanza y el entrenamiento científicamente.

Siguiendo a Chun (1976), los golpes en taekwondo pueden ser divididos en dos categorías: de empuje, donde la pierna va dirigida hacia la parte frontal del cuerpo del oponente, o de balanceo, donde la pierna va dirigida hacia el lateral del oponente. El modelo que se muestra en la figura 1 ha sido creado para caracterizar cada uno de los dos grupos de golpeo. Como se puede observar, para los golpes de balanceo u oscilación, y puesto que la velocidad de la rodilla es relativamente pequeña, en comparación con la del pie, la pierna se extiende en base a un punto fijo, como es la rodilla, tras haber fijado previamente la cadera. Por tanto, la pierna y el pie solamente rotan sobre la rodilla. En los golpes de empuje, el pie, con un movimiento de traslación, viaja en una trayectoria recta desde la cadera al blanco objeto de impacto (Serina y Lieu, 1991).

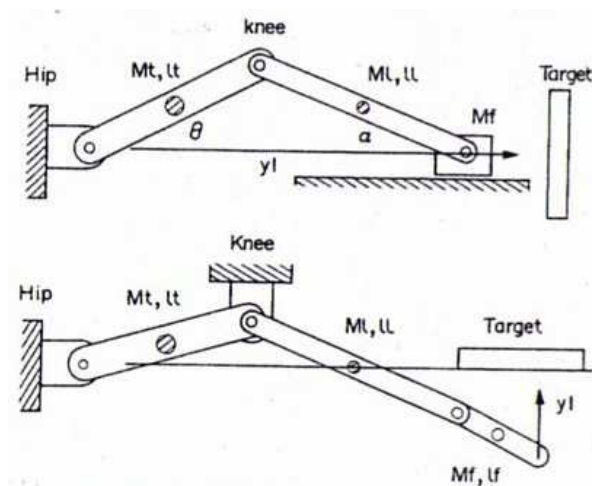


Figura 1. Modelo de encadenamiento para la patada de empuje (arriba) y de oscilación (abajo) (extraído de Serina y Lieu, 1991)

En este sentido, mientras la patada frontal ha sido descrita como un modelo de realización de características de aproximación-distanciamiento de rápida descarga, donde la finalidad es la máxima velocidad lineal en el punto distal final (Sorensen, Zacho, Simonsen, Dyhre-Poulsen, y Klausen, 1996), la patada circular, no obstante, emplea adicionales rotaciones del cuerpo, apareciendo, también, en el uso de formas diferentes para producir grandes velocidades y fuerzas de impacto.

La Kukkiwon (1995) define la patada circular como un movimiento de flexo-extensión de la rodilla y flexión de la cadera mientras, simultáneamente, se realiza una rotación del tronco y una abducción de la articulación de la rodilla. La pierna que golpea describe un arco hacia el frente desde la posición inicial (ver figura 2). La rodilla se extiende y, entonces, el blanco es golpeado con el empeine cerca de la extensión total. La patada circular se inicia en un plano sagital, finalizando en el plano transversal debido a que el “target” u objetivo tiene una superficie vertical, perpendicular al suelo. Serina y Lieu (1991) describen la patada circular como una técnica en la que el sujeto se apoya sobre su pierna de delante, rotándola para llevar la pierna de atrás hacia delante y en un plano horizontal. En esa posición, la pierna realiza un movimiento de oscilación o balanceo buscando el objetivo en ese plano. En ese momento, el objetivo es golpeado con el pie, con la pierna que golpea cerca de su extensión total.



Figura 2. Posición inicial.

Estos mismos autores desarrollaron un modelo de ejecución para el golpeo desde la posición de guardia, dividiendo el mismo en 3 fases: fase de vuelo, fase de golpeo y fase de recuperación.

1.- Fase de vuelo. En las técnicas de oscilación, mientras el pie de golpeo viaja hacia el blanco, aumentando su momento, el resto del cuerpo rota sobre el eje de la pierna que pivota. En las técnicas de empuje, la parte superior del cuerpo se inclina en dirección opuesta a la dirección del movimiento de la pierna que golpea.

2.- Fase de golpeo. En las patadas oscilantes, en el momento justo antes del impacto, la parte superior del cuerpo y del muslo se paran y un porcentaje muy elevado de su energía e ímpetu se transfieren a la pierna que golpea. En las patadas de empuje, el movimiento del pie sigue una línea recta que se extiende directamente desde la cadera hasta el blanco.

3.- Fase de recuperación. Después del impacto, la energía y el ímpetu restantes se transfieren de la pierna que golpea al cuerpo, mientras el primero se desacelera. En los golpes de oscilación o balanceo, el movimiento del cuerpo continúa de la misma forma que antes del impacto. Para los golpes de empuje, el cuerpo entero, incluyendo la pierna que golpea, sufren una parada completa con la pierna completamente extendida.

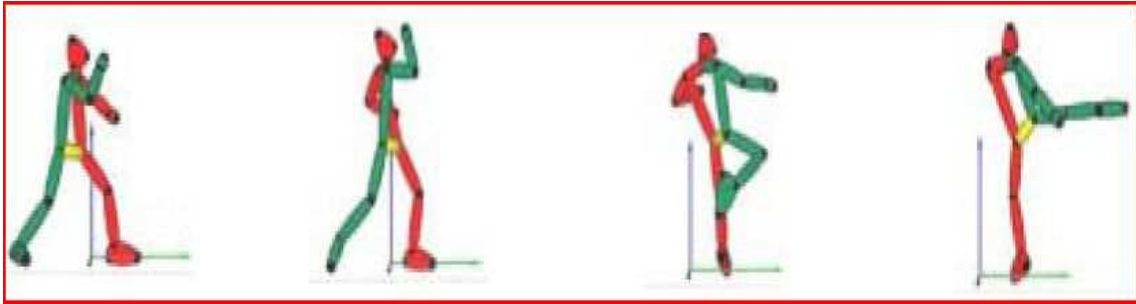


Figura 3. Periodos en los que se ha dividido la técnica: periodo de preapoyo, periodo de apoyo bipodal, periodo de apoyo unipodal y periodo de impacto (tomado de Olivé, 2005)

Para poder entender mejor la técnica de estudio, y siguiendo la división que hizo Olivé (2005), hemos dividido la misma en 3 periodos, en función del momento en que se produce el contacto de la pierna de golpeo sobre la plataforma de contacto (ver figura 3). La ejecución técnica se inicia con la pierna que va a golpear al contrario en extensión sobre la plataforma de contacto, mientras la pierna de apoyo se encuentra situada a la distancia que marcará el inicio del golpeo. Posteriormente la pierna de ataque realiza una flexión de cadera, con la rodilla también flexionada para, en la última fase, extenderla.

- Período I: período comprendido entre el contacto del pie de apoyo sobre el suelo y el despegue del pie de impacto de la plataforma de contacto, denominado Período I de “Apoyo Bipodal”.
- El Período II o de “Apoyo Unipodal”: período comprendido desde que el pie de impacto se despegó totalmente de la plataforma de contacto hasta el primer contacto con la plataforma de presión.

-
- El Período III o de “Impacto”: periodo que abarca desde el primer contacto con la plataforma de presión hasta la desaceleración del pie de impacto tras el contacto con el objeto.

Lee y Huang (2006) también dividieron los movimientos para la ejecución de un golpeo en tres fases: rotación, golpeo y contacto. Donde la fase de rotación era definida como el inicio de rotación del tronco para preparar el golpeo, dónde el muslo de la pierna de ataque y la pierna forman un ángulo mínimo. La fase de golpeo era definida como el mínimo ángulo de la rodilla de la pierna de golpeo respecto al objeto de golpeo. Por último, la fase del contacto fue definida como el período donde la pierna contacta con el objetivo. Por otra parte, el período de recobro, ha sido definida por Mazlan et al. (2007) como la duración del tiempo necesario para que la pierna que golpea vuelva a su posición estable (apoyo bipodal o fase de recuperación) tras tomar, de nuevo, contacto con el suelo.

CAPÍTULO II.
LA PATADA CIRCULAR Y EL PRINCIPIO DE CADENA
CINÉTICA

1. INTRODUCCIÓN

**2. DESARROLLO DEL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA O MODELO
DE ENCADENAMIENTO SEGMENTARIO**

**3. FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL PRINCIPIO DE CADENA
CINÉTICA O MODELO DE ENCADENAMIENTO SEGMENTARIO**

CAPÍTULO II. LA PATADA CIRCULAR Y EL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de ejercicios específicos para la mejora de la ejecución requiere un entendimiento detallado de las características subyacentes, beneficios y consecuencias potenciales del tipo de ejercicio seleccionado. Muchos de los ejercicios utilizados para la mejora de la ejecución pueden categorizarse como ejercicios de cadenas cinéticas abiertas o cerradas. Este capítulo proporciona una apreciación global del principio de la cadena cinética y las características de los ejercicios de cadenas cinéticas abiertas y cerradas.

2. DESARROLLO DEL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA O MODELO DE ENCADENAMIENTO SEGMENTARIO

El concepto de cadena cinética se origina en el área de ingeniería mecánica. Reuleaux propuso el concepto de cadena de ingeniería en 1875, en Heidelberg (Alemania), en lo que se ha descrito como “theoretische kinematik”, o teoría de la cinemática (Steindler 1977). Según su teoría, los segmentos rígidos solapados se conectan a través de los puntos articulados. Esta interposición de articulaciones creó un sistema en el cual, el movimiento a una articulación producía o afectaba al movimiento de otra articulación de la cadena cinética (Reuleaux, 1875). Subsecuentes discusiones científicas centraron su atención en

el uso del término “cinética” y “cinemática”, donde el término cadena cinética abierta (OKC) y cerrada (CKC) fue acuñada en el transcurso de esas discusiones.

Las actuales descripciones sobre las OKC y las CKC fueron definidas por Steindler en 1955 y redefinidas en 1977 (Steindler, 1977), diferenciando entre dos formas distintas de lo que se llama cadena “abierta” y “cerrada”. Una cadena abierta era una forma de movimiento en la cual, la articulación distal, se mantenía libre durante la ejecución. Por otra parte, en un ejercicio de cadena cerrada, la articulación distal, era contenida en su movimiento por la aplicación de una resistencia externa. Por tanto, puede decirse que los ejercicios de cadena cinética cerrada son descritos como un entorno en el cual, el segmento distal encuentra una considerable resistencia externa que le impide el movimiento libre. Evaluando el movimiento o los movimientos atléticos, todo apunta a que lograr el movimiento es más difícil. Por ello, Steindler formuló lo que se conoce como cadena cinética abierta, relativo a la actividad atlética, centrada en crear velocidades y aceleraciones, mientras las cadenas cinéticas cerradas estarían más focalizadas en generar fuerzas (Steindler, 1977).

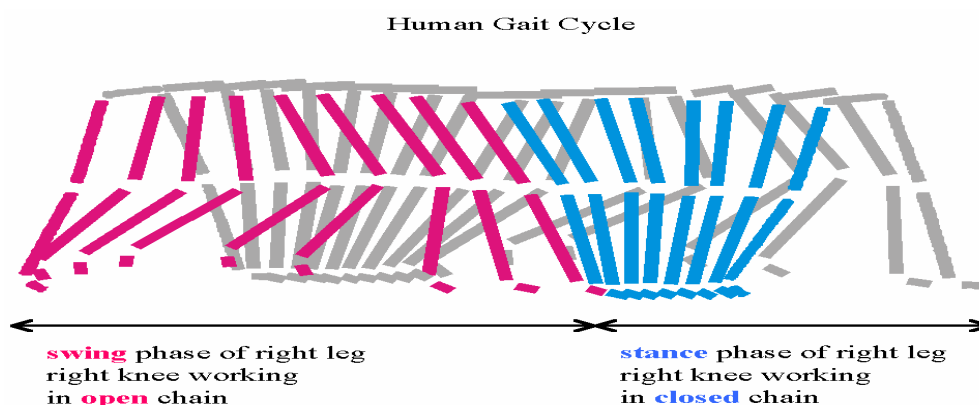


Figura 4. Ciclo de la marcha humana (extraído de Laube Bruhn, Radlinger y Schmidtbleicher)

Según este mismo autor, separar las dos formas de ejercicios, vistos de forma independiente, parecería ser inapropiado para la mayoría de los movimientos atléticos e incluso para todos los tipos de movimientos, concluyendo que “puede verse, que es difícil hablar de cadenas cinéticas

abiertas o cerradas puras en la actuación diaria locomotora e incluso en los eventos deportivos. La mayoría de estas combinaciones en que la velocidad y la fuerza se desarrollan en proporción, varían con el acto motor específico” (Steindler, 1977). La controversia de la cuestión de las cadenas cinéticas se remonta, al parecer, por una parte a una interpretación incorrecta de la definición y por otra, en los puntos de vista de los examinadores. Así, parece que es importante discutir diferentes puntos de vista, sin olvidar que éstos tienen una influencia recíproca según los requisitos fisiológicos, teniendo la misma base. De acuerdo con la literatura actual, la diferenciación debe hacerse entre la relevancia para las actividades del día a día, el impacto de las fuerzas de compresión y los aspectos sensomotores del control motor (Davies, Heiderscheit, Schulte, Manske y Neitzel, 2000).

Está ampliamente aceptado que los ejercicios de OKC así como los de CKC están implicados en casi todos movimientos deportivos y actividades diarias. En las diferentes formas de ejercicios tales como la marcha humana (ver figura 4), correr, así como el movimiento de disparar o lanzar, la resistencia axial y/o rotatoria es aplicada, de forma fija y/o de forma libre, en el segmento distal. Desde un punto de vista neurofisiológico, el movimiento de OKC consiste principalmente en un músculo o grupo de músculos que operan en una sola articulación, mientras que el movimiento de CKC es, principalmente, un movimiento de múltiples articulaciones con co-contracciones controladas de los músculos sinergistas y antagonistas.

El marco conceptual propuesto en ingeniería para describir los elementos estructurales rígidos fue adaptado por Steindler (1955) y extrapolado para incluir el análisis del movimiento humano, incluido el ejercicio y los movimientos específicos, propios del deporte. Steindler (1955) propuso que las extremidades fueran consideradas como segmentos rígidos superpuestos en series y definió la cadena cinética como “una combinación de una serie de varias articulaciones organizadas de forma sucesiva que constituyen una unidad motora compleja”. Dichas secuencias o cadenas pueden ocurrir de

cualquiera de las dos formas primarias: abiertas o cerradas. En un sistema de cadena cinética abierta, el segmento distal del sistema es libre de moverse en el espacio. De forma típica, los ejercicios de cadena cinética abierta están caracterizados por ser estructuras que rotan alrededor de sus articulaciones.

Utilizando el clásico ejemplo del ejercicio de extensión de rodilla desde sentado, la estructura que rota alrededor de la rodilla implica, de forma primaria, la rotación proximal de la tibia sobre la parte distal del fémur, mientras otras formas de movimiento (Kapandji, 1982) ocurren de forma accesoria, como la rotación tibial o translación, donde el movimiento primario es la rotación. Los movimientos de la cadena cinética abierta ocurren vía un eje primario. Por ejemplo, la articulación primaria del eje de rotación, durante el ejercicio de extensión de rodilla, pasa a través del epicóndilo femoral de la articulación tibiofemoral (la rodilla), con un movimiento que ocurre principalmente en el plano sagital. Otra característica común de un ejercicio de la cadena cinética abierta implica a un número de segmentos moviéndose simultáneamente. Un segmento de la articulación (p.e. el fémur en la extensión de la rodilla) permanece estacionario durante el ejercicio de extensión de rodilla, mientras el otro segmento que forma la articulación (p.e. la tibia) es móvil. Esta característica añade un control inherente al ejercicio de un movimiento de cadena cinética abierta debido a la estabilidad ejercida por el segmento estacionario a la articulación móvil. También los ejercicios de cadena cinética abierta y patrones de movimiento permiten la activación del músculo de forma más aislada (Palmitier, An, Scott, y Chao, 1991) debido a una cantidad limitada de co-contracción muscular inherente a dichos movimientos (Draganich, Jaeger, y Kralj, 1989; Palmitier et al., 1991).

Un modelo biomecánico común para golpear (ver figura 5) y lanzar en el deporte es un sistema abierto de segmentos unidos que trabajan en una secuencia próximo-distal (Putnam, 1993). La finalidad de las mismas es imprimir una alta velocidad o fuerza en el segmento distal. Este segmento distal, puede ser la mano de un pitcher, el pie de un taekwondista, o la mano y

raqueta de un jugador de tenis. La velocidad final del segmento distal depende de la velocidad del segmento proximal y de la interacción de los segmentos que le preceden (Bunn, 1972; Fleisig, Barrentine, Escamilla, y Andrews, 1996). El segmento proximal (las piernas y el tronco), acelera el sistema entero y, secuencialmente, transfiere la velocidad adquirida al segmento distal (Putnam, 1993). La conservación del momento explica esta interacción segmentaria. La ecuación para el momento angular es la velocidad angular del momento de inercia del segmento (Kreighbaum y Barthels, 1996). La aceleración inicial del segmento proximal abarca a todos los segmentos distales como parte de su inercia. Debido a la desaceleración secuencial de los segmentos proximales, el momento se conserva transfiriendo, al segmento distal, su velocidad a lo largo de la cadena cinética (Kreighbaum y Barthels, 1996; Putnam, 1993). Esta unión próximo-distal proporciona un sistema eficaz y eficiente para transferir fuerza y producir una mayor velocidad en el segmento distal.

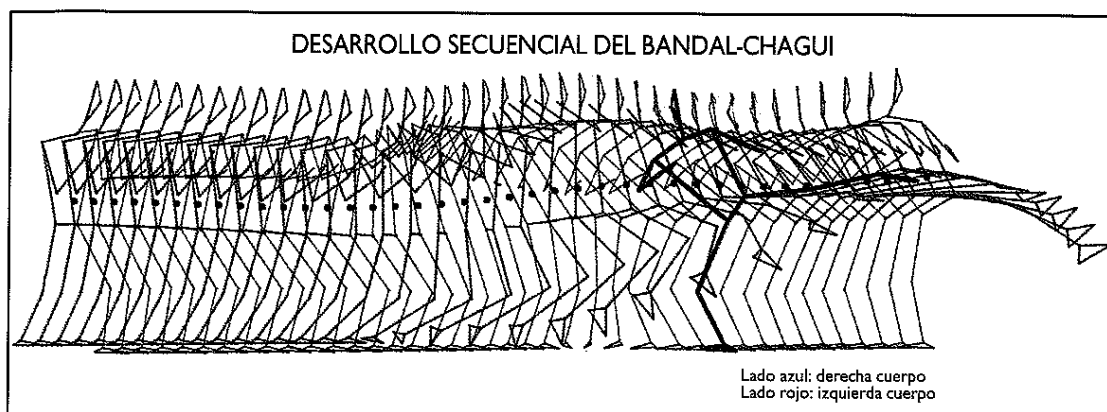


Figura 5. Desarrollo secuencial del Bandal Chagui (extraído de Balias et al., 1993)

El patrón de golpeo con el pie es un patrón de lanzamiento en el cual, los segmentos proximales inician el movimiento hacia delante, provocando un movimiento más rápido del segmento distal (el pie) (figura 6). En este sentido, la patada circular responde a un modelo próximo-distal de interacción segmentaria en pro de maximizar la velocidad lineal de los segmentos distales. Los segmentos proximales transfieren su momento angular a los distales utilizando el principio de cadenas cinéticas (Kim y Kim, 1997; Putnam, 1991) aplicado a los movimientos que requieren secuencias de rotaciones

segmentarias, como es el caso que nos ocupa. Dicho patrón de movimiento requiere que el cuerpo funcione de forma acoplada en una cadena flexible ("flexible chain of links") donde los segmentos proximales, inician el movimiento hacia los segmentos distales de forma libre. Esta secuencia ocurre segmento a segmento, desde el inicio hasta el final, desde el segmento proximal hasta el segmento más distal, hasta llegar al extremo de la cadena (Kreinghbaum y Barthels, 1996).

Los músculos extensores de la rodilla, y los tejidos que la envuelven, evitan que la pierna y el pie se retrasen demasiado. La aceleración, en cuanto a la flexión del muslo sobre la articulación de la cadera, debe durar tanto como sea posible por que la aceleración producida, para la extensión de la rodilla, tiende a desacelerar el muslo. Así, cuanto más podamos acelerar el muslo tanto más podremos crear una mayor velocidad angular en el pie, en el momento en que éste, alcance el objetivo. A medida que la pierna se acelera, el muslo tiende a desacelerarse o su aceleración se ve reducida. La rodilla se convierte en el nuevo eje de la rotación para el movimiento de la pierna y del pie. Así, la inercia rotatoria de esos segmentos se reduce con eficacia y se aumenta su velocidad angular.

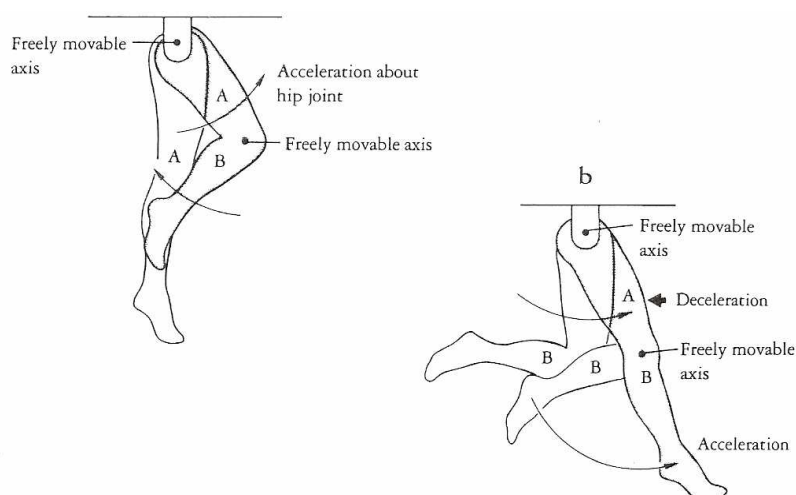


Figura 6: Efectos de la aceleración y deceleración de los segmentos. (a) Aceleración del segmento A (en sentido contrario a las agujas del reloj) y aceleración del segmento B (en el sentido de las agujas del reloj); Desaceleración del segmento A y aceleración del segmento B (extraída de Kreighbaum y Barthels, 1990)

Este patrón de movimiento es congruente con el principio de encadenamiento (link principle). Para ilustrar los efectos simplificados de la aceleración y desaceleración de los segmentos proximales sobre los segmentos distales se muestra el modelo conceptual en la figura 7. En él, se muestra la presencia de momentos de fuerza generadas por el músculo actuando en los segmentos de forma sucesiva, cuyas velocidades están aumentando continuamente y en el tiempo, en un sistema, mecánicamente eficaz, basado en eslabones.

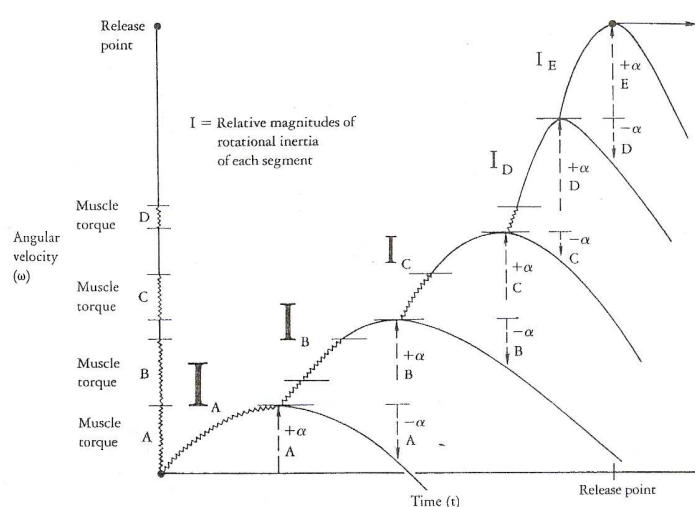


Figura 7: Modelo conceptual del principio de cadena cinética (extraído de Kreighbaum y Barthels, 1990)

El modelo ha sido adaptado de Morehouse y Cooper (1950) y modificado para responder a las contribuciones cinéticas de los momentos de fuerza generadas por el músculo. Los segmentos A, B, C, D, y E representan un número arbitrario de segmentos del cuerpo utilizados, de forma secuencial, para realizar una determinada habilidad. Aplicando el modelo a un movimiento de golpeo, los movimientos segmentarios serían A, la pelvis girando en flexión sobre el eje intervertebral lumbar; B, el segmento del muslo que girando en flexión sobre el eje de la cadera; y C, los segmentos de la pierna y pie girando en extensión sobre el eje de la rodilla. En el caso del golpeo, se usan tres segmentos, aunque, el modelo, puede acortarse o alargarse para encajar en la habilidad a analizar.

Los momentos de fuerza, generados por el músculo, se representan en la figura 8 por las líneas quebradas. La velocidad angular se representa por el símbolo ω mostrado a lo largo del lado izquierdo del modelo. El tiempo (t) se representa en el eje de ordenadas, a lo largo de la línea de fondo. La inercia rotacional del sistema hasta el eje de rotación, que es utilizado en diferentes momentos durante la secuencia de la ejecución técnica, se muestra en la figura con las líneas de la velocidad angular a la izquierda de la gráfica para representar la diferencias en su magnitud (I) del eje distal del sistema al eje de la rotación que se utilizan en momentos diferentes, durante la sucesión de la habilidad se muestra a la izquierda de las líneas de la velocidad angular y se clasifica según tamaño para mostrar las diferencias en su magnitud.

Éste es un modelo conceptual y no debe ser interpretado como representación de las magnitudes reales. Se ha desarrollado para mostrar las relaciones de varias cantidades mecánicas, con un momento de fuerza generado por el músculo, aplicado a la base de cada segmento y a los momentos de fuerza generados por el músculo, aplicados entre los segmentos. El modelo representa un modelo teórico ideal para lograr la consecución de una velocidad angular y lineal alta, en el punto final del segmento distal. Sin tener en cuenta el origen de los datos antropométricos, se presupone que cada segmento tiene una masa fija, localizada como el punto de masa de su CDM (que será el centro de gravedad en dirección vertical), la localización de dicho CDM del segmento permanecerá fijo durante el movimiento, las articulaciones son consideradas como bisagras, donde el momento de inercia de dicho segmento, sobre su centro de masas (o sobre su articulación tanto proximal como distal) es constante durante todo el movimiento y que la longitud de dicho segmento permanece constante durante el movimiento, han sido adoptadas con respecto al modelo (Winter, 2005).

La figura 8 nos muestra la equivalencia entre el modelo anatómico y el de encadenamiento segmentario de la extremidad inferior. Las masas de los segmentos m_1 , m_2 y m_3 se considera que están concentradas en un punto. La

distancia de la articulación proximal al centro de masas se considera que es fija, así como la longitud de los segmentos y sus momentos de inercia I_1 , I_2 e I_3 sobre sus respectivos CDMs.

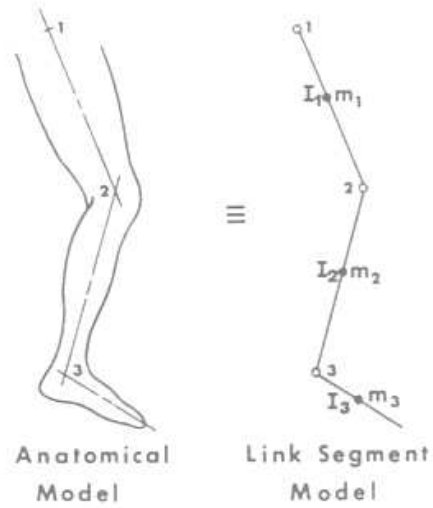


Figura 8. Relación entre el modelo anatómico y encadenamiento-segmentario. Las articulaciones han sido sustituidas por cabezas de alfiler y los segmentos por sus masas y momentos de inercia localizados en sus respectivos centros de masa (extraído de Winter, 2005)

3. FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL PRINCIPIO DE CADENA CINÉTICA O MODELO DE ENCADENAMIENTO SEGMENTARIO

Una vez explicado el modelo sobre el cual se basa la realización de la técnica motivo de este estudio, enumeraremos las fuerzas que actúan sobre el modelo de encadenamiento tal y como expone Winter (2005) en su manual sobre "biomecánica y control del movimiento humano". Estas son:

1. Fuerzas gravitacionales. Las fuerzas de la gravedad actúan hacia abajo y a través de cada CDM de cada segmento y es igual a la magnitud de la aceleración de la masa debido a la gravedad (normalmente 9.8 m/s^2).
2. Fuerzas de reacción del suelo o fuerzas externas. Dichas fuerzas se distribuyen sobre el área del cuerpo (como las fuerzas de reacción del suelo bajo el área del pie). En relación a representar dichas fuerzas como vectores, éstas deben ser consideradas que actúan en un punto que normalmente se denomina centro de presión (CDP).
3. Fuerzas del músculo y ligamentos. El efecto de la actividad muscular sobre una articulación puede ser calculada en términos de momentos musculares. Si una co-contracción está teniendo lugar en una articulación, el análisis nos proporcionará el efecto neto tanto del músculo agonista como del antagonista. Asimismo, cualquier efecto producido por la fricción en la articulación o dentro del propio músculo no puede ser separada de este valor neto. El aumento de la fricción,

simplemente reducirá la efectividad del músculo; los elementos contráctiles del músculo están creando momentos mayores que los analizados en el tendón. No obstante, el error en movimientos de baja o moderada velocidad es generalmente un tanto por cien muy bajo. En un rango extremo de movimiento de cualquier articulación, las estructuras pasivas como los ligamentos pasan a tener un papel de contención. No obstante, a menos que el músculo no actúe, es imposible determinar la contribución de las estructuras pasivas.

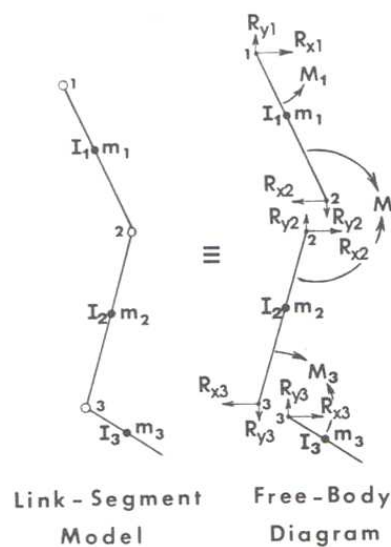


Figura 9. Relación entre el diagrama del cuerpo libre y el modelo de encadenamiento segmentario (extraído de Winter, 2005)

Las tres fuerzas descritas anteriormente, constituyen el total de fuerzas que actúan sobre la totalidad del sistema del cuerpo. No obstante, se debe analizar los segmentos uno a uno y en su conjunto para poder calcular la reacción que se produce entre los segmentos. Tal y como se muestra en la figura 9, el modelo original de encadenamiento segmentario se ha descompuesto en sus partes segmentarias. Por convención, se han separado las articulaciones y las fuerzas que actúan sobre cada articulación deben ser entendidas dentro de la totalidad del diagrama. Ello nos permite observar cada segmento y calcular todas las fuerzas de reacción desconocidas. De acuerdo con la tercera ley de Newton, existe una fuerza igual y de sentido contrario actuando en cada articulación del modelo.

A veces, durante el movimiento de flexión de cadera, los extensores de la rodilla se acortan para acelerar el segmento pierna-pie sobre el eje de la rodilla. Los extensores de rodilla disminuyen la velocidad del muslo simultáneamente sobre el eje de la cadera. Debido a que el segmento pierna-pie es menos macizo que los segmentos anteriores y a que el radio de giro del segmento pierna-pie es menor sobre el nuevo eje de la rodilla, la inercia rotatoria del segmento pierna-pie del sistema es considerablemente menor, y por consiguiente, la velocidad angular será considerablemente mayor. Estamos ahora al final del sistema, donde la velocidad lineal del pie en movimiento es máxima.

Aunque el miembro inferior es uno de los segmentos más largos del cuerpo, es muy importante para un taekwondista ser capaz de mover dicha extremidad tan rápido como le sea posible para ejecutar la patada de tal forma que no sea fácil de bloquear, esquivar o reconocer. La característica inicial de la técnica de golpeo es una elevación rápida de la rodilla de la pierna que golpea. En términos biomecánicos, esta acción sirve para reducir el Momento de Inercia (I) del segmento al reducir la distancia del segmento del centro de rotación (radio de rotación "r"). Básicamente, esto se refiere a que la resistencia a la rotación de los segmentos, cuando golpeamos, se encuentra predominantemente sobre la cadera. Por tanto, un menor I producirá una mayor velocidad de rotación sobre dicha articulación (ver figura 10).

Además, este movimiento inicial, puede ser una ventaja sobre el oponente en el sentido de que les proporciona la posibilidad de producir diferentes variaciones de golpeo de la misma o similar base mecánica de movimiento. Un buen símil para ello es un lanzamiento en baloncesto: para disfrazar la liberación del balón sobre el defensor, el lanzador emplea multitud de movimientos de armado del brazo y del cuerpo, para esos lanzamientos, reduciendo el tiempo que el defensa tiene para reaccionar una vez que el lanzamiento ha sido reconocido.

La importancia de mantener un movimiento lo más rectilíneo posible es entendido cuando uno considera la velocidad con la que la técnica debe ser ejecutada: En un movimiento rectilíneo, tendremos un desplazamiento lineal menor y por ende, alcanzaremos antes el objetivo. Según Emmermacher, et al. (2007), si se observa la trayectoria de la ejecución de un Bandal Chagui, en competición, el semicírculo de su trayectoria sólo será visto en la fase final del movimiento. En la primera fase, de inicio del movimiento de la pierna de golpeo, el movimiento no es semicircular. En la posición final, del primer segmento de movimiento, los puntos más bajos de la pierna bajan y se abren hacia el exterior. Esta posición del pie es necesaria para realizar el siguiente patrón de movimiento semicircular. La causa para esta trayectoria es que el adversario no identifique dicho movimiento, además de que, las técnicas realizadas por la pierna trasera tienen una fase de aceleración más larga y, por consiguiente, una velocidad máxima más alta.

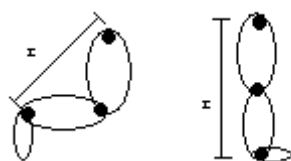


Figura 10: Reducción de “r” causado por la flexión de la pierna a la altura de la rodilla.

El resultado final en la ejecución de un Bandal Chagui, viene determinado por factores como sincronización, rango de movimiento, parámetros cinemáticos e inercia del cuerpo, así como la manera en que los distintos segmentos involucrados en el movimiento interactúan (Pearson, 1997). Un movimiento especializado es generalmente reconocido por la manifestación de características comunes como la precisión espacio-temporal, adaptabilidad, y congruencia (Kelso, 1982). Precisión espacio-temporal significa que todos los elementos del movimiento son ejecutados en el lugar y momento correcto y para que los movimientos coordinados ocurran con precisión espacio-temporal, los grados de libertad tienen que ser controlados y regulados de forma apropiada. Los grados de libertad son definidos como decisiones requeridas por

el sistema motor para completar un movimiento de forma exitosa. Qué músculos se contraerán, qué fuerzas se aunarán así como los planos de movimiento, son ejemplos primarios de los grados de libertad. Además de dichos grados de libertad, también tenemos el contexto de la variabilidad condicional. Es decir, estos mismos músculos pueden lograr diferentes movimientos dependiendo del propio contexto del movimiento. Las fuerzas requeridas para mover los segmentos corporales pueden variar si las propiedades iniciales del movimiento cambian durante el mismo. El sistema motor también debe responder a la fatiga y la variabilidad neuronal durante los movimientos. Para manejar dichos grados de libertad, los músculos deben actuar como una unidad o estructura coordinada. Turvey, Fitch, y Tuller (1982) definieron estructuras coordinadas como un grupo funcional de músculos, donde a menudo comprometen a varias articulaciones que actúan como una sola unidad hacia un objetivo o meta. Cuando los músculos actúan como una unidad, la información enviada a un grupo muscular también serviría como información a los otros grupos musculares, reduciendo de esa forma los grados de libertad.

Bernstein (1967) sugiere dos estados sucesivos para el desarrollo de una conducta diestra que se relacione con los grados de libertad. En la primera fase, los noveles tenderían a resolver los problemas iniciales de coordinación mediante la congelación de algunos grados de libertad. En este sentido, utilizarían una estructura coordinada manteniendo los ángulos de las articulaciones fijas a lo largo de todo el movimiento. Es decir, existe una fuerte unión de todas las articulaciones, viéndose obligadas a moverse como un solo grado de libertad "virtual". Tras el proceso de aprendizaje existe una liberación de dichos grados. Las articulaciones se incorporan de forma fluida en las unidades funcionales más grandes de acción y movimiento. Durante esta segunda fase, el aprendiz utiliza las estructuras de forma coordinada para poder aprovechar las fuerzas pasivas (reactivas, de fricción, gravitacionales, e inerciales) mejorando la eficacia de las fuerzas musculares activas.

En un estudio de videocapturación de imágenes en karate, Andrzejewski y Elbaum (2005) descubrieron potenciales defectos, en las suposiciones previas, de la realización técnica con respecto a cada fase del golpeo, durante la realización de una patada frontal. Según estos autores, el inicio de la fase de arqueamiento definida como el punto en el cual, la tibia se encuentra en posición vertical, no representaba un cambio de dirección en ninguna de las articulaciones mayores, descubriendo un modelo cinemático, no descrito previamente, producto de una combinación de la extensión de la cadera, extensión de la rodilla, y flexión plantar del tobillo, en el momento justamente anterior al contacto con el blanco. Ello probablemente representaría, según estos autores, una estrategia subyacente de co-contracción de grupos musculares mayores para endurecer la extremidad inferior al máximo, concluyendo que, en la cinemática del golpeo de la extremidad inferior no dominante y tras examinar cada articulación por separado, siguen un patrón de movimiento bastante similar al de la extremidad dominante. Sin embargo, las velocidades angulares y lineales eran bastante más bajas, y el momento de participación de cada articulación era bastante diferente. La velocidad de movimiento en las artes marciales las hace casi imposible de analizar con el ojo desnudo, y muchas suposiciones tradicionales sobre la técnica óptima podrían ser erróneas. No obstante, dicho estudio fue realizado con un solo sujeto.

Southard (1998) nos proporciona evidencia sobre el control y orden de los parámetros durante los movimientos tanto de golpeo como de lanzamiento. Manipuló la masa del brazo, antebrazo y mano, mientras se realizaba un mismo lanzamiento a diferentes velocidades encontrando que, cuando el segmento más delgado es interrumpido por aumentar la masa de los segmentos distales, el modelo de lanzamiento cambia a un movimiento encogido o forzado. Cuando la masa era agregada a los segmentos proximales, los patrones de lanzamiento eran facilitados aprovechándose la cadena cinética abierta. Los mismos cambios ocurrieron cuando los participantes aumentaron la velocidad del lanzamiento. Southard (1998) concluyó que la masa relativa de los segmentos corporales y la velocidad de lanzamiento son parámetros de control

del lanzamiento. También declaró que la cadena cinética abierta dependía del orden de los parámetros que dictan las diferentes alternativas de tiro o golpeo.

Hong et al. (2000), con una muestra de 12 sujetos, así como Lee et al. (2005), (n= 4) estudiaron y analizaron la patada circular, observando que la duración de cada variación, en la ejecución técnica, era de gran importancia, entendiendo que hallando una configuración óptima del patrón de movimiento, ésta podría ser ejecutada en el menor tiempo posible y siendo por tanto, más efectiva. Tsai et al. (2004), en un estudio con 23 sujetos, sobre las velocidades angulares de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo durante la realización de un Nerio Chagui, dividieron el movimiento completo en una fase ascendente y otra descendente. Por el estilo de movimiento, observaron una secuencia de las articulaciones de la cadera y la rodilla, acorde con el principio de cadena cinética durante la fase ascendente, pero sin la aceleración secuencial durante la fase descendente. En la fase ascendente, parte de los sujetos se movieron en contra del principio de cadena cinética (desde grandes articulaciones hasta las pequeñas articulaciones), sin embargo, los sujetos que realizaron su ejecución técnica obedeciendo a dicho principio ganaron en eficiencia, eficacia y rendimiento mecánico. Tsai et al., (2004) hallaron un tiempo de la fase de ascenso más corto, en proporción al tiempo de movimiento.

Según Mazlan et al. (2007), para realizar un movimiento rápido, el cuerpo debe ajustarse rápidamente a las diferentes posturas durante la realización de una técnica para mantener un estado de equilibrio. Los parámetros cinemáticos del golpeo son elementos relacionados con la velocidad del punto del cuerpo escogido, antes del contacto con el blanco de golpeo. Los elementos cinéticos son aquellos que resultan de la suma de las fuerzas de la reacción entre la parte del cuerpo que golpea y el blanco.

Para Dworak et al. (2005), la técnica de golpeo en Taekwondo está basada en la velocidad y el equivalente de la masa corporal envuelta en el golpeo, y su

efectividad esta determinada por la cantidad de velocidad transferida (momento) o energía. El análisis del proceso muestra la existencia de una correlación entre la velocidad y fuerza y otros parámetros de la cinética del golpeo (Dziwiecki, 2002; Pieter y Pieter, 1995). Las altas velocidades están determinadas no sólo por los resultados mecánicos de golpeo, sino que también están relacionados con el tiempo necesario para la ejecución de la técnica, pudiendo influir en el éxito del competidor a la hora de sorprender a su oponente.

La velocidad del pie en el momento del golpeo es el efecto final del movimiento, el cual es indispensable, en relación a los parámetros cinéticos, para el análisis extenso de técnica del golpeo. Pero todavía, parece haber una falta de análisis sobre la misma (Mazlan et al., 2007). A pesar de la alta relevancia de las técnicas de pierna en Taekwondo existen, hasta la fecha, pocos estudios biomecánicos (Emmermacher et al., 2007) que nos ayuden a entender la eficacia de las mismas.

CAPÍTULO III.

INVESTIGACIONES CENTRADAS EN EL GOLPEO

1. INTRODUCCIÓN

2. INVESTIGACIONES CENTRADAS EN EL GOLPEO EN LAS ARTES

MARCIALES

2.1. PICOS DE VELOCIDADES

2.2. DISTANCIA DE EJECUCIÓN

2.3. PIERNA DOMINANTE - PIERNA NO-DOMINANTE

2.4. FUERZAS DE IMPACTO

2.5. TIEMPO DE MOVIMIENTO

2.6. TIEMPO DE REACCIÓN

CAPÍTULO III. INVESTIGACIONES CENTRADAS EN EL GOLPEO

1. INTRODUCCIÓN

La investigación sobre el golpeo ha tendido a centrarse en el golpeo del balón y la secuencia de las rotaciones segmentarias asociadas a alcanzar una alta velocidad del pie en el momento del impacto (Asami, 1983; Dos Anjos y Adrian, 1986; Philips, 1985). Se ha observado que durante la fase inicial de un movimiento de golpeo con el pie, la rotación del muslo parece dominar la actividad, mientras que en las fases posteriores, la rotación del muslo disminuye considerablemente mientras que la de la tibia aumenta (Putnam, 1983; Roberts, Zernicke, Youm, y Huang, 1974). Putnam (1993) describe el principio de “sumación de velocidades” (summation of speed), donde cada segmento distal comienza su movimiento en el instante de la velocidad más alta del segmento proximal precedente, y alcanza una velocidad máxima mayor que la de su predecesor.

Este mismo autor, trató de analizar, con una muestra de 18 sujetos, la interacción entre el muslo y la pierna durante el golpeo de puntera. En concreto, trató de analizar el descenso de la velocidad angular del muslo que ocurre durante la parte final del movimiento de golpeo y concluyó que ese mencionado descenso de la velocidad angular del muslo, en la parte final del movimiento, no sirve para aumentar la velocidad angular de la pierna, si bien, este descenso ocurre como resultado de la influencia del movimiento angular

de la pierna respecto del muslo (Putnam, 1993). Robertson y Mosher (1985) querían comprobar la teoría de la "sumación de fuerzas" o de "sumación de velocidades segmentarias" como punto de partida para lograr una alta velocidad en el extremo distal de una extremidad y aplicarla al golpeo de fútbol. Examinando los patrones de trabajo y potencia ejercida por los músculos de la pierna, durante el golpeo máximo a un balón parado, con una muestra de 7 sujetos, concluyeron que: 1) el principio de sumación de fuerzas, en el golpeo de fútbol, se soportaba en la contracción muscular de la cadera y no tanto en la contracción de los músculos de la rodilla, 2) los músculos de la cadera son los más importantes durante el golpeo en fútbol y, 3) los tests y entrenamiento del golpeo en jugadores de fútbol debían incluir la evaluación de los flexores de cadera y no necesariamente de los extensores de rodilla. Estas investigaciones no encontraron actividad alguna en la extensión de rodilla justo antes del impacto, sino que de hecho, y según estos autores, los músculos implicados en el movimiento de flexión de rodilla eran los que dominaban.

Los españoles Gutiérrez y Soto (1992) realizaron un interesante estudio sobre la actividad muscular implicada en el golpeo en fútbol con el empeine interior, analizando la cadena cinética implicada, en una muestra de 14 futbolistas de ámbito regional. Este movimiento se adaptaba a una secuencia temporal en la que las aceleraciones segmentarias se daban de manera secuencial: rotación de cadera, flexión del muslo, extensión de la pierna. Si esto no ocurría, se reducía la velocidad del segmento distal. Los movimientos de los brazos se relacionaron con el momento angular provocado por la pierna chutadora, teniendo un carácter compensatorio, recomendando un movimiento amplio del brazo contrario a la pierna chutadora, manteniendo el otro cercano al cuerpo y con una amplitud de movimiento reducida.

2. INVESTIGACIONES CENTRADAS EN EL GOLPEO EN LAS ARTES MARCIALES

La similitud en los patrones de movimiento exhibidas en un Bandal Chagui y en un chut de fútbol (Putnam, 1983,1991) implica que ambas tareas poseen las mismas interacciones segmentarias (ver figura 11). Sin embargo, existen un número de factores tales como la acción de la gravedad, inercia del tronco, rango de movimiento y sincronización que pueden afectar la manera, en la cual, los segmentos obran recíprocamente en ambas tareas. Los resultados de un estudio realizado por Neal y Landeo (1998), con una muestra de 10 sujetos, divididos en tres grupos en función del nivel, cuyo objetivo era investigar la interacción segmentaria en el Bandal Chagui comparada con el chut de fútbol, mostraron dicha similitud. No obstante, y en contraste con el chut de fútbol, la velocidad angular máxima en el Bandal Chagui fue registrada antes del impacto, al igual que en el estudio realizado por Roberts et al. (1974), donde la mayor velocidad angular de la pierna de golpeo se produjo en el instante del impacto.

Así mismo, debemos tener en cuenta los problemas para extrapolar el golpeo a un balón de fútbol con el golpeo en las artes marciales: el balón se va lejos, no opone casi resistencia al impacto. El golpeo contra un rival implica resistencia pasiva al golpeo y, obligatoriamente, retroceso cinético osteomuscular (en centésimas de segundo antes de que se realice la acción

evasiva tras el golpeo). Sería interesante saber como responde el miembro inferior y las estructuras encargadas de mantener el equilibrio en el momento inmediatamente posterior al golpeo (cambio de postura de apoyo, retroceso involuntario secundario al golpeo, contracción muscular refleja tras el impacto, cambios electromiográficos, etc.), es decir, entre el golpeo y el inicio del movimiento voluntario de retirada.

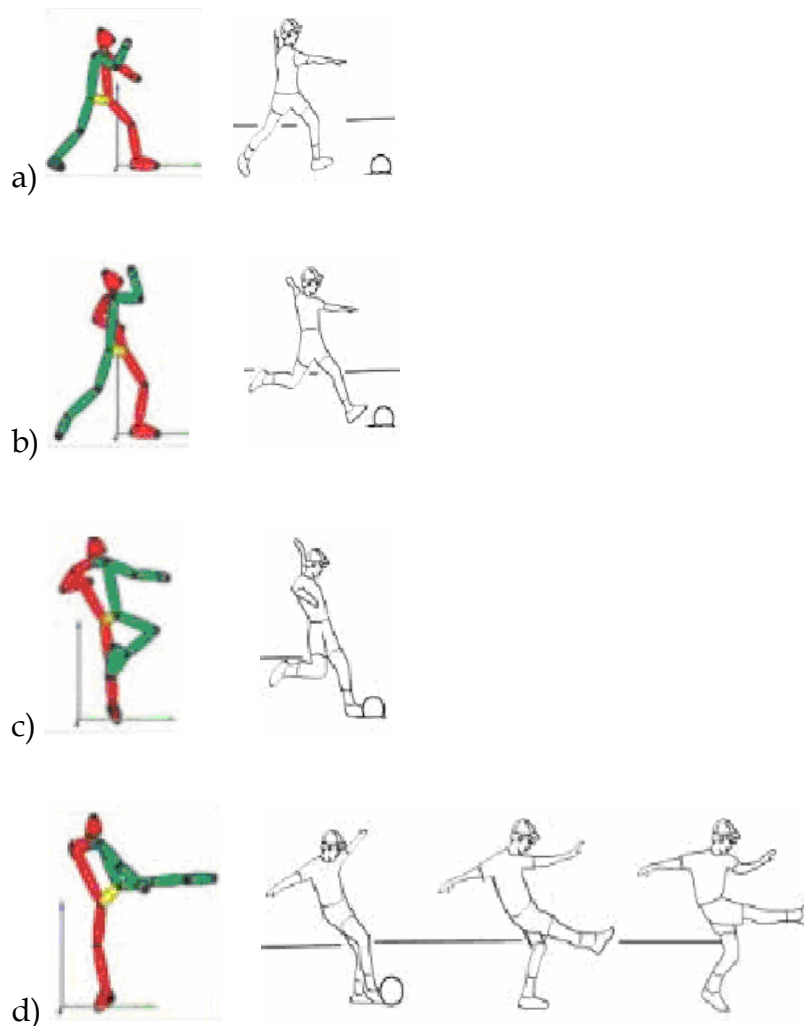


Figura 11. Patrones de movimiento exhibidas en un Bandal Chagui y en un chut de fútbol.

En la revisión de la literatura científica relevante hay muy poca que lleve a cabo estudios científicos en taekwondo, que expliquen la metodología utilizada para los mismos o bien, muchas de ellas, han sido hechas en base a técnicas ITF u otros deportes de combate (Tang, 2001). Por otra parte, muchas de estas investigaciones han centrado su atención en las lesiones deportivas (Beis, Tsaklis, Pieter, y Arabatzidis, 2001; Kazemi y Pieter, 2004; Pieter,

Bercades, y Heijmans, 1998; Pieter, Van Ryssegem, Lufting, y Heijmans, 1995; Pieter y Zemper, 1999; Serina y Lieu, 1991; Zemper y Pieter, 1989) o bien en las patadas frontales o descendentes (Ahn, 1985; Beraud y Gagerym 1995; Hwang, 1987; Landeo y McIntosh, 2007; Lee et al., 2005; Park, 1990; Sorensen et al., 1996; Tsai et al., 2004; Tsai et al., 2005), debido a que responden a un movimiento relativamente simple, teniendo sus orígenes en el análisis cinematográfico básico utilizando un análisis bidimensional y modelos de técnicas de Karate (Andrzejewski y Elbaum, 2005; Blum, 1977; Feld, McNair y Wilk, 1979; Witte, Emmermacher, Bystrycki, y Potenberg, 2007), donde el modelo cinético de la pierna que golpea, durante la ejecución en la patada frontal, observa un pico de velocidad lineal del pie dentro de un rango de entre 12-19m/s.

2.1. PICOS DE VELOCIDADES

Como ya hemos comentado, estudios previos, de la patada circular, han centrado su atención en el periodo inmediatamente anterior al impacto y en el patrón de movimiento precedente. Sung et al. (1987) grabaron picos de velocidades de 19.2 m/s en atletas senior Coreanos. Conkel et al., (1988) hallaron picos de velocidades en torno a 14.64 m/s en deportistas de élite. Autores como Serina y Lieu (1991) tomaron grabaciones de alta velocidad tomadas desde arriba y lateralmente para analizar las patadas circulares y el pico de velocidad lineal del pie justo antes del impacto que fue de alrededor de 16 m/s, para cinturones negros masculinos, aunque este estudio no fue estrictamente un análisis tridimensional. Según estos autores, la velocidad media del pie en los golpes de oscilación, como la patada circular (15.9m s^{-1}), es en un 80% mayor que la velocidad media para los golpes de empuje, como pueda ser la patada frontal o lateral (8.8m s^{-1}). Balius et al. (1993), con una muestra de 2 sujetos, obtuvieron velocidades en torno a los 8.814 m/s para las patadas circulares, aunque por razones técnicas no pudieron disponer de datos en el momento justo del impacto. Pieter y Pieter (1995) también hallaron, para las patadas frontales, velocidades en torno a los 6.6m s^{-1} .

En este sentido, los golpes que poseen algún tipo de rotación inicial son más rápidos que aquellos que no la poseen. Aparentemente, el propósito de dicho giro inicial es el de generar una mayor velocidad de golpeo. Pieter y Pieter (1995) obtuvieron valores entorno a los 15.54 m/s. En el análisis tridimensional utilizado por Sidthilaw (1997) para investigar la cinemática de la patada circular en thai boxing (un tanto similar a la patada circular en taekwondo), tomando los datos a partir de la velocidad lineal del tobillo y el pie, y la velocidad angular del pie y la cadera (de la pierna que golpea) justo antes del impacto, hallaron que el pico de velocidad angular en la cadera precedía al pico de velocidad angular en el pie en todos los sujetos. La velocidad lineal del pie, inmediatamente anterior al impacto, durante la ejecución de la patada circular, fue, no obstante, medida por luces de sincronización electrónica. Dichos estudios testaron atletas de elite y encontraron velocidades lineales finales de 14-16 m/s. Pearson (1997), en su estudio con atletas masculinos, halló picos de velocidades en torno a los 13.4 m/s, obteniendo una correlación positiva entre la fuerza de impacto y el impulso, la masa corporal, la velocidad lineal del dedo del pie y del tobillo previo al impacto, cambios en la velocidad angular de la rodilla, y la longitud del muslo, donde la generación de velocidades lineales elevadas en el pie era, aparentemente, la manera más fiable de producir una gran fuerza de impacto. Boey y Xie (2002), en un estudio con taekwondistas nacionales de Singapore, obtuvieron unos picos de velocidades de golpeo de 18.0 m/s para hombres y 13.32 m/s para mujeres. En su estudio, Dworak et al., (2005) obtuvieron, con una técnica de puño en karate, una velocidad de golpeo calculada en, aproximadamente, 10 m/s. La velocidad más alta de golpeo grabada fue de 12.4 m/s. La velocidad del pie de golpeo, por su parte, parecía ser mucho más baja e igual a 6-7 m/s. Muy significativos y diferentes valores fueron hallados en la velocidad de la mano y el pie, en la medición del blanco de golpeo situado a una distancia de 30 centímetros. Los niveles de velocidad desarrollados por los competidores mientras golpean, y que además se cita en la literatura raramente superan los 15 m/s. Kim y Hinrichs (2006), en una clasificación biomecánica

sobre los golpes en taekwondo ($n= 6$), hallaron una velocidad media para las patadas circulares de 13.9 ($DT= 0.72$) m/s. Según estos mismos autores, los golpes de oscilación alcanzan, generalmente, velocidades más altas que todos los tipos de golpeo. Quizá, este sea el motivo por el cual, las patadas circulares gozan de una mayor popularidad en una competición de taekwondo.

Haciendo comparaciones, con una muestra compuesta por 2 varones y 2 mujeres, miembros del equipo nacional de Singapore, Boey y Xie (2002) llegaron a la conclusión de que una mayor duración de cada fase tenía como resultado una mayor velocidad final del tobillo, aunque debían hacerse más estudios para confirmarlo. De dichos resultados también cabía resaltar el hecho de que parecía no existir relación entre la trayectoria del golpeo y la mayor velocidad resultante del mismo. Ello nos lleva a discutir las siguientes variables: distancia de ejecución, fuerza de impacto, tiempo de impacto y tiempo de movimiento y dominancia.

2.2. DISTANCIA DE EJECUCIÓN

Desde una perspectiva biomecánica, la habilidad en Taekwondo debe ser analizada en las acciones relacionadas con la fuerza y el tiempo, pero también en relación al espacio (Adrian y Cooper, 1995). La distancia de competición o distancia entre competidores tiene relación con el tiempo necesario para alcanzar al oponente y conseguir un punto, pero también para evitar o prevenir un ataque o contraataque del mismo. Una distancia corta puede significar un menor tiempo de movimiento, pero también un menor tiempo para responder a un posible ataque del oponente. Por el contrario, una distancia larga puede suponer un mayor tiempo para reaccionar ante un ataque del contrario, pero también un mayor tiempo de movimiento (Falco et al., 2009). El control de la distancia, significa mantenerse a distancia de, o acercarse hacia, el oponente, en el momento adecuado. La literatura en artes marciales en general, sugiere que uno de los factores más importantes que regulan el golpeo es la percepción escalar de la distancia del oponente (Walker, 2003). Por ejemplo, en boxeo, las observaciones sugieren que, normalmente, los "jabs" surgen en situaciones

específicas y, distancias del blanco, que difieren de los "uppercut" y ganchos. Más modelos formales de sistemas dinámicos son necesarios para verificar esta observación.

El análisis de la literatura de entrenamiento en boxeo (Walker, 2003) revela que un posible parámetro para el sistema de control de un ataque al blanco podría ser la métrica intrínseca de la distancia interpersonal entre el atacante y el blanco o diana, como un oponente o un saco de golpeo, en términos de si el blanco de golpeo es alcanzable, o no. Que el blanco sea o no alcanzable depende de la distancia y de la relativa e individual tendencia a llegar al mismo (Yonas y Hartman, 1993). La decisión de golpear o no golpear dependerán en gran medida de la percepción que tenga el sujeto de si alcanzará o no el blanco (Ulrich et al., 1990). Las dimensiones realizadas por cada sujeto de forma individual y ambivalente diferirán. El uso de una métrica intrínseca significa que el valor del parámetro de control podría cambiar según parámetros antropométricos (por ejemplo, según la longitud del miembro que ejecuta la acción) del sujeto. Boey y Xie (2002) presentan algunos parámetros relacionados con la ejecución del golpeo como la distancia de la trayectoria, aunque no discuten esos resultados. En su estudio, los autores simplemente dejan que los atletas golpeen desde la distancia que crean conveniente, sin ser este factor una variable a tener en cuenta. Las distancias desde las cuales los sujetos golpean se presentan en la tabla 1, marcando aquellas que fueron las más rápidas.

Tabla 1. Distancia de la trayectoria (m). (Extraído de Boey y Xie, 2002)

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
Sujeto 1	2.41*	2.31	2.30	2.36	2.29
Sujeto 2	3.04*	2.37	2.48	2.49	2.46
Sujeto 3	2.02	2.01	2.01	2.02*	2.00
Sujeto 4	2.06	2.05	2.20	2.15*	

* Ensayo más rápido

Lee y Huang (2006) realizaron un estudio con una muestra de 7 taekwondistas varones, comparando tres tipos diferentes de ejecución del Tuit Chagui (técnica en la cual se golpea con el talón), definiendo la distancia de

ataque como el desplazamiento horizontal del talón del pie trasero, en la posición de combate, hasta que el talón de la pierna de ataque contacta con el saco de golpeo. Para el *mondolio tuit chagui* (patada con giro a la altura del tronco) la distancia de ataque fue de 1.47 metros ($DT = .08$) y 1.53 ($DT = .06$), dependiendo de si ésta se realizaba con desplazamiento de la pierna de apoyo o no. Según estos mismos autores, en un combate de Taekwondo, una mayor altura en el ataque (definida por estos mismos autores como el desplazamiento vertical del pie trasero desde el talón hasta la proyección vertical del objetivo) o una mayor distancia de ataque supone una ventaja sobre el oponente. Por el contrario, un mayor tiempo de ataque, supone una desventaja. Kim, Yenuga y Kwon, (2008) en un reciente estudio sobre la patada circular, con una muestra de 12 taewondistas, investigaron el modelo de movimiento rotatorios del tronco, pelvis, y pierna de golpeo (muslo y rodilla) durante la ejecución de un *bandal chagui* desde tres distancias diferentes al blanco de golpeo. Según estos autores, una de las principales fortalezas de este particular tipo de golpeo es que puede ajustarse fácilmente según la distancia designada durante una competición y, aunque un golpeo largo sea más difícil de realizar que uno normal o un golpeo corto, es conveniente ser capaz de conseguir puntos con un ataque inesperado.

Quienes también estudiaron el tiempo de movimiento en función de la distancia fueron Williams y Walmsley (2000) un estudio con esgrimistas de élite y principiantes, bajo tres niveles de elección del objetivo de impacto (uno, dos y cuatro "targets") con tres variaciones de la distancia de movimiento (estocada corta, media y largas). Además, también midieron el tiempo de reacción (RT) y el tiempo total de respuesta (RMT). Los esgrimistas de élite fueron más rápidos en tiempo de reacción y en tiempo total de movimiento, presentando un elevado nivel de precisión. La hipótesis de que el incremento de las alternativas podría causar un aumento en el tiempo de reacción no fue sostenida. Excepto en alguna diferencia entre la distancia corta y las otras dos distancias, el efecto de la distancia de movimiento no fue apreciable

Según Lee et al., (2005) un combate de Taekwondo se caracteriza por distancias cortas, velocidades altas de golpeo y grandes fuerzas de ataque. El movimiento de un atleta de Taekwondo implica, frecuentemente, una posición de combate cerrada, tipos de golpes frontales o circulares ofensivos por parte del atacante (Roh y Watkinson, 2002), donde la importancia de la velocidad y la fuerza es frecuentemente un tópico de discusión entre entrenadores de taekwondo (Lee et al., 2005).

El espacio, envuelve a uno mismo y al mundo, mientras que el tiempo, se refiere a la duración y la secuencia de una habilidad (Adrian y Cooper, 1995). No obstante, debemos tener en cuenta que, según Martínez de Quel (2003), cuando tratamos de analizar las variadas formas en que se manifiesta la velocidad en el deporte verificamos que en ocasiones empleamos conceptos similares para definir situaciones diferentes.

De forma habitual, en el mundo del deporte y de la actividad física, se utilizan, indiferentemente, los conceptos de velocidad y rapidez. El diccionario nos define la rapidez como velocidad impetuosa o movimiento acelerado, a la vez que, define la velocidad como ligereza o prontitud de movimiento. Desde esta perspectiva metodológica, se pueden diferenciar claramente estos dos conceptos, aunque si es cierto que ambos van a determinar la capacidad que tiene un sujeto de ejecutar actos motores en un tiempo mínimo.

Así mismo, algunos autores han medido la velocidad de técnicas de un determinado deporte, pero también, la duración de técnicas de ataque persiguiendo diferentes objetivos (conocer la velocidad de cada sujeto, hacer extrapolaciones a lo que puede suceder en competición, determinar los factores constituyentes de la velocidad). Debemos tener en cuenta todos aquellos trabajos que, aunque persiguieran diferentes objetivos, han medido el tiempo de respuesta con técnicas específicas del deporte (Balius et al., 1993; Boey y Xie, 2002; Falco et al., 2009; Layton, 1993, a y b; Sung et al., 1987; Tang et al., 2007). En este caso, el tiempo de duración de la técnica constituye una parte muy

importante del tiempo de respuesta, y es equiparable a lo que hemos definido como tiempo de movimiento.

También nombraremos aquellos estudios que han medido el tiempo de movimiento de las técnicas y el tiempo de reacción de las mismas (Choi, 1977; Iranyi, 1974; Falco et al., 2009; Hong et al., 2000; Kim, 2002; Landeo y McIntosh, 2007; Lee et al., 2005; Nien et al., 2004; Oehsen, 1987; Olivé, 2005; Pieter y Heijman, 2003; Su et al., 2008; Tsai et al., 2004; Tsai et al., 2007; Vieten et al., 2007), ya que Iranyi (1974), en su artículo, afirma que el tiempo que se necesita para hacer un ataque es inferior al tiempo para pararlo (compuesto por el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento de la parada). Según este autor, no se deben asociar dos respuestas diferentes a un mismo estímulo ya que, la elección de una u otra respuesta, aumentaría el tiempo de reacción. También habla de cómo debe ser ejecutada la técnica para disminuir al máximo el tiempo de ataque y que el contrario no tenga tiempo para defenderla.

Choi (1977) grabó con una cámara de vídeo diferentes acciones de taekwondo midiendo su duración, observando que el tiempo de movimiento era menor que el tiempo de reacción –que él llama reflejo-. Por lo que, según este autor sólo se podría parar si, previamente, sabemos la técnica que va a realizar, concluyendo que, para adivinarla, hay que mirar al adversario a los ojos y no a los brazos o piernas. Oehsen (1987), estudió la duración de los golpes y paradas de practicantes de karate, midiendo la reacción a ataques proyectados en una pantalla, a partir de los datos obtenidos con grabaciones en vídeo. Sus conclusiones, también van en la línea de la dificultad de reaccionar por parte de aquel que recibe el ataque.

Como vemos, estos trabajos han medido la duración de las técnicas propias del deporte y por lo general se ha concluido que una técnica de ataque simple y directa, ejecutada perfectamente, es más rápida que la reacción, compuesta por el tiempo de reacción y el tiempo movimiento del adversario. Según estos

autores, no es posible reaccionar correctamente con una parada, una esquiva u otra respuesta, si se espera a percibir el comienzo de un ataque.

2.3. PIERNA DOMINANTE – PIERNA NO-DOMINANTE

En estudios previos, la comparación entre la pierna dominante y la no dominante fue investigado para examinar la asimetría en la fuerza y la flexibilidad en jugadores de fútbol (Rahnama, Lees y Bambaecichi, 2005). El Taekwondo también es un deporte de golpeo, donde las técnicas con la pierna dominante y la no dominante se suceden alternativamente. En general, los atletas tienen preferencia por una pierna en particular para golpear durante el entrenamiento, pero no se conoce si esta preferencia existe o no en la elite del taekwondo (Tang et al., 2007). En su estudio, entre la pierna dominante y no dominante, para la ejecución de un Bandal Chagui, con 6 deportistas de élite y utilizando cámaras de alta velocidad, Tang et al., (2007), hallaron velocidades medias de 17.62 ($DT= 1.21$) m/s para las primeras y de 17.29 ($DT=1.41$) m/s para las segundas.

Sin embargo, las características antropométricas de los esgrimistas, por ejemplo, muestran, según un estudio descriptivo realizado por Roi y Bianchedi (2008), una asimetría típica de los segmentos, como resultado de una práctica asimétrica de la actividad deportiva. Los esgrimistas producen unas asimetrías funcionales típicas, lo que enfatiza un alto nivel de funcionalidad específica, fuerza y control, requerido en este deporte. Por su parte, Zifchock, Davis, Higginson, McCaw y Royer (2008), en un estudio sobre corredores de fondo, hallaron que los niveles de asimetría fueron similares entre los grupos y en todas las variables, lo que sugería que ciertos niveles de asimetría podían ser considerados como normales. Los resultados del estudio realizado por Rogowski, Ducher, y Brosseau (2008) mostraron asimetrías, en volumen, significativamente más amplias en los grupos de tenis que en los grupos de control. Estos hallazgos sugerirían que ciertas adaptaciones, específicas del deporte, sucederían en los miembros superiores en los jugadores de tenis.

En karate, según Layton (1993), el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento de cuatro técnicas de contra-ataque, propias de la modalidad Sothokan, no mostraron diferencias significativas en función de la extremidad que realizaba el movimiento (dominante, no-dominante).

Andrzejewski y Elbaum (2005) también observaron, en su estudio de la patada frontal o Ap Chagui, con la pierna dominante y la no dominante, que la cinemática de la pierna no dominante (cuando se examinaron todas las articulaciones a la vez) era bastante similar a la de la pierna dominante. No obstante, la velocidad angular y lineal fue bastante menor, así como el tiempo relativo de cada articulación (que también fue un tanto diferente). El tiempo de movimiento de la patada circular o Bandal Chagui, en el estudio realizado por Tang et al. (2007), para la pierna dominante y para la no dominante, a pesar de mostrarse diferente, no arrojó diferencias significativas entre ambas piernas, a pesar de que, las características cinemáticas de la pierna dominante fuesen mejores que las de la pierna no dominante. Esas diferencias, no fueron estadísticamente significativas, sugiriendo que la simetría para las destrezas en el golpeo es importante para estar en la elite del taekwondo, lo que puede suponer una ventaja en el ataque y eludir el del oponente.

Hermann, Scholz, Vieten y Kohloeffel, (2008), con una muestra de 9 taekwondistas (6 varones y 3 mujeres) del equipo nacional alemán, estudiaron la realización de un bandal Chagui con la pierna dominante y no dominante. El tiempo de movimiento entre la pierna dominante y la no dominante en los varones fue de 0.28 ($DT= 0.02$) y 0.31 ($DT= 0.01$) segundos, respectivamente. En las mujeres, este tiempo de movimiento fue de 0.33 ($DT= 0.02$) y 0.32 ($DT= 0.01$) segundos, para la pierna dominante y la no dominante. El tiempo de reacción (medido por el tiempo que tarda en mover la rodilla) fue de 0.35 ($DT= 0.04$) y 0.31 ($DT= 0.03$) segundos, para la pierna dominante y la no dominante en los varones, mientras que para las mujeres, el tiempo de reacción fue de 0.34 ($DT= 0.04$) segundos para la pierna dominante y 37 ($DT= 0.06$) segundos para la no dominante. El tiempo total de respuesta fue de 0.63 ($DT= 0.05$) para la pierna dominante y de 0.62 ($DT= 0.04$) para la no dominante en los varones, mientras

que en las mujeres, el tiempo total de respuesta fue de 0.68 ($DT= 0.03$) y 0.69 ($DT= 0.05$) segundos, respectivamente. Según Peng (2006), en los sujetos de su estudio, el grupo de expertos ($n= 8$) tenía una mayor velocidad en la pierna dominante, pero un mayor control del equilibrio en la no dominante frente al grupo control ($n= 8$). Este autor, no encontró diferencias significativas en la fuerza isocinética entre las dos piernas ni entre los dos grupos ($p > .05$). En cambio, si encontró diferencias significativas entre la velocidad de las dos rodillas, donde para la pierna dominante era mayor que en la no dominante. Además, la velocidad de la rodilla y el tobillo de la pierna dominante, en el grupo de expertos, fue mayor que en el grupo control ($p < .05$), pero estas diferencias no llegaron a ser significativas ($p > .05$).

Ello sugeriría la ausencia de asimetrías en los practicantes de taekwondo durante la ejecución de una patada circular. Basándonos en dichos hallazgos, podríamos sugerir que los practicantes de taekwondo no parecen ser cinemáticamente diferentes entre la pierna dominante y la no dominante. Quizá la simetría en las habilidades de golpeo es importante para un nivel de elite en taekwondo, lo que puede ser una ventaja a la hora de atacar y defender. Según Dworak et al., (2005), generalmente, los golpes realizados con el segmento dominante producen mejores resultados. Según estos mismos autores, esas diferencias se muestran, estadísticamente significativas, únicamente cuando el golpeo es realizado con las manos, pero no, cuando es realizado con los pies. En su estudio, Mori, Ohtani e Imanaka (2002), también hallaron diferencias significativas entre las extremidades superiores en sus dos grupos de estudio (6 expertos y 7 promesas) ($p < .05$).

Pieter y Heijmans (1997), informan que el tiempo de movimiento durante la realización de un bandal chagui (roundhouse kick) desde el inicio hasta el final para taekwondistas americanas de élite fue de 0.70 segundos para la pierna derecha y 0.67 segundos para la pierna izquierda (citado en Pieter y Heijmans, 2003), aunque estos autores no discuten si existen diferencias significativas entre la pierna dominante y la no dominante.

Sin embargo, Pedzich, Mastalerz y Urbanik, (2006), en su estudio sobre el Yop y Dwit Chagui, con una muestra de 5 taekwondistas, hallaron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de impacto con la pierna derecha cuando ésta, era la pierna dominante, hallando, en todos los casos, valores máximos de fuerza de impacto en la parte derecha, cuando dicha extremidad era la dominante. Asimismo, también encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < .05$) en los golpes ejecutados con la pierna derecha y con la pierna izquierda.

2.4. FUERZAS DE IMPACTO

Siguiendo con el análisis de los parámetros importantes en el entrenamiento para la competición de un atleta, la consecución de un punto, y en consecuencia, la posibilidad de ganar un combate, se da cuando un golpe (patada) es liberado con la precisión y la energía suficientes sobre el torso o la cabeza del oponente (Vieten, et al., 2007). En estudios previos, se han utilizado sacos de golpeo sobre una gran variedad de sistemas mecánicos. Por ejemplo, Joch, Fritsche, y Krause, (1981) utilizaron un saco, llenado previamente con agua, para medir la presión del golpeo. Yoshihuku (1984) utilizó un transductor de fuerza para medir la fuerza de impacto de tres tipos diferentes de golpes en karate. Baagrev y Trachimovitch, (1981) colocaron un acelerómetro en un saco para recoger la fuerza de un puño. Matsuhita (1989) utilizó una plataforma de fuerzas para medir la fuerza en diferentes áreas en karate. Vos (1996) utilizó un calibrador de tensión (dinamómetro) en karate. Smith, Dyson, Hale, y Janaway, (2000) utilizaron cuatro transductores triaxiales Kistler y envolvieron la plataforma con aluminio para medir el golpeo directo en boxeadores.

Autores como Balius et al. (1993), Boey y Xie (2002), Kim (1996), Landeo y McIntosch (2007), Lee et al. (2005), Lee y Huang (2006), Pearson (1997), Olivé (2005), Su et al. (2007) o Tsai et al. (2007) utilizaron cámaras de video. Lee y Huang (2006) video 3D. Por su parte, Pearson (1997), Nien et al. (2004), Tsai et al. (2005) o Tsai et al. (2004) utilizaron plataforma de fuerzas. También se han utilizado plataformas de contacto (Falco et al., 2009) o acelerómetros (Nien et

al., 2004; Lee y Huang, 2006; O'Sullivan, Chung, Lee, Kim, Kang, Kim y Shin, 2008). Sin embargo, dichos dispositivos tienen algunos problemas o limitaciones. Por ejemplo, los dispositivos como la plataforma de fuerzas o los transductores de fuerza sobre una pared, pueden causar lesiones en los sujetos. Por otra parte, los sacos de golpeo llenados con agua requieren la atención necesaria para controlar y retener grandes cantidades de masa de agua. Además, el comprometer una gran masa del cuerpo durante el golpeo puede influenciar significativamente el mecanismo de la fuerza generadora del golpeo (Dziewiecki, 2002), lo cual está directamente conectado con el hecho de "meter cadera" durante la ejecución técnica en taekwondo (Park y Gerrard, 1999).

La fuerza de impacto con las extremidades inferiores ha sido también estudiada, aunque las discrepancias y la variedad en los resultados obtenidos son evidentes a pesar de que, según Nien et al. (2004), la fuerza de ataque es el factor más importante para los atletas, en la mayoría de las artes marciales y, primordial en el taekwondo de competición para Chiu et al. (2007). Dicha disparidad se muestra tanto en la valoración de este parámetro cinético de la pierna que golpea el objetivo (Chiu et al., 2007; Conkel et al., 1988; Lee et al., 2005; Nien et al., 2004; Wilk et al., 1983), como en la fuerza generada contra el suelo al inicio de la técnica (Pedzich et al., 2006; Olivé, 2005). Entre las unidades de medida, encontramos datos expresados en función de la masa corporal (Lee et al., 2005; Tsai et al., 2005), unidades de aceleración (Lee y Huang, 2006; Nien et al., 2004), kilogramos fuerza (Chiu et al., 2007), unidades de trabajo (Conkel et al., 1988) y unidades de energía (Blum, 1977).

Balius et al. (1993), midieron fuerzas máximas de impacto de 2100 N para el Bandal Chagui. Pieter y Pieter (1995) midieron la fuerza de impacto, de cuatro tipos de golpeo, sobre un saco lleno de agua, con una unidad de sensor de fuerza insertado en él, obteniendo, para las patadas circulares, fuerzas superiores a los 620 N ($M= 519$; $SD= 96$), con una muestra de 19 taekwondistas de diferente nivel de pericia. Sin embargo, no explican el instrumento de medida utilizado. Conkel et al. (1988) hallaron fuerzas de impacto de 469 Nm,

utilizando láminas piezoeléctricas adheridas a un saco pesado. Serina y Lieu (1991), con una muestra de 3 taekwondistas, obtuvieron fuerzas estáticas para los golpes de oscilación de 887 N (779min - 949max) mediante la utilización de una plataforma de fuerzas y dos cámaras de alta velocidad.

Con el uso de tres acelerómetros, insertados en una bola de bowling colocada dentro de un saco de golpeo relleno, Sidthlaw (1997) obtuvo fuerzas de impacto de 6700N ($DT= 3500$), 7250N ($DT= 3500$) y 5600N ($DT= 3200$) para tres alturas diferentes de golpeo, en la realización de la patada circular en Thai boxing (similar a la patada circular en Taekwondo). Por su parte, en su estudio sobre la patada circular, Pearson (1997) halló fuerzas de impacto que rondaron los 290N ($DT= 50$), con una muestra de 15 taekwondistas, utilizando una plataforma de fuerzas y dos cámaras de video. Nien et al. (2004), utilizando una plataforma de fuerzas y un acelerómetro acoplados en un maniquí, idéntico al utilizado en la presente investigación, hallaron una máxima fuerza de ataque (impact acceleration/body weight) de 0.99 ($DT= 0.17$) y 0.67 ($DT= 0.31$) g/kg para dos grupos de diferente nivel. Los impactos máximos (g) fueron de 71.83 ($DT= 13.78$) y 43.01 ($DT= 9.34$) respectivamente, hallando diferencias significativas entre la máxima fuerza de ataque entre el grupo de expertos ($M= 71.83$; $DT= 13.78$) y el de principiantes ($M= 43.01$; $DT= 9.34$).

La fuerza de impacto también ha sido estudiada por Pedzich et al. (2006), quienes utilizaron una plataforma de fuerzas, para dos técnicas de empuje (donde la pierna va dirigida hacia la parte frontal del cuerpo del oponente) como el yop-chagui o patada lateral y, el tuit-chagui o patada lateral con un giro previo de 180°. Estos autores obtuvieron fuerzas máximas de impacto para el yop-chagui de 9000 N ($DT= 2400$) para la pierna derecha y 8300 N ($DT= 2300$) para la izquierda, mientras que para el tuit-chagui dichas fuerzas fueron de 8600 N ($DT= 2400$) y 7800 N ($DT= 2600$) respectivamente, aunque dichas técnicas fueron realizadas con un "step" o paso previo a la ejecución. El trabajo realizado por Falco et al. (2009), con un grupo de 31 taekwondistas hallaron fuerzas máximas de golpeo, para la patada circular en taekwondo, de 2000 N

($DT= 500$) para el grupo de expertos ($n= 15$) y de 1500 N ($DT= 700$) para el grupo promesas ($n= 16$). Este estudio utilizó un sistema igual al utilizado en el presente trabajo, planteando tres distancias de ejecución donde la fuerza máxima de golpeo desde la primera distancia fue de 2100 N ($DT= 600$) para el grupo de expertos y de 1500 N ($DT= 700$) para el grupo promesas. Desde la distancia 2 la fuerza máxima de golpeo fue de 2000 N ($DT= 500$) para el grupo de expertos y de 1600 N ($DT= 700$) para el grupo promesas. Desde la distancia 3 los resultados fueron de 1900 N ($DT= 500$) y 1300 N ($DT= 600$) para el grupo de expertos y promesas respectivamente, hallando diferencias significativas en la en función del nivel.

Con la creación de un sistema de medición de la fuerza de golpeo, en base a unidades de kilogramos fuerza, compuesto por una bolsa de aire fijada en la pared y unas células fotoelécticas, Chiu et al. (2007) hallaron fuerzas de impacto medias, en la realización de un bandal Chagui, con una muestra de 3 sujetos, de 8300 N ($DT= 700$) y de 8000 N ($DT= 800$) en la realización de un tuit Chagui. El estudio realizado por O'Sullivan et al., (2008) compuesto por dos acelerómetros ubicados en una barra fija dentro de un saco de entrenamiento, comparó la fuerza generada en dos patadas circulares de Taekwondo (Bandal y Dolio Chagui) con las de otro arte marcial (Yongmudo) obteniendo fuerzas de impacto de 5400 N ($DT= 700$) en la patada Dolio Chagui y 6400 N ($DT= 900$) en el Bandal Chagui, en una muestra de 5 taekwondistas.

Li et al. (2005), hallaron fuerzas de impacto de 2362-2940 N en varones ($n= 6$) y 1587-2401 N en mujeres ($n=9$), utilizando un instrumento capaz de medir la velocidad y la fuerza, aunque no especifican cómo. El estudio realizado por Monoley, Pieter y Bercades (1997) con jóvenes practicantes de Taekwondo, también mostraron que los chicos ($M= 353.79$; $DT= 35.11$ N) golpearon con una mayor fuerza de impacto que las chicas ($M= 302.13$; $DT= 44.19$ N) en la realización de una patada circular básica o bandal chagui. Se sugirió que dichas diferencias fueron debidas a la mayor masa muscular en los chicos. Sin embargo, investigaciones siguientes, no mostraron un adecuado

control para la masa del cuerpo o la delgadez del cuerpo utilizando las normas de proporción y escalonamiento (Pieter, Molones y Berendes, 2002). Heijmans y Pieter (2000) hallaron que el perímetro del muslo explicaba el 22.0% (SEE = 0.075) de la variación en la fuerza en los muchachos, mientras el perímetro del muslo delgado explicó el 24.1% (SEE = 0.074). Ninguna variable explicó la variación en la fuerza en las muchachas. Los autores sugirieron que la investigación futura debería incluir más determinantes antropométricos al investigar la fuerza del golpeo en los atletas de taekwondo.

Estudios sobre la fuerza de impacto medidas en otras técnicas de taekwondo, podemos encontrar el realizado por Lee y Huang (2006), quienes estudiaron el Tuit Chagui, en 7 sujetos experimentados, mediante un acelerómetro colocado en el pie del atleta, grabados con una cámara de video 3D. Los resultados de la fuerza de golpeo fueron de 5,2G ($DT= 0,78$).

2.5. TIEMPO DE MOVIMIENTO

En Taekwondo las técnicas de pierna deben ejecutarse en el menor tiempo posible (Emmermacher et al., 2007). Autores como Su et al. (2008) catalogan el tiempo de ejecución como el factor más importante y decisivo en la realización de una patada en competición, siendo, para Tsai et al. (2004), uno de los factores a tener en cuenta para que el atacante pueda conseguir un punto sobre su oponente, y relativo a cuan rápido el atleta puede golpear eficazmente, definiéndose, según Lee y Huang (2006) como el tiempo necesario para llevar el pie de golpeo desde el suelo, hasta hacer contacto con el tronco (protegido por un peto) del oponente (o el protector “diana” en este estudio). Sorensen et al. (1996, p. 494) afirman que “con objeto de valorar la importancia de las diferentes velocidades angulares o lineales en las articulaciones en el resultado [velocidad final] de un cierto movimiento, es necesario estudiar el tiempo del movimiento completo”.

Según Balius et al. (1993), en la ejecución de un Bandal Chagui, el despegue de la pierna que golpea, se produjo alrededor de los 0.38 segundos y

el contacto se produjo alrededor de los 0.60 segundos. Sin embargo, este autor no define el intervalo de tiempo estimado para la medición, es decir, no determina qué se considera como inicio de la patada y cuándo finaliza la misma, con lo que estimamos que el tiempo de movimiento de 0.22 segundos. Joon (1987) halló tiempos de ejecución para las patadas frontales de 0.24-0.30 segundos. Sung et al. (1987) nos informan de que el tiempo en completar la patada circular fue de 0.65 segundos para una muestra de atletas de élite coreanos. Kim (1991) midió la duración del Dolgae Chagui en 0.80 ($DT= 0.07$) milisegundos. El tiempo de movimiento del Apdolryo Chagui fue estimada por Yoon (1986) en 0.620 ($DT= 0.22$) segundos, mientras el Back-Chagui en 0.67 ($DT= 0.10$) segundos, el Chiggi en 0.78 ($DT= 0.70$) segundos, el Back-hurochagui en 0.71 ($DT= 0.05$) segundos, siendo la patada frontal la de menor tiempo de movimiento.

Quien también estudió el tiempo de movimiento en un Bandal Chagui ha sido Olivé (2005), en su tesis sobre la cadera del taekwondista, con una muestra de 40 taekwondistas (20 chicos y 20 chicas) del máximo nivel, obteniendo tiempos de movimiento de 0.44 segundos. No obstante, en su estudio, el tiempo comenzaba a contar desde que el deportista apoyaba su pierna de apoyo en una plataforma de fuerzas y no desde el momento en que la pierna de golpeo abandonaba el suelo. O'Sullivan et al., (2008) en su estudio sobre dos formas diferentes de realizar la patada circular halló tiempos de movimiento de 0.33 segundos ($DT= 0.03$) para la patada circular en taekwondo ($n= 5$) y de 0.40 segundos ($DT= 0.05$) para la realizada por atletas de yongmudo ($n= 5$), hallando diferencias significativas en el tiempos de movimiento entre ambos grupos. Su et al. (2008) realizaron un estudio con 6 taekwondistas de alto nivel, en el que por medio de cámaras de alta velocidad valoraron el tiempo de movimiento en el Doble Bandal Chagui, obteniendo tiempos para la primera patada de 0.53 segundos ($DT= 0.03$) y de 0.45 segundos ($DT= 0.03$) para la segunda.

Boey y Xie (2002) hallaron tiempos de movimiento en las patadas circulares de 0.35 segundos, en varones ($n= 2$) y 0.30 segundos en mujeres ($n= 2$), concluyendo que parece no haber relación entre la trayectoria del golpeo y el

resultado de una mayor velocidad en él. Por ejemplo, Pieter y Heijmans (1997), informan que el tiempo de movimiento durante la realización de un bandal chagui (roundhouse kick) desde el inicio hasta el final, para taekwondistas americanas de élite, fue de 0.70 segundos para la pierna derecha y 0.67 segundos para la pierna izquierda (citado en Pieter y Heijmans, 2003). El mismo golpeo, duró 0.65 segundos para una elite de taekwondistas Coreanos, según Sung et al. (1987). No obstante, estos autores no discuten si existen diferencias significativas entre varones y mujeres. Sin embargo, Nien et al., (2004) encontraron tiempos de movimiento de alrededor de 0.17 ($DT= 0.01$) y 0.18 ($DT= 0.01$) segundos, para dos grupos de diferente nivel, no arrojando diferencias significativas entre los dos grupos. Por el contrario, para O'Donovan, Cheung, Catley, McGregor y Strutton (2006), con una muestra de 9 varones y 5 mujeres, el tiempo de movimiento fue significativamente más rápido en los practicantes de artes marciales ($M= 0.13$; $DT= 0.04s$), que para el grupo control ($M= 0.17$; $DT= 0.05s$). En su estudio, Hermann et al. (2008) tampoco encontraron diferencias significativas en el tiempo de movimiento entre varones ($M= 0.29$; $DT= 0.02s$) y mujeres ($M= 0.33$; $DT= 0.01s$). En el trabajo realizado por Falco et al., (2009), analizaron el Bandal Chagui en una muestra de taekwondistas expertos ($n= 15$) y promesas ($n= 16$), cuyo procedimiento es el mismo que el de nuestra investigación. Los resultados de su estudio, arrojan tiempos de movimiento de 0.25 segundos ($DT= 0.06$) para el grupo expertos y de 0.32 segundos ($DT= 0.10$) para el grupo promesas.

Tsai et al. (2004) midieron el tiempo de movimiento de un Nerio Chagui (patada descendente) obteniendo tiempos de movimiento de 0.37 ($DT= 0.02$) segundos en varones ($n=16$) y 0.39 ($DT= 0.03$) segundos para mujeres ($n=7$), sin ser, estas diferencias, estadísticamente significativas. Para Lee et al. (2005), el promedio de tiempo de movimiento, de cuatro atletas, en la ejecución de un Ap Chagui fue de 0.18 segundos, teniendo en cuenta que estos autores midieron el tiempo de reacción ($M= 0.44$; $DT= 0.02$ segundos) y el tiempo total de respuesta ($M= 0.62$; $DT= 0.20$ segundos).

Tsai et al. (2005) estudiaron, en una muestra de ocho taekwondistas de élite masculinos, el tiempo de movimiento en la patada Nerio Chagui, utilizando una plataforma de fuerzas y dos cámaras de video de alta velocidad, arrojando tiempos de movimiento de 0.33 segundos ($DT= 0.03$). Tsai et al. (2007), con dos cámaras de video de alta velocidad, analizaron el tiempo de movimiento de la patada Mondolio Naco Chagui (patada circular con giro por la espalda) en ocho taekwondistas de élite masculino, obteniendo tiempos de movimiento de 0.270 segundos ($DT= 0.03$).

Lee y Huang (2006) realizaron un estudio sobre tres formas de ataque del Tuit chagui. Para la ejecución más simple de esta técnica, hallaron tiempos de movimiento de 0.66 ($DT= 0.05$) segundos. En la caracterizaron de la ejecución de la patada circular en karate (similar a la patada circular en taekwondo), Emmermacher et al. (2007) obtuvieron tiempos de movimiento de alrededor de 0.70 segundos ($DT= 0.04$), apareciendo diferencias significativas dependiendo de la forma en que se realizaba el movimiento. Nien, Chang y Tang (2007) testaron, a 6 atletas de élite del equipo Nacional de Taiwán, que habían ganado medallas a nivel internacional (incluido los JJOO de 2004), con cámaras de alta velocidad, el tiempo de ejecución de un Bandal Chagui en función de si había o no un blanco de impacto u objetivo. Estos autores hallaron que la ejecución técnica tenía un menor tiempo de ejecución, si existía un blanco de impacto ($M = 0.60$; $DT = 0.07$ segundos), que si no existía un objetivo o target ($M = 0.62$; $DT= 0.05$ segundos), sin ser, estas diferencias, estadísticamente significativas.

Distinguiendo entre su pierna dominante y no dominante, Tang et al. (2007) estudiaron el tiempo de movimiento de la patada circular o Bandal Chagui hallando tiempos de ejecución de 0.60 ($DT= 0.07$) segundos para la pierna dominante y 0.61 ($DT= 0.06$) segundos para la pierna no dominante, sin existir diferencias significativas ($n= 24$) entre ambas piernas. Siguiendo en esta línea, los resultados del estudio de Hong et al. (2000) muestran, sin embargo, que existen diferencias significativas en el tiempo de movimiento, en función del estilo de golpeo ($p < .001$) y, en función de la altura del golpeo. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas en el tiempo de movimiento en función

de la forma de preparación. La patada circular realizada con la pierna delantera a la altura de la cintura fue, de forma significativa, más rápida ($M= 0.70$; $DT= 0.10s$) que otros estilos de golpeo, siendo la más lenta la patada circular, con un step previo, a la altura de la cabeza ($M= 1.09$; $DT= 0.12s$). En este sentido, el tiempo de movimiento, para diferentes formas de preparación, no arrojó diferencias significativas, lo que sugiere que, en la realización de un golpeo, las diferentes formas de preparación no influyen en el tiempo de movimiento (Hong et al., 2000).

Como podemos observar, al igual que en la fuerza de impacto, también en esta ocasión, resulta complicado comparar los resultados debido a la variedad de técnicas utilizadas y, en la mayor parte de los casos, a la falta de rigor a la hora de definir que se entiende por tiempo de movimiento. En este sentido, encontramos estudios que han medido el tiempo total de respuesta (compuesto por el tiempo de movimiento y el tiempo de reacción), mientras otros, han medido lo que llaman el tiempo de ejecución sin especificar que entienden por ello. También se han realizado investigaciones en las que se le pedía al sujeto responder con una técnica propia del deporte ante la aparición de un estímulo general. En estos estudios los objetivos han sido varios y, mientras en unos, interesaba principalmente el tiempo de reacción, en otros, se medía el tiempo de respuesta sin diferenciar el tiempo de movimiento. Éste, es un punto importante a la hora de evaluar los estudios precedentes y de diseñar estudios futuros. La diferencia entre tiempo de reacción y tiempo de movimiento se debe hacer lo más precisa posible.

Durante los últimos años, parece que el éxito en una técnica se ha centrado en el golpeo directo que puede ser realizado en el mínimo intervalo de tiempo posible, comparado con otros tipos de golpeo, a priori, más complicados. Por tanto, parece ser que el logro exitoso depende del tiempo de movimiento de la técnica. No obstante, tras la velocidad y el tiempo de movimiento, el tiempo de reacción y la respuesta a las acciones del oponente podrían ser uno de los elementos clave para la victoria (Vieten et al., 2007).

2.6. TIEMPO DE REACCIÓN

Según Tsai et al. (2005) el tiempo de total de respuesta consiste en tiempo de reacción más el tiempo de movimiento. Para los deportes de combate, un tiempo de reacción rápido es un factor necesario para el atleta de taekwondo (Chang, 1997), pues según Tsai et al., (2004), para la competición, los atletas que más rápido puedan reaccionar, más tiempo tendrán para ejecutar su estrategia. Siguiendo a estos mismos autores, generalmente, los hombres y mujeres, con un tiempo de reacción más rápido tienen un mejor control sobre la distancia de ataque y el tiempo. Por tanto, parece ser, en palabras de Nien et al. (2004), que el tiempo de reacción juega un papel más relevante que el tiempo total de respuesta para los deportes de combate. Además, el Bandal Chagui, junto con el Nerio Chagui, son golpes con tiempos de reacción más rápidos que cualquier otra acción técnica motivo, también, por el cual, se ha elegido esta técnica para la realización de la presente investigación. Naturalmente, entrenadores y deportistas necesitan saber si un tiempo de reacción menor es indispensable para el alto rendimiento deportivo en taekwondo. No obstante, y antes de continuar con los estudios sobre tiempo de reacción, encuadremos este concepto, lo que entendemos por tiempo de reacción y que factores influyen en él.

CAPÍTULO IV
ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA
DEL TIEMPO DE REACCIÓN

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. CONCEPTO TRADICIONAL Y FRAGMENTACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN**
- 3. PARTE PREMOTORA Y MOTORA EN EL TIEMPO DE REACCIÓN**
- 4. TIPOS DE EXPERIMENTOS SOBRE TIEMPOS DE REACCIÓN**
- 5. MEDIAS EN LOS TIEMPOS DE REACCIÓN**
- 6. VARIABLES QUE AFECTAN AL TIEMPO DE REACCIÓN**
- 7. TIEMPO DE MOVIMIENTO Y RESPUESTA DE REACCIÓN**
- 8. EL TIEMPO DE REACCIÓN EN LOS DEPORTES DE COMBATE**

CAPÍTULO IV. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL TIEMPO DE REACCIÓN.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del Tiempo de Reacción tiene un punto de referencia en una anécdota del laboratorio astronómico de Greenwich en el año 1795, cuando el astrónomo Maskelyne se dió cuenta de que su ayudante no coincidía con él respecto al momento de paso de los objetos que observaban. Dicha desavenencia, a parte de provocar el despido del ayudante, dio pie a un conjunto de trabajos que constituyen los primeros estudios sobre el Tiempo de Reacción y el estudio de las diferencias individuales en la percepción de la velocidad del paso de los objetos, acuñando el término “ecuación personal”.

Fue otro astrónomo, F.W. Bessel de Königsberg, quien continuó investigando sobre el tema, hallando la ecuación personal en función de otras variables como la velocidad y el tamaño de los objetos. Es obligada la mención de Helmholtz, quien inició estudios sistemáticos de la velocidad de reacción en cuanto a la relación existente entre la respuesta nerviosa y aspectos de la

conducta; pero fue la obra de Donders (1868/1969) titulada “sobre la velocidad de los procesos mentales” la que definió el hecho de la “psicologización” de las diferencias individuales o ecuación personal, contemplando la posibilidad de medir el tiempo que invierte la mente en responder a las señales del entorno.

Wundt adoptó el criterio de “substracción” para determinar el tiempo diferencial de cada tarea, correspondiente a diferentes situaciones como las descritas por Donders. Según Boring (1950/1978), Wundt determinó, entre otros, los siguientes procesos psicológicos, en este orden y de menor a mayor complejidad: reflejo, impulso voluntario, percepción, apercepción, cognición, asociación y juicio. Cada tiempo de reacción, correspondiente a cada una de las situaciones, tenía que resultar de la sustracción de la anterior respecto a la posterior. Así, el tiempo de impulso voluntario se hallaba restando el tiempo correspondiente a la tarea correspondiente, a este nivel, el tiempo correspondiente a la tarea que medía el reflejo. Las restas sucesivas permitían obtener el tiempo diferencial de cada proceso. Los resultados de esta práctica experimental no consiguieron cuantificar la duración de los procesos mentales y actualmente, constituyen sólo un testimonio de la particular concepción de la psicología de Wundt. Sin embargo, el interés por la cuantificación de los procesos mentales se mantiene todavía, tal como se manifiesta en diferentes trabajos relacionados sobre todo con el Tiempo de Reacción Electiva.

Por lo general, en el mundo del deporte, la inquietud principal de los investigadores es saber quién tiene un mejor tiempo de reacción, es decir, encontrar diferencias individuales entre los deportistas. El Tiempo de Reacción tiene un papel significativo en muchas acciones deportivas. Incluso en pruebas como los 100 metros, el resultado de la misma llega a depender de éste, entre un 1,5% y un 2%. Imaginemos pues, la importancia que puede llegar a tener, este factor, en un deporte de lucha como el Taekwondo, donde la realización de los golpes se realiza en cortas distancias y a máxima velocidad.

2. CONCEPTO TRADICIONAL Y FRAGMENTACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN

Existe tal cantidad de datos terminológicos que hacen referencia a los tiempos de reacción (TR), que origina un elevado grado de confusión, debido a que en algunos trabajos no se especifica si el concepto definido es una parte o el todo de una estructura. Se habla de tiempos de reacción, velocidad de reacción, rapidez de reacción, tiempos de latencia, latencia de respuesta, tiempo latente, tiempo latente de reacción, tiempo de rendimiento, tiempo de respuesta, tiempos de reacción total, tiempo total de movimiento, tiempo de reacción motora. Por ello, se hace necesaria la conceptualización de dichos términos. Según Bloch, Chemama, Gallo, Leconte, Leny, Postel, Moscovi, Reuchlin, y Vurpillot (1996), el tiempo es el período caracterizado por una sucesión de acontecimientos externos y/o internos al organismo. La reacción de un hombre, según Grosser (1992, p. 102), es “la respuesta de comportamiento frente a un estímulo”. En el mundo del deporte, y según este mismo autor, los estímulos son señales que pueden ser percibidas de forma acústica (por ejemplo, disparo de salida), visual (por ejemplo, proyectil que se acerca) o táctil (por ejemplo, contacto). La rapidez, es definida, por un lado, como “una capacidad motora cuya naturaleza se expresa en la máxima aceleración y velocidad de ejecución de movimientos únicos o de sucesiones de movimientos del mismo tipo (cíclicos) y, en la máxima frecuencia de movimiento relacionada con ellos. En la máxima velocidad individual de reacción a una señal, la rapidez está determinada por factores biológicos que tienen pocas posibilidades de ser entrenados por cuanto su potencial de desarrollo es limitado y se estabiliza muy precozmente (...). La diferencia entre rapidez y velocidad ha sido establecida por García, Martín, Navarro y Ruiz (1998, p. 17), englobando, dentro de la rapidez, todas aquellas acciones aisladas que están constituidas por un solo movimiento, mientras que cuando se trata de encadenar movimientos, dentro de una acción deportiva, hablan de velocidad.

También parece existir una escasez de consenso o unanimidad respecto a las fases, etapas, períodos, componentes, tipos, etc., en la utilización del término tiempo de reacción. La realidad conceptual refleja que existen tantas definiciones casi como autores, por lo que el siguiente paso ha de ser la determinación del concepto propiamente dicho. Fitts y Posner (1967) denominan tiempo de reacción a “la demora entre la incidencia de un acontecimiento que produce un estímulo y la iniciación de la reacción al mismo, período durante el cual se está preparando la reacción inicial. Sus componentes son la detección de un estímulo y la selección de una reacción adecuada. La selección puede ser más o menos rápida, según el grado de incertidumbre que ha dado lugar al estímulo y la compatibilidad entre el estímulo y las claves de reacción (...). El tiempo de movimiento es una función lineal de la información generada por el movimiento”. Pieron, Chocholle, y Leplat (1969) consideran los tiempos de reacción como la suma de toda una serie de tiempos perdidos desde el momento en el que el estímulo es dado, hasta el momento en que la respuesta es registrada.

Roca i Balach (1983), en varios de sus experimentos empleó como tiempo de reacción (TR) a partir del momento en que aparece el estímulo hasta que se inicia el movimiento. Como tiempo de movimiento (TM) a partir del momento en que se inicia el movimiento, hasta que finaliza la respuesta solicitada al sujeto, mientras las respuestas de reacción, incluían los dos componentes (TR y TM). Para Drowatzky (1975) el tiempo de reacción es el tiempo que transcurre desde la presentación de un estímulo hasta el comienzo de una respuesta manifiesta, siendo el tiempo requerido para reconocer un estímulo, procesar la información, y formar una respuesta, mientras el tiempo de movimiento comenzaba con la iniciación de una respuesta manifiesta o clara y terminaba cuando la respuesta había sido llevada a cabo. El tiempo de respuesta, es la suma del TR más el TM, también conocido como performance time (PT).

Oxendine (1984) define el tiempo de reacción como el período de tiempo que va desde el estímulo hasta el comienzo de la respuesta. El tiempo de

movimiento se refiere al período desde el comienzo de la respuesta al cumplimiento del movimiento específico. Para Sears (1988, p. 4) el tiempo de reacción (TR) es el tiempo transcurrido a partir de la presentación de un estímulo y la iniciación del movimiento, mientras el tiempo de movimiento (TM) es el tiempo transcurrido desde la iniciación del movimiento y el final de movimiento.

Según Crespo, Fernández y Menéndez (1993), al período de tiempo que va desde la presentación del estímulo hasta la emisión de la respuesta correspondiente se le denomina en psicología tiempos de reacción (TR), o latencia de respuesta. Rivadeneyra y Sicilia (1995, p. 11), también delimitan el tiempo de reacción (TR) como “el tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta el inicio observable de la respuesta asociada al mismo, señalando como factores determinantes más sobresalientes la edad, sexo, tipo y características de la fibra nerviosa, factores anatómicos y metabólicos y el nivel de práctica o entrenamiento que tenga el sujeto, tanto físico como psicológico”. Según Cruz (1997), “el tiempo de reacción (TR) en el deporte, se puede resumir diciendo que, primero, cubre todo el amplio abanico de ajustes temporales de las acciones deportivas, desde la rapidez en reaccionar hasta la sincronía más precisa; segundo, cubre tanto aspectos técnicos como tácticos. Tradicionalmente, el TR se define como el tiempo que pasa entre el inicio de un estímulo y el inicio de la respuesta solicitada a un sujeto. En el ámbito de la fisiología se habla de latencia para la misma dimensión que en los laboratorios de reaccimetría se define como tiempo de reacción. Desde el punto de vista psicológico el TR no es una cualidad personal, sino una dimensión sujeta a condiciones físicas y fisiológicas que inciden en cada situación determinada y aceptando complejidades reactivas como las que sugieren los procesos de adaptación, enmascaramiento o contraste”. Tudela (2000, p. 18) define el tiempo de reacción (TR) como la cantidad de tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta la iniciación de la respuesta correspondiente.

Podríamos continuar con la enumeración de autores y sus correspondientes descripciones. Sin embargo, hemos considerado más interesante conceptualizar lo que en este trabajo se va a abordar en cuanto al tiempo de reacción se refiere.

3. PARTE PREMOTORA Y MOTORA EN EL TIEMPO DE REACCIÓN

Tradicionalmente el tiempo de reacción (TR) se define como el tiempo que transcurre entre el inicio de un estímulo elicitor (ey) y el inicio de la respuesta solicitada al sujeto (Luce, 1986; Welford, 1980). Así mismo, también se puede hacer una diferenciación entre tiempo de reacción simple y tiempo de reacción de todo el cuerpo, donde, en el primer caso se obtiene el tiempo de reacción en las extremidades superiores, en un dedo o en toda la mano; y en el segundo caso se obtiene la misma medida en las extremidades inferiores, pero que obviamente exigen (en mayor o menor cuantía, según la respuesta estudiada) la participación de prácticamente todo el organismo, como es el caso que nos ocupa.

Dentro del concepto mismo del tiempo de reacción se ha hablado de parte premotora y de parte motora como componentes diferenciales (Botwinick y Thompson, 1966). La fase premotora vendría dada por el tiempo transcurrido entre el inicio del estímulo elicitor y el inicio de la respuesta miográfica que informa de la estimulación del músculo. La fase motora respondería al tiempo restante, es decir, desde el inicio de la respuesta miográfica hasta el acto de, por ejemplo, apretar el botón que detiene el cronómetro. Siguiendo esta línea, observamos también que, en los trabajos de Weiss (1965), "se distinguen en el ámbito motor dos componentes del tiempo de reacción: (a) tiempo de reacción premotor (TRP), y (b) tiempo de reacción motor (TRM). El primero transcurre desde la aparición del estímulo hasta el comienzo del cambio de línea base en el registro electromiográfico (EMG), el segundo desde ese primer cambio en el EMG hasta el comienzo del movimiento."

En cuanto a la parte motora del Tiempo de Reacción, Barlett (1963) diferenció, dentro de esta parte, dos dimensiones claramente identificables: el

tiempo de excitación del músculo y el tiempo de movimiento previo a la parada del cronómetro. Empleando un registro miográfico y un mecanismo sensible al desplazamiento demostró que habría movimiento dentro de la dimensión Tiempo de Reacción, por sencilla que fuera la respuesta que se pidiera al sujeto. Este hecho es importante de cara al estudio de comparación entre Tiempo de Reacción (TR) y Tiempo de Movimiento (TM), así como para obtener mayor especificidad en el análisis de los fenómenos relacionados con la medida del Tiempo de Reacción.

4. TIPOS DE EXPERIMENTOS SOBRE TIEMPOS DE REACCIÓN

Los psicólogos han diferenciado tres tipos básicos de tiempo de reacción experimental (Luce, 1986; Welford, 1980). En los experimentos de tiempo de reacción simples, hay un sólo estímulo y una respuesta X a una situación conocida. En los experimentos al tiempo de reacción de reconocimiento, hay algunos estímulos a los que debe responderse (the 'memory set'), y otros que no deben obtener ninguna respuesta (the 'distractor set'). Existe, por tanto, todavía, una sola contestación correcta. Por último, en los experimentos de tiempo de reacción a la elección, el sujeto debe dar una respuesta que corresponde a un estímulo, como apretar una tecla en relación a una carta si, y solo si, dicha carta aparece en pantalla (Luce, 1986; Sanders 1998, pág. 23). Para Underwood (1977, pp. 298 y 314), "la situación simple de tiempo de reacción es también la exposición más simple que podemos presentarle al sujeto. Sin embargo, puede hacerse que la exposición sea más compleja, y la conducta que entonces mediremos incluirá más cosas que un simple tiempo de reacción (...). Para incrementar la complejidad de la situación del tiempo de reacción deben colocarse estímulos múltiples en la exposición a la cual deben darse respuestas diferentes", se habla entonces de tiempo de reacción de elección. Según Oxedine (1984, p. 383), el tiempo de reacción a la elección ocurre cuando uno o más estímulos son presentados entre los que el individuo debe hacer una elección y a continuación responder a una de entre varias alternativas posibilidades.

5. MEDIAS EN LOS TIEMPOS DE REACCIÓN

Los tiempos de reacción varían en función de los estímulos que los provocan y el receptor específico al que afectan. Durante aproximadamente 120 años, las medias aceptadas para la reacción simple, cronometradas para individuos de edad universitaria, han sido de 0.190 segundos para estímulos visuales y 0.160 segundos para los estímulos auditivos (Brebner y Welford, 1980; Fieandt, Huhtala, Kullberg, y Saarl, 1956; Galton, 1899; Welford, 1980). En la tabla 2 se muestra un resumen de las diferentes investigaciones sobre el valor del tiempo de reacción.

DIFERENTES TIPOS DE RESPUESTA EN FUNCIÓN DEL ESTIMULO					
AUTOR					
ESTÍMULO	SIMKIN (1969)	ZACIORSKI (1972)	OBERSTE (1974)	GROSSER (1976)	DOSTAL (1981)
ACÚSTICO	0.15	0.17-0.27		0.14-0.31	
				0.11-0.24	
TÁCTIL	0.145		0.12-0.19	0.07-0.17	0.153
ÓPTICO	0.16-0.18	0.20-0.35			
		0.10-0.24 0.05-0.09			

Tabla 2. Resumen de diferentes investigaciones sobre el valor del tiempo de reacción

Estudios pioneros, sobre tiempo de reacción, fueron realizados por Donders (1869). Según dicho autor, el tiempo de reacción simple es más corto que el tiempo de reacción de reconocimiento, y que el tiempo de reacción a la elección, siendo éste último, el más largo de todos. Laming (1968) concluyó que los tiempos de reacción simples estaban en torno a 0.22 segundos, estando el tiempo de reacción para una tarea de reconocimiento en torno a 0.38 segundos. Ello está en la línea de investigación de muchos estudios que concluyen que, un estímulo complejo (por ejemplo, varias cartas para el reconocimiento de un símbolo vs. una carta) necesita de un mayor tiempo de reacción (Brebner y Welford, 1980; Luce, 1986; Teichner y Krebs, 1974).

Miller y Low (2001) determinaron que el tiempo para la preparación de una respuesta motora (por ejemplo, tensión de los músculos) y la propia

respuesta motora (en este caso, apretando la tecla espaciadora) era el mismo en los tres tipos de pruebas de tiempo de reacción, implicando que las diferencias en tiempo de reacción son debidas al tiempo de procesamiento.

La utilización de los registros de tiempo de reacción para establecer diferencias individuales en el comportamiento perceptivo-motriz ha sido frecuente, sobre todo, por las implicaciones que puede tener en el campo aplicado. Los trabajos consultados ofrecen datos consistentes sobre las diferencias debidas a la edad, sexo, características de la personalidad, niveles de inteligencia, cuadros patológicos concretos, etc. Sin embargo, los resultados no siempre apuntan en la misma dirección y los trabajos no siempre son comparables, pues el número de ensayos utilizados en cada condición experimental son diferentes (desde 15 hasta cientos), así como la utilización o no de todos los datos para establecer los promedios o la variabilidad (determinación de TR válido, cómputo o no de primeros o últimos ensayos, etc.), utilización o no de señales de aviso, instrucciones dadas al sujeto, condiciones de aplicación, así como la obtención de los registros, varían de unos trabajos a otros.

Sin hacer referencia a todos los resultados obtenidos, quisiéramos destacar el hecho de que la presentación de una señal de aviso disminuye los tiempos de reacción. Es importante la duración del intervalo temporal entre la señal y el estímulo, es decir, la duración de este intervalo del periodo preparatorio, de manera que se pueden establecer tiempos óptimos para el rendimiento. La gran variedad de valores propuestos que van desde fracciones de segundo hasta 10-12 segundos, ha de interpretarse teniendo en cuenta, según Fernández del Valle (2003), tres criterios: 1) si el valor se obtiene en experimentos con ante periodos fijos o aleatorios; 2) la existencia o no de una señal de aviso y el papel que juega si se trata de un experimento de TR simple o de TR de elección, y 3) las características físicas tanto de la señal de aviso como del estímulo. Por ello, creemos conveniente comentar cuales son las variables que pueden afectar al tiempo de reacción.

6. VARIABLES QUE AFECTAN AL TIEMPO DE REACCIÓN

6.1. TIPO DE ESTIMULO Y NÚMERO DE POSIBLES ESTÍMULOS VÁLIDOS.

Muchos investigadores han confirmado que el tiempo de reacción al sonido es más rápido que el tiempo de reacción a la luz, con tiempos de reacción auditivos medios de 14-16 milisegundos y tiempos de reacción visuales de 180-200 milisegundos (Brebner y Welford, 1980; Fieandt et al., 1956; Galton, 1899; Welford, 1980; Woodworth y Schlosberg, 1954). Quizá esto sea debido a que un estímulo auditivo sólo tarda 8-10 milisegundos en alcanzar el cerebro (Kemp, 1973) y un estímulo visual entre 20-40 milisegundos (Marshall, Talbot, y Ades, 1943). El Tiempo de Reacción para tocar es intermedio, de 15 milisegundos (Robinson, 1934). Las diferencias en tiempo de reacción entre estos tipos de estímulos persisten si al sujeto se le pide una respuesta simple o una compleja (Sanders, 1998). Hallazgos más recientes que concuerdan con que los TR visuales son mayores que los TR auditivos y por consiguiente más largos son expuestos por Godoy y Ugarte (1980), cuya investigación es sobre tiempos de reacción y de movimiento, de los miembros inferiores y Labajos (1985), sobre miembros superiores.

Varios investigadores han dirigido su atención al efecto de aumentar el número de estímulos en experimentos de reconocimiento y de elección. Hick (1952) encontró que en los experimentos de tiempo de reacción a la elección, la respuesta era proporcional al $\log(N)$, dónde N era el número de posibles estímulos diferentes. En otras palabras, tiempos de reacción elevados a N, con una N elevada, no aumentaban tanto como cuando N era pequeña. En base a los estudios de Merkel (1885), Hick (1952) y Hyman (1953), se comprobó que el tiempo de reacción se incrementa en una cantidad constante ($>150\text{ms}$) cada vez que se duplicaba el número de alternativas de estímulo-respuesta. Relación conocida como "Ley de Hick".

Sternberg (1969) mantiene que en experimentos de reconocimiento, donde el número de ítems en la memoria va aumentando, el tiempo de reacción aumentaba proporcionalmente (es decir, proporcional a N). Nickerson (1972) revisó varios estudios de reconocimiento, siendo acordes con estos resultados.

6.2. INTENSIDAD DEL ESTÍMULO, ORDEN DE PRESENTACIÓN Y RESPUESTAS A ESTÍMULOS INMINENTES.

Froeberg (1907) halló que estímulos visuales, de mayor duración, elicitan tiempos de reacción más rápidos. Wells (1913) obtuvo los mismos resultados para estímulos auditivos. Luce (1986) y Piéron (1920) informan que un estímulo muy débil (como una luz muy tenue) tiene el tiempo de reacción más largo. Sin embargo, cuando el estímulo consigue una cierta fuerza, el tiempo de reacción se mantiene constante. Dicha relación se muestra en la figura 12.

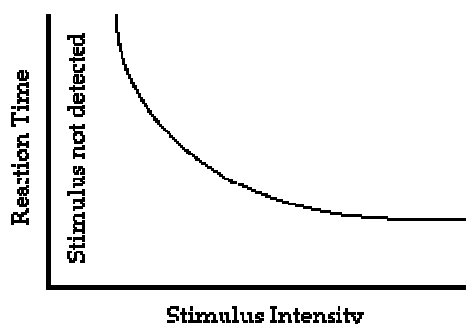


Figura 12. Relación entre el tiempo de reacción y la intensidad del estímulo (tomada de Kohfeld, 1971)

Kohfeld (1971) halló que la diferencia entre tiempo de reacción visual y auditiva podía eliminarse si la intensidad del estímulo era lo suficientemente alta. Mientras, Woodrow (1915) y Chocholle (1945) dirigieron sus esfuerzos en investigar si las diferencias de intensidad en los estímulos hacían oscilar la respuesta en los TR, mostrando que el TR era más o menos el mismo para el comienzo o para la cesación de un estímulo dado, pero que era más corto para el estímulo más intenso (Woodrow, 1915). Según Chocholle (1945), en la vecindad del umbral del estímulo, su TR era de unos 0.40 segundos, y con altas intensidades fue de 0.11 segundos, lo cual pareció ser el límite.

Un experimento, que si bien no influye directamente en este trabajo, pero que sin embargo nos ha llamado la atención es el de Piéron (1920) al comprobar que según se aplique un estímulo visual en un color azul se obtiene un TR diferente al presentado en un color rojo. En nuestro estudio, el estímulo que se les presentará a los sujetos, será de color rojo.

Según Brebner y Welford (1980), los tiempos de reacción son más rápidos cuando al sujeto se le ha advertido que el estímulo se presentará pronto. Y más, incluso, 5 minutos de advertencia, previo a la presentación del estímulo, ayuda. Bertelson (1967) halló que con tal de que la advertencia fuera más larga que aproximadamente 0.2 segundos, cuanto más corto fuera el aviso, más rápido era el tiempo de reacción. Este efecto, probablemente ocurre porque no puede mantenerse la atención y la tensión muscular, a un nivel alto, durante más de unos segundos (Gottsdanker, 1975). Sin embargo, Perruchet, Cleermans y Destrebecqz (2006) observaron que cuando dos eventos son asociados con otro, la expectativa consciente del segundo evento puede retardar la reacción al mismo. Ante esta evidencia, consideraron que la expectativa de un evento y su reacción al mismo, son procesos independientes.

En cuanto al orden de presentación, Laming (1968), Welford (1980) y Sanders (1998) observaron que cuando hay diferentes tipos de estímulos, el tiempo de reacción será más rápido donde hay un 'pack' de varios estímulos idénticos que cuando los estímulos aparecen en orden aleatorio. A esto se le llama "efecto secuencial". Hsieh (2002) encontró que el cambio de atención entre dos tipos diferentes de tareas causó una mejora en tiempo de reacción en ambas tareas.

6.3. AROUSAL, ATENCIÓN Y DISTRACCIÓN

El arousal es uno de los factores, más investigados, que influyen sobre el tiempo de reacción. Es el nivel de activación o estado de atención, incluyendo la tensión muscular, donde el tiempo de reacción es más rápido con un nivel de activación intermedio, y se ve deteriorado cuando el sujeto se encuentra o bien,

demasiado relajado o demasiado tenso (Broadbent, 1971; Freeman, 1933; Welford, 1980). Es decir, el tiempo de reacción responde a la activación tal y como sigue:

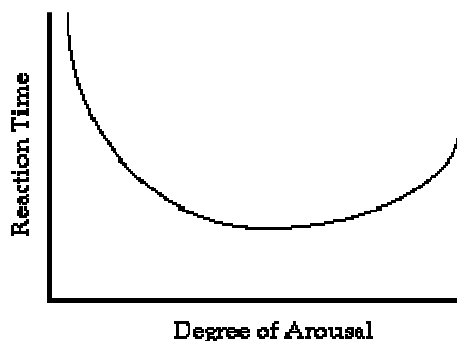


Figura 13. Relación entre el grado de activación y el tiempo de reacción.

Etnyre y Kinugasa (2002) encontraron que los sujetos, que tenían que reaccionar a un estímulo auditivo extendiendo su pierna, tenían tiempos de reacción más rápidos si realizaban una contracción isométrica, de los músculos de la pierna, previa al estímulo. Podríamos pensar que la mejora en la ejecución en tiempo de reacción es debido a la propia contracción del músculo (debido al calentamiento previo, etc.), pero lo más sorprendente fue que con una contracción previa, el tiempo de reacción también era más corto. Era como si la contracción isométrica permitiera al cerebro trabajar más rápidamente. A la misma conclusión llegaron Masanobu y Choshi (2006). Observaron que una tensión muscular moderada (10% de máximo) acortaba el tiempo de reacción de la precontracción en sujetos a los que se les pedía extender su pierna dominante en una tarea de tiempo de reacción a la elección. De nuevo, parecía que esa tensión muscular permitía al cerebro trabajar más rápidamente. Irónicamente, la tensión muscular no afectó al tiempo de movimiento. Davranche, Audiffren, y Denjean (2006) también concluyeron que, el tiempo de reacción, mejoraba aumentando el nivel de activación.

Para la mayoría de los autores revisados la capacidad de atención recobra una importancia considerable a la hora de realizar buenas o malas marcas en la reacción ante un estímulo determinado, siendo, por tanto, otro de los factores que puede influir en el tiempo de reacción de los participantes. En

su investigación, Arellano y Oña (1987) estudiaron hasta que punto la focalización de la atención puede incidir en el rendimiento del atleta. Registraron los tiempos de reacción simples (salida de natación) ante un estímulo de 3000 Hz a un total de 20 nadadores de ambos sexos. Los resultados obtenidos les permitieron interpretar que el tiempo de reacción depende de hacia dónde se dirige la concentración del deportista. Si la concentración es dirigida hacia el movimiento a ser realizado (respuesta) en vez de a la señal de salida (estímulo) el tiempo de reacción es más corto, interpretando que la concentración en la señal de salida (estímulo) en vez de en los movimientos, produce un tiempo de reacción más rápido.

Broadbent (1971) y Welford (1980) revisaron estudios que exhibían que las distracciones aumentan tiempo de reacción. Trimmel y Poelzl (2006) hallaron que el ruido de fondo alargaba el tiempo de reacción inhibiendo partes de la corteza cerebral. Lee, Caven, Haake, y Brown (2001) y Richard, Wright, Prime, Shimizu, y Vavrik (2002) encontraron que en estudiantes universitarios simulando una tarea de conducción, el tiempo de reacción era mayor cuando tenían que responder simultáneamente a una tarea auditiva. Estos autores dibujaron las conclusiones sobre el tema de la seguridad de los efectos de conducir mientras se está utilizando un teléfono móvil. Horrey y Wickens (2006) llegaron a conclusiones similares sobre el uso del teléfono móvil, así como el uso de teléfonos manos libres que tampoco mejoraron el tiempo de reacción. El tiempo de reacción a los estímulos auditivos se veía más afectado que la respuesta a estímulos visuales.

6.4. EDAD Y GÉNERO.

El tiempo de la reacción simple disminuye desde la infancia hasta los 20 años, aumentando lentamente hasta los 50 o 60 años, y a partir de esa edad, de forma más rápida a medida que la persona entra en los setenta y más allá de (Der y Deary, 2006; Jevan y Yan, 2001; Luchies, Schiffman, Richards, Thompson, Bazuin, y DeYoung, 2002; Rose, Feldman, Jankowski y Caro, 2002; Welford,

1977). Luchies et al. (2002) y Der y Deary (2006), también informan que este efecto sobre la edad es más marcado para las tareas de tiempo de reacción complejas. Del mismo modo, el tiempo de reacción es más variable con la edad (Hultsch, MacDonald y Dixon, 2002). Welford (1980) especuló acerca de las razones del aumento en el tiempo de reacción con la edad. Según este mismo autor, no era debido a factores mecánicos simples como la velocidad de conducción nerviosa, si no a la tendencia, de las personas mayores, a tener más cuidado y supervisar sus contestaciones de una forma más exhaustiva (Botwinick, 1966). Cuando introdujo la variable distracción, las personas mayores, a diferencia de las jóvenes, también tendían a centrar su atención exclusivamente a un estímulo, e ignorar otro de forma sensible (Redfern, Muller, Jennings y Furman, 2002). Lajoie y Gallagher (2004) encontraron que las personas mayores que vivían en centros geriátricos tenían tiempos de reacción significativamente más lentos que aquéllos que no residían en ese tipo de centros. Morehouse, y Miller (1980), consideran que el menor tiempo de reacción, en ambos sexos se encuentra entre los 21 y 30 años de edad.

Generalmente, los hombres tienen tiempos de reacción más rápidos que las mujeres, y esta desventaja en las mujeres, parece ser que no se ve reducida por la práctica (Adam, Paas, Buekers, Wuyts, Spijkers y Wallmeyer, 1999; Dane y Erzurumluoglu, 2003; Der y Deary, 2006; Noble, Baker, y Jones, 1964; Welford, 1980). Sin embargo, las cosas pueden estar cambiando ya que, según Silverman (2006), dicha evidencia, de la ventaja masculina en el tiempo de reacción visual, podría estar viéndose reducida, posiblemente, debido a la mayor participación de las mujeres el deporte. Botwinick y Thompson (1966) encontraron que casi todas las diferencias entre hombres y mujeres eran debidas al retraso entre la presentación del estímulo y la contracción del músculo. Los tiempos de contracción muscular eran iguales tanto para hombres como para mujeres. Adam et al. (1999) informan que los hombres usan estrategias más complejas que las mujeres. Barral y Debu (2004) concluyeron que mientras los hombres eran más rápidos, que las mujeres, en apuntar a un blanco, las mujeres eran más exactas. Jervas y Yan (2001) informan que el

deterioro, relacionado con la edad, en el tiempo de reacción, era el mismo en hombres y mujeres.

Por el contrario, Slater-Hammel, Cole y Wels (1973), estudiaron las diferencias entre TR simples auditivos en varones y mujeres, sin hallar diferencia en los TRS, concluyendo que las pequeñas diferencias entre los varones y las mujeres estaban dentro de los límites del error de muestreo.

Según los datos extraídos del 7º IAAF Campeonato del Mundo de Atletismo (1999), los tiempos de reacción obtenidos por los ocho mejores clasificados en la final de 100 metros hombres oscilaban entre los 0.13 y 0.17 segundos. Mientras que los TR de las mujeres oscilaron entre los 0.116 y 0.152 segundos. Según los datos del 8º IAAF Campeonato del Mundo de Atletismo (2001), los tiempos de reacción obtenidos por los ocho mejores clasificados en la final de 100 metros hombres oscilaban entre los 0.13 y 0.16 segundos. Mientras que los TR de las mujeres oscilaron entre los 0.12 y 0.19 segundos.

6.5. MANO IZQUIERDA VS DERECHA Y MODALIDAD DEPORTIVA.

El hemisferio izquierdo se considera como el cerebro verbal y lógico, y se piensa que el hemisferio derecho gobierna, entre otras cosas, la creatividad y las relaciones espaciales. También, el hemisferio derecho controla la mano izquierda, y el hemisferio izquierdo controla la mano derecha. Esto motivo a los investigadores a pensar que la mano izquierda debía ser más rápida en momentos de reacción que implicaban relaciones espaciales (como apuntar a un blanco). Los resultados de Boulinquez y Bartélémy (2000) y Bartélémy y Boulinquez (2001 y 2002) apoyaron esta idea. Dane y Erzurumluoglu (2003) encontraron esos hallazgos en jugadores de pelota; las personas zurdas eran más rápidas que las personas diestras cuando la prueba involucró la mano izquierda, pero no había ninguna diferencia en el tiempo de reacción, entre diestros y zurdos, al usar la mano derecha. Finalmente, aunque los jugadores de pelota masculinos diestros tenían un tiempo de reacción más rápida que las mujeres diestras, no había tal diferencia entre hombres y mujeres zurdas. Los

autores concluyeron que las personas zurdas tienen una ventaja inherente en tiempos de reacción.

En un experimento donde se utilizaba el ratón de un ordenador, Agota e Ivanoff (1999) hallaron que las personas diestras eran más rápidas con su mano derecha, pero las personas zurdas eran igualmente rápidas con ambas manos. La mano dominante era, generalmente, más rápida. Sin embargo, la ventaja en tiempo de reacción de la mano dominante, de la no dominante, era tan pequeña que recomendaron la alternancia de manos al usar un ratón. Bryden (2002), estudiando únicamente a personas diestras, encontró que esa dificultad de la tarea no afectó a la diferencia en tiempo de reacción entre la mano izquierda y la derecha.

Una gran parte de los trabajos realizados dan por hecho que los deportistas suelen tomar decisiones con mayor rapidez, o suelen escoger decisiones correctas con mayor prontitud que el resto de las personas. Sin embargo, se encuentran grandes diferencias no sólo entre estudios realizados con deportistas individuales y colectivos, sino también, entre los deportistas de deporte individual e incluso entre los de una misma modalidad deportiva.

Rodionov (1969), distribuyó a los deportistas según la habilidad de tomar decisiones deportivas; en el primer grupo estarían jugadores de baloncesto y jockey; en el segundo estarían los esgrimistas y los boxeadores. Los deportistas individuales suelen ser superiores a los jugadores de equipo en la exactitud y corrección en el pronóstico. Esto puede ser debido a que mientras los deportistas de equipo se someten a diferentes tipos de alternativas, lanzar, pasar, o driblar, los deportistas individuales toman las decisiones consigo mismos. Esto hace que unos sean más rápidos que los otros en la toma de decisiones eficaces del gesto. Gablewiczowa (1972), aplicó el Test de Rapidez de French a 403 estudiantes varones de la Academia de Educación Física de Varsovia distribuyéndolos en 6 grupos de deportistas: tiradores, luchadores, ciclistas, jugadores de voleibol, estudiantes de la Academia y candidatos a la

misma, donde los mejores resultados en la rapidez de decisión y el carácter de la especialidad practicada, correspondieron a los representantes de la especialidad individual, y los peores a las especialidades colectivas. Los resultados obtenidos no permitieron sacar conclusiones definitivas y generales, pero la máxima rapidez de decisión dentro del grupo de los tiradores se veía contrarrestada por la mínima puntuación entre los jugadores de voleibol. El hecho de que estos resultados sean dispares no sólo puede ser motivado por la clase de tests empleados sino también porque los aparatos de medición no eran los mismos, y tampoco lo eran las edades y los estímulos.

6.6. ENTRENAMIENTO, PRÁCTICA Y ERRORES, CASTIGO Y TENSIÓN.

La mayoría de los estudios concluyen que el entrenamiento a largo plazo en estos deportes mejora el tiempo de reacción, sin embargo las razones aportadas no siempre satisfacen las exigencias del método científico, ya que ninguno de ellos utiliza un grupo de control.

Rasch y Pierson (1963) no encontraron diferencias entre luchadores y karatekas, aunque si se aplicaba un criterio de corrección según la edad, el tiempo de movimiento de los karatekas era mejor. Por su parte, Kim y Petrakis (1998) con un test escrito comprobó que el aprendizaje del karate mejora la velocidad perceptiva. Estos datos, al igual que los que se verán a continuación apuntan hacia una mejora del tiempo de reacción con el entrenamiento del karate, aunque también pueden ser blanco de críticas, como los estudios que siguen.

Layton (1993 b) concluye que el entrenamiento de karate hace que no disminuya la velocidad con la edad, como ocurre normalmente. En su trabajo midió el tiempo de respuesta a practicantes de karate y comprobó que no tenía relación con la edad. Por eso concluye que el entrenamiento detiene la disminución de la velocidad que sucede normalmente con la edad. El valor de este estudio es relativo ya que para poder llegar a esta conclusión deberían tenerse en cuenta muchas variables, ampliar mucho la muestra, que es de doce

karatekas, o utilizar un grupo de control. Por ejemplo, podría interpretarse que las personas que se encuentran mejor físicamente fueran las que siguen practicando karate en edades más avanzadas y por eso tienen mejor tiempo de respuestas.

Lee, Matsumoto, Toman, Yamauchi, Taimura, Kaneda, Ohwatari, y Kosaba (1999) afirman que los practicantes de karate y kendo tienen mejor tiempo de reacción y tiempo de movimiento en gestos balísticos de dedos debido a las técnicas entrenadas en estos deportes. Su medida no tenía nada que ver con las técnicas utilizadas en estas disciplinas, por lo cual podríamos pensar que realmente las diferencias se deben al entrenamiento o también que los sujetos con mayor capacidad de hacer movimientos balísticos son los que han elegido estos deportes. La utilización de un grupo de control es recomendable cuando se quieren establecer relaciones causales como en este caso.

Al estudiar el efecto del entrenamiento a corto plazo es más factible la utilización de grupos de control que no realice este entrenamiento. Sin embargo, tampoco en esta ocasión encontramos trabajos que lo hayan incluido.

Leseur (1989) comprobó una mejoría en el tiempo de respuesta -con mayor y menor cantidad de movimiento- y en la precisión del tocado de esgrima tras seis semanas de entrenamiento. Dado que no hubo grupo de control, estos resultados podrían deberse al aprendizaje con el aparato o a otras variables que no se controlaron. Roosen, Compton y Szabo (1999) comprobaron una mejora del tiempo de respuesta con cuatro semanas de entrenamiento. El problema es que el entrenamiento se produjo con el mismo aparato que la medición, por ello nos debemos plantear si la mejora fue debida al entrenamiento o a la adaptación a ese aparato ya que según Sanders (1998, p. 21) los estudios en donde se exhibe que cuando los sujetos son nuevos en una tarea de tiempo de reacción, sus tiempos de reacción son menos consistentes que cuando han tenido una cantidad adecuada de práctica. También, si un sujeto, comete un error en la tarea (por ejemplo, apretar la palanca antes de que

el estímulo se presente), los tiempos de reacción sucesivos son más lentos, como si el sujeto estuviese siendo más cauto. Ando, Kida y Oda (2002) encontraron que el tiempo de reacción, a un estímulo visual, se ve disminuido tras tres semanas de práctica, y el mismo equipo de investigación (2004) observó que, los efectos de la práctica, se mantienen durante por lo menos tres semanas más. Fontani, Lodi, Felici, Migliorini y Corradeschi (2006), mostraron eso con practicantes de karate, donde los más experimentados tenían tiempos de reacción más cortos; pero en voleibol, los jugadores inexpertos eran los que tenían tiempos de reacción más cortos (e hicieron, también, más errores).

Asustar al sujeto, cuando reacciona despacio, acorta el tiempo de reacción (Johanson, 1922; Weiss, 1965). Simplemente haciendo que el sujeto se sienta ansioso sobre su actuación tiene el mismo efecto, por lo menos en las tareas de tiempo de reacción simples (Panayiotou y Vrana, 2004). Vasterling (2006) encontró que el despliegue a Irak causó, en los soldados, un tiempo de reacción más corto, pero también aumentó la tensión y redujo la habilidad en tareas que requerían memoria y atención.

6.7. EJERCICIO, CALENTAMIENTO, FATIGA Y AYUNO.

En los deportes de combate, al igual que en el resto de los deportes, cuando se ha estudiado el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento, se ha intentado conocer cómo podríamos mejorarlos en nuestros deportistas. En otras palabras, se ha tratado de saber qué circunstancias afectan al tiempo de reacción para poder mejorarlas.

El calentamiento es otra variable que podría afectar al tiempo de reacción. En los deportes de combate no se han realizado trabajos metodológicamente correctos que nos expliquen la mejora que teóricamente se producirá. El estudio de Mizerski (1975) concluye que mejora el tiempo de respuesta, sin embargo este estudio carecía de un grupo de control para saber si la mejora era debida al calentamiento o a la habituación al aparato.

El ejercicio puede afectar al tiempo de reacción. Welford (1980) encontró que los sujetos físicamente activos tenían tiempos de reacción mejores. Levitt y Gutin (1971) y Sjoberg (1975) mostraron que los sujetos tenían un tiempo de reacción más rápido cuando se ejercitaban a intensidades de 115 latidos por minuto. Kashihara y Nakahara (2005) hallaron que ese ejercicio vigoroso mejoró el tiempo de reacción a la elección, pero sólo durante los 8 primeros minutos después del ejercicio.

El efecto del ejercicio físico fue estudiado por Brunet, Keller y Moreaux (1995) midiendo el tiempo de respuesta desde un ciclo ergómetro sobre el que se realizaban ejercicios a distintas intensidades. Comprobaron que el tiempo de respuesta mejora con la intensidad del ejercicio hasta un límite supramáximo - mayor que el consumo máximo de oxígeno-, donde empieza a alargarse. En este experimento no se diferenció entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento. Así, la mejora puede ser debida a cualquiera de las dos partes del tiempo de respuesta.

Welford (1968, 1980) halló que el tiempo de reacción es más lento cuando el sujeto se fatiga. Philip et al. (2004) encontraron que 24 horas de suspensión de sueño alargaban los tiempos de reacción de sujetos de 20-25 años, pero no tenía dicho efecto, en los tiempos de reacción, en sujetos de 52-63 años de edad. Van den Berg y Neely (2006) hallaron que la privación del sueño causaba en los sujetos un tiempo de reacción más lento y la pérdida de respuestas en el test tras dos horas. Takahashi, Nakata, Haratani, Ogawa y Arito (2004) estudiaron a obreros a quienes se les permitió dormir una siesta corta en el trabajo; concluyeron que aunque los obreros pensaron que la siesta había mejorado su vigilancia, no se produjo tal efecto en el tiempo de reacción selectiva.

En un hallazgo sorprendente, Szinnai, Schachinger, Arnaud, Linder y Keller (2005) hallaron que la deshidratación gradual (pérdida de 2.6% del peso del cuerpo por un período de 7 días) causó en las mujeres un alargamiento del tiempo de reacción a la elección; en hombres, dicho tiempo de reacción a la

elección se veía disminuido. Según Gutiérrez, González-Gross, Delgado y Castillo (2001), tres días de ayuno no disminuye tiempo de reacción, aunque merma la capacidad de trabajo.

6.8. CICLO RESPIRATORIO Y TEMBLORES DIGITALES.

Buchsbaum y Calloway (1965) observaron que el tiempo de reacción era menor cuando el estímulo ocurría durante la expiración que durante la inspiración.

Por su parte, Brebner y Welford (1980) informan que el temblor digital va de arriba abajo a razón de 8-10 ciclos/seg, y los tiempos de reacción son más rápidos si la reacción ocurre cuando el dedo está justo en la fase de bajada del temblor.

6.9. TIPO DE PERSONALIDAD, INTELIGENCIA, LESIÓN CEREBRAL.

Según Brebner (1980) el tipo de personalidad extrovertida tiene tiempos de reacción más rápidos, así como, según Welford (1980) y Nettelbeck (1973), los tipos de personalidad ansiosos. Lenzenweger (2001) encontraron que el tiempo de reacción de los esquizofrénicos era más lento que de personas normales, pero sus medias de error eran las mismas. Robinson y Tamir (2005) hallaron que los estudiantes universitarios neuróticos tenían tiempos de reacción más inestables que sus pares. Según Fernández del Valle (2004), los extrovertidos son más rápidos que los introvertidos o que los neuróticos, si las tareas son simples, tienen una mejor ejecución, tanto en términos de precisión como de rapidez. Ofrecen menor resistencia a la monotonía en los sujetos extrovertidos, actitud motora del extrovertido frente a la actitud sensorial-analítica del introvertido, mayor tendencia a la anticipación del extrovertido (si la tarea es muy repetitiva), mayor número de errores del extrovertido en tareas de elección, mejora en el rendimiento del introvertido frente al rápido decremento del extrovertido al ir avanzando la prueba.

El tenue eslabón entre inteligencia y tiempo de la reacción se repasa en Deary, Der y Ford, (2001). El retraso mental serio produce un enlentecimiento y tiempos de reacción más inconstantes. Entre las personas de inteligencia normal, hay una ligera tendencia en las personas más inteligentes a tener tiempos de reacción más rápidos, pero existe mucha variación entre las personas de inteligencia similar (Nettelbeck, 1980). Dicha ventaja, de velocidad de las personas más inteligentes, es mayor en pruebas que requieren respuestas complejas (Schweitzer, 2001).

Como podría esperarse, la lesión del cerebro retrasa el tiempo de reacción de diferentes tipos de respuesta en función del grado de la lesión (Bashore y Ridderinkhof, 2002). Collins et al. (2003) encontraron que atletas de secundaria con conmociones y dolor de cabeza, una semana después de la lesión, tenían peor actuación en tiempo de reacción y pruebas de memoria que atletas con conmociones pero ningún dolor de cabeza, una semana después de la lesión.

6.10. NÚMERO DE ENSAYOS Y NÚMERO DE BLOQUES DE ENSAYOS.

Para estudiar la estabilidad y reproducibilidad del tiempo de reacción se deben realizar un número de ensayos lo suficientemente amplio para obtener una medida estable, ya que el tiempo de reacción varía bastante de un ensayo a otro. Por otro lado, el número de ensayos no debe ser excesivamente grande ya que se produciría fatiga y desmotivación en el sujeto, lo que empeoraría su ejecución. Además, tampoco es conveniente alargar innecesariamente la medición cuando los datos tomados son suficientes. Según Zatziorski (1989), a pesar de lo cuantitativamente pequeño que es el tiempo de reacción, su estabilidad y su reproducibilidad es alta. Cuando el número de repeticiones es pequeño, la estabilidad del tiempo de reacción es, por lo general, pequeña. Así pues, con 3-5 repeticiones el coeficiente de reproducibilidad no supera el 0.40; por el contrario, cuando el número de repeticiones aumenta, la estabilidad

también aumenta. Para 7-11 repeticiones, dicho coeficiente es de 0.60-0.70, mientras que con 19-25 repeticiones es de 0.75-0.85.

En general, los estudios más antiguos no usan tantos ensayos como en la actualidad, por ejemplo, Pierson (1959) utilizó solamente los 5 últimos ensayos que el sujeto realizaba, eliminando los 15 anteriores para evitar el efecto del aprendizaje y el calentamiento. Posteriormente Rasch, Pierson, O'Connell y Hunt, (1961) y Rasch y Pierson (1963) siguieron el consejo de Pierson en sus estudios. De los que sólo utilizaron una forma de medición podemos destacar los 500 ensayos medidos por Westerlund y Tuttle (1931). Por el contrario, el resto de autores no han utilizado tantos ensayos, siendo más normal la cifra de 20 utilizados por Youngen (1959), Tweit, Gollnick y Hearn (1962), Landers, Boutcher y Wang (1986) y Lee et al. (1999), por su parte, Clarke y Glines (1962) en principio sólo contabilizaron tres ensayos aunque puede ser alguno más si existía anticipación o el sujeto no estaba preparado.

El número de ensayos en cada bloque se debe estimar para prevenir la fatiga al final de cada bloque. Los bloques de 25 ensayos han sido bastante utilizados (Kroll, 1973; Yandell y Spirduso, 1981; Slater-Hammel, 1953 y 1955) dado que su tamaño es intermedio en comparación con otros estudios. Los más largos han sido: Koslow (1985) con 30 ensayos por bloque, Moreaux, Christov y Marini (1987) con 40 y Menéndez y Sanz (1999), Río (1999), Redondo (1999) y Soriano (1999) con 30. En el otro extremo, los bloques más cortos han sido los que descansaban tras cada ensayo (Nakamura, 1934), mientras otros como Williams y Grant (1999) o Harmenberg, Ceci, Barvestad, Hjerpe y Nyström, (1991) hacen 15. Otros autores decidieron utilizar un mayor número de ensayos de prueba con el fin de evitar las consecuencias de lo que Koslow (1985) llama "efecto del ensayo". Según este autor, es a partir del trigésimo ensayo cuando ya no se produce este efecto, por ello elimina del análisis estadístico los 30 primeros ensayos de cada día. Las anticipaciones también han sido ensayos eliminados, entendiendo como anticipación que la respuesta se produzca antes del estímulo (Clarke y Glines, 1962) o ha supuesto un límite antes del cual, una

respuesta es imposible que se haya efectuado sin anticiparse. Este límite está en 120 milisegundos para Landers et al. (1986) y en 150 para Nougier, Stein y Azemar (1990), aunque otros autores (Menéndez y Sanz, 1999; Redondo, 1999; Río, 1999; Soriano, 1999), sin embargo, no señalan en sus publicaciones el punto donde está ese límite. Las respuestas demasiado tardías también han sido, tradicionalmente, descartadas. Landers et al. (1986) pusieron el límite en 0.300 segundos y Legros et al. (1992) en 0.80 segundos. Así mismo, la eliminación los 2 ensayos más largos y los 2 más cortos de los 20 registrados fue la estrategia utilizada por Lee et al. (1999) para evitar los efectos de la anticipación y las respuestas tardías. La falta de precisión al tocar el blanco de esgrima fue una razón para eliminar un ensayo en los experimentos de Harmenberg et al. (1991). Así, cuando el sujeto no tocaba el objetivo con el arma de forma precisa, ese ensayo era eliminado para el análisis.

6.11. POSICIÓN DE INICIO Y VARIABLES PSICOLÓGICAS

Mientras algunos autores no han delimitado la posición de inicio, otros autores como Kroll (1973), Falco et al. (2009) o O'Sullivan et al. (2008) la han definido perfectamente. También se puede indicar dónde debe fijar el sujeto su mirada al inicio de la prueba (Nougier et al., 1990, experimento 1). En otras investigaciones, variables psicológicas como la motivación (Yandell y Spirduso, 1981) o la ansiedad (Williams y Grant, 1999), también han sido controladas para su estudio.

7. TIEMPO DE MOVIMIENTO Y RESPUESTA DE REACCIÓN

En los estudios de Tiempo de Reacción muchos experimentadores añadieron a su aparato otro cronómetro que permitía complicar la tarea del sujeto, de manera que se consiguiera no sólo la medida del tiempo de reacción, entendido como el tiempo que transcurre entre la aplicación de un estímulo y el comienzo de una respuesta motora específica (Godoy y Ugarte, 1980) sino que, al exigir el desplazamiento de las manos o de los pies, permitiese también medir el Tiempo de Movimiento (TM), entendido como el lapso de tiempo entre el comienzo de la respuesta motora y el término del movimiento, implicado en la respuesta motora, la que siguiese habitualmente a la respuesta de reacción propiamente dicha.

El hecho de que los aparatos tradicionales permitiesen la medida simultánea del Tiempo de Reacción (TR) y el Tiempo de Movimiento (TM) ha posibilitado que los investigadores intentasen contestar a la pregunta sobre si los individuos más rápidos en la reacción perceptual, presumiblemente medida por el tiempo de reacción, serían también los más rápidos en movimiento. Los resultados obtenidos por quienes se han ocupado de este tema afirman que no existe relación entre ambas dimensiones o medidas. Las correlaciones obtenidas giran alrededor del cero y no existe en los resultados coincidencia en cuanto al signo de la correlación ni en cuanto a la magnitud, que varía de unos trabajos a otros. Los trabajos de Henry (1952, 1960, 1961), Hodgkins (1963), Fairlough (1952) y Lotter (1960) apoyan tal conclusión. Goggin y Christina (1969) se plantearon la misma interrogante con respecto a las dos partes en que se subdivide el Tiempo de Reacción: la parte premotora y la motora. La conclusión de estos autores es la misma que la obtenida cuando se comparan el Tiempo de Reacción (TR) y el Tiempo de movimiento (TM): correlaciones no significativas.

En los deportes de combate, Pierson (1956) demostró que el tiempo de reacción es independiente del tiempo de movimiento y de otras variables que midió en esgrimistas y no esgrimistas. Los estudios de Don Trumbo y Noble

(1973), apuntan hacia la conclusión de que ambas dimensiones (tiempo de reacción y tiempo de movimiento) eran sensibles a factores diferentes. Conclusión coincidente con la afirmación de Hodgkins (1963) de que ambas dimensiones eran independientes. No obstante, hay que señalar que su independencia debe entenderse como que ambas son susceptibles de ser modificadas diferencialmente por factores conductuales como los implicados en la situación de medida de la respuesta de reacción. Los trabajos de Christina y Cornell (1979) y Kerr (1979) apoyan tal afirmación.

Sin embargo, no existe tal consenso respecto a si TR y TM correlacionan. Desde una perspectiva afirmativa, en la que los TR y TM se relacionan, encontramos, entre sus pioneros, a Westerlund y Tuttle (1931) (comentados por Gottesman, 1964), quienes obtuvieron una correlación de .815 entre el tiempo reflejo y la velocidad de los sprints. Parece ser que éstos escogieron un grupo selecto de corredores entrenados y no una muestra aleatoria. Godoy y Ugarte (1980, p. 27), también hallaron una relación entre estas variables con un estímulo visual en futbolistas ($r = .78$) y atletas militares ($r = .39$) y con un estímulo auditivo en tenistas ($r = .78$). Desde una perspectiva negativa, totalmente opuesta a la anterior, en la que los TR y TM no se relacionan. Encontramos los estudios de Henry (1952), Fairclough (1952) y los de Cooper (1956) (comentados por Gottesman, 1964), quienes hacen un análisis de la dependencia o no-dependencia entre los Tiempos de Reacción y los Tiempos de Movimiento. Sin embargo, existen entre ellos, diferencias no sólo en cuanto a la utilización de los términos empleados, sino en cuanto a la obtención de los resultados obtenidos. Henry (1952, 1960, 1961), Fairlough (1952) y Lotter (1960), no encontraron correlación significativa entre ambas variables, considerándolas como funciones independientes y no relacionadas. Sin embargo, mientras el primero de ellos hacía referencia al tiempo de reacción y velocidad de movimiento, el segundo se refería a la velocidad de reacción y velocidad de movimiento y el tercero comentaba que, la no relación, era entre los tiempos de reacción y los tiempos de movimiento. Añadimos a estas aseveraciones el criterio de Weineck (1991, p. 29) para quien no existe relación entre el tiempo de

reacción y la velocidad de movimiento, donde un deportista con movimientos rápidos puede tener un tiempo de reacción relativamente mediocre y viceversa. Por último, desde una perspectiva ecléctica marcada por autores que muestran una visión combinada, entre los partidarios y los contrarios a esta teoría, exponen que entre los TR y TM pueden ejercer influencia otros factores o causas que hagan posible la modificación de sus respuestas. Entre ellos destacamos a Oxendine (1984, p. 375), quien plantea que, al igual que en otras áreas de la investigación, tampoco aquí existe unanimidad de criterios. Mientras Guilford, 1958 y Henry 1952 han afirmado que no existe relación alguna, ya que las naturalezas de ambos son diferentes, Kerr (1966), Pierson y Rasch (1959) y Hipple (1954), afirman todo lo contrario. Es decir, que sí hay significativas correlaciones. Mientras, García et al. (1998, p. 37) hacen referencia a que el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento no son factores que tengan necesariamente que ser similares en su nivel de expresión, es decir que se puede tener un mediocre TR y, por el contrario, un excelente TM, o viceversa. Incluso, normalmente, el TM también depende del segmento corporal en que sea medido.

Resulta imposible la descripción de todas las investigaciones realizadas en lo que a tiempo de reacción se refiere, por ello hemos revisado algunos estudios de tiempo de reacción que nos han proporcionado interés y relación con el tipo de experimento en este trabajo. En las ciencias del deporte, dos tipos de habilidades perceptivas han sido consideradas pertinentes a la actuación exitosa del deportista. Una primitiva, en la que las funciones sensoriales básicas que no son específicas a la especialización deportiva, donde las funciones sensoriales básicas han sido evaluadas por medidas optométricas (agudeza visual estática y dinámica, campo de visión, etc.) y tareas de laboratorio simples utilizando estímulos genéricos (por ejemplo, tareas de tiempo de reacción simple a una luz). La mayoría de resultados obtenidos de las medidas optométricas son ambiguos, sin mostrar ninguna diferencia sistemática entre el experto y los atletas principiantes (Hazel, 1995; Williams et al., 1999; Wood y Abernethy, 1997). También existe una gran diversidad de resultados en estudios que han

utilizado tareas de laboratorio. Por ejemplo, algunos estudios mostraron tiempos de reacción simple más rápidos en expertos que en deportistas noveles (Kioumourtzoglou, Kourtessis, Michalopoulou y Derri, 1998; Knapp, 1961), pero otros no hallaron dicha diferencia, debido al nivel de especialización (McLeod, 1987; Slater-Hammel y Stumpner, 1950).

8. EL TIEMPO DE REACCIÓN EN LOS DEPORTES DE COMBATE

La actuación exitosa en el deporte no sólo requiere ejecución eficaz de la conducta motora, si no también, un alto nivel de habilidad perceptivo motriz. El deporte de alto nivel se caracteriza por severas limitaciones espaciales y temporales, impuestas por el actor y sus oponentes (Williams et al., 1999). Bajo tales limitaciones, la habilidad de un deportista para, de forma rápida y precisa, percibir la información pertinente facilitará la decisión de y permitirá tener más tiempo para preparar y organizar la conducta motora (Houlston y Lowes, 1993; Ripoll, 1991). Taekwondo es un buen ejemplo de un deporte competitivo con grandes limitaciones espacio-temporales que requieren tiempos de reacción rápidos. En competición, dos atletas se encuentran cara a cara, a una distancia de dos metros, realizando acciones ofensivas uno contra otro. La excepcional rapidez y potencia de las acciones ofensivas demostradas por los atletas expertos ha sido estudiada por Cavanagh y Landa (1976), Kato (1958), Vos y Binkhorst (1966), o Wilk et al. (1983), donde la necesidad de atacar y defender, sobre el oponente, puede llevar a los atletas de los deportes de combate a desarrollar habilidades perceptuales específicas para reaccionar de forma más rápida.

Los estudios sobre tiempo de reacción, en los deportes de combate, han tratado de obtener conclusiones que se puedan aplicar al entrenamiento y a la competición, intentado ver qué es lo que diferencia a los expertos de aquellos que no lo son, para posteriormente intentar mejorar esas características por medio del entrenamiento o seleccionar aquellos sujetos que las posean. Los diferentes estudios de tiempo de reacción, en los deportes de combate, han

diseñado sus propios instrumentos para medir esta variable de acuerdo a los objetivos perseguidos en su trabajo. En este sentido, cada autor ha estudiado el tiempo de reacción desde un punto de vista diferente. Así mismo, la mayoría de los estudios de tiempo de reacción, en los deportes de combate, han utilizado luces como estímulo elicitor, congruente con el tipo de estímulos que tienen lugar en los deportes de combate, mayormente investigado en los deportes de distancia de guardia reducida, como por ejemplo taekwondo, y en los de distancia de guardia media, como por ejemplo la esgrima, según la clasificación de Parlebas (1988).

Para deportes de golpeo se han construido instrumentos específicos diseñando sacos de entrenamiento, tanto colgados de la forma tradicional como portátiles en forma de escudos, que miden el momento del golpeo e incluso la fuerza de éste. Estos aparatos miden el tiempo de respuesta, en algunos casos, sin diferenciar tiempo de reacción y tiempo de movimiento. Tras revisar los estudios que han tratado de ver si existe una relación entre el tiempo de reacción y la práctica de estos deportes de combate, no podemos concluir a favor, pero tampoco en contra, de esta relación. Mientras algunos estudios dicen que los practicantes de los deportes de combate, y sobre todo los de mayor nivel, tienen mejor tiempo de reacción, otros dicen que son similares a la población no practicante.

Se han realizado investigaciones en las que se le pedía al sujeto responder con una técnica propia del deporte ante un estímulo general y, mientras en unas interesaba principalmente el tiempo de reacción, en otras se medía el tiempo de respuesta sin diferenciar el tiempo de movimiento. En las investigaciones que se ha medido el tiempo de movimiento vemos que, por lo general, los practicantes de estos deportes obtienen mejores resultados. De este modo, no podemos obtener conclusiones claras sobre qué es lo que hace que los expertos sean más rápidos. Podríamos afirmar con mucha seguridad que el tiempo de respuesta es menor en expertos que en novatos, pero no podemos afirmar a ciencia cierta si esto se debe a un mejor tiempo de reacción o un mejor

tiempo de movimiento. También queremos señalar cómo en todas las investigaciones se han utilizado gestos ofensivos, es decir, de ataque con lo cual, podremos comparar parte de nuestros resultados. Esto puede deberse a que la medición del ataque es más sencilla, dado que el ataque suele estar más definido en cuanto a inicio, trayectoria y, sobre todo, fin del movimiento, que se produce cuando el pie llega a contactar con el blanco.

Estas mediciones, en las que se utiliza un estímulo general y una respuesta específica, podrían tener utilidad en la evaluación de la técnica; ya que hacer un gesto deportivo en el mínimo tiempo posible para sorprender al adversario es un criterio de eficacia. Entre ellos, podemos encontrar a Oehsen (1987), donde se reaccionaba con técnicas de karate a la iluminación de bombillas, a Roosen et al. (1999) o a Mizerski (1975), la tarea de Layton (1993 b y c), quien utilizó en sus estudios una situación típica de tiempo de respuesta simple a un estímulo acústico con respuestas específicas del deporte (karate), a Degtjarow y Dsherojan (1971), Moreaux et al. (1987), Leseur (1989), Nougier et al. (1990), Harmenberg et al. (1991), Brunet et al. (1995), Williams y Walmsley (2000), O'Donovan et al. (2006), Vieten et al. (2007), Nien et al. (2004), Tang (2001), Tsai et al. (2004), así como a Tsai et al. (2005).

Pierson (1956) comparó el tiempo de movimiento y el tiempo de reacción con distintas tareas, de 25 esgrimistas y 25 no-esgrimistas, concluyendo que no existían diferencias significativas cuando se medía el tiempo de reacción simple o selectiva cuando la respuesta consistía en apretar una llave de telégrafo. En este sentido, podríamos pensar que las diferencias encontradas se debían más al tiempo de movimiento que al tiempo de reacción en sí. Nougier et al. (1990) también compararon a esgrimistas expertos con no expertos, utilizando haces de luz, donde la respuesta requerida era apretar un botón (test 1). En dicha prueba se le daba al sujeto información sobre el estímulo que iba a aparecer, aunque a veces dicha información era errónea, dando lugar a tres condiciones experimentales: válida cuando la información era verdadera, inválida cuando aparecía otro estímulo diferente al esperado y neutra cuando no se le da

información. En todas las condiciones, los esgrimistas expertos obtuvieron mejores resultados. Rasch y Pierson (1961) midieron tiempo de reacción y tiempo de movimiento con una tarea que consistía en levantar la mano y extender el brazo cuando aparecía una luz mostrando que no existían diferencias significativas entre luchadores de alto nivel, de un nivel menor y no luchadores. Estos mismos autores (Rasch y Pierson, 1963) utilizaron la misma prueba para comparar luchadores y karatekas y tampoco encontraron diferencias. Sin embargo, si se aplicaba el criterio de corrección según la edad, el tiempo de movimiento de los karatekas era mejor, aunque el tiempo de reacción permanecía siendo similar. Lee et al. (1999) compararon a practicantes de karate y kendo con sujetos sedentarios en una prueba que consistía en extender el dedo ante la aparición de una luz. Sus resultados arrojaron que los practicantes de estas dos artes marciales tenían mejor tiempo de reacción que los sujetos sedentarios tanto en tiempo premotor como en tiempo motor. Según Martínez de Quel (2003), en su estudio sobre tiempo de reacción visual en karate, los hombres fueron más rápidos que las mujeres, aunque estas diferencias no llegaron a ser significativas. En cuanto a la comparación entre el género y el nivel, debemos señalar que mientras los hombres de mayor nivel obtuvieron mejores resultados en tiempo de reacción, en mujeres, fueron las de menor nivel las que consiguieron mejores marcas, sin que estas diferencias llegaran a ser significativas.

También son varios los autores que han medido el tiempo de reacción o el tiempo de respuesta con un tocado de esgrima. Así, Moreaux et al. (1987) crearon un instrumento llamado "Meteres", que consta de una unidad central que coordina los accesorios y mide el tiempo; de un panel con cuatro dianas, con una luz en el centro de cada una, y de otra luz que le indica el inicio del ante periodo, incluyendo una célula fotoeléctrica delante de la mano del esgrimista que servía para diferenciar el tiempo de reacción del tiempo de movimiento. El esgrimista debe tocar la diana correcta con la punta de la espada o el florete, en el menor tiempo posible y siguiendo las instrucciones. Aparato que también fue utilizado por Brunet et al. (1995) y Leseur (1989), pero ninguno

de ellos hizo una comparación entre esgrimistas de diferentes niveles, con lo cual no podemos saber si este aparato está relacionado con el éxito deportivo en este deporte.

Un aparato parecido al "Meteres" fue utilizado por Nougier et al. (1990) y por Devienne, Audiffren, Ripoll y Stein (2000), incluyendo también una célula fotoeléctrica para separar el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento. La diferencia está en que mientras el "Meteres" constaba de cuatro dianas, el aparato usado por estos autores constaba de seis. Nougier et al. (1990), utilizaron este aparato con diferentes tareas para estudiar la atención y otras variables relacionadas con el tiempo de reacción. Compararon a un grupo de esgrimistas expertos con otro grupo de nivel regional y pudieron comprobar que los expertos eran mejores en tiempo de respuesta. Esta diferencia se debía fundamentalmente al tiempo motor y no al tiempo de reacción que, pese a ser menor en los expertos, no mostraba diferencias significativas. Según los autores, estos datos se deben a que los expertos tienen una mejor automatización del movimiento, lo que se corrobora porque además los no expertos presentan una alta variabilidad en sus tiempos de respuesta.

Estos resultados no fueron replicados por Williams y Walmsley (2000) quienes estudiaron la respuesta a una luz con tocado de fondo (una acción de ataque muy común en esgrima), encontrando un mejor tiempo de respuesta en los esgrimistas de alto nivel ($n= 5$) que en los principiantes ($n= 3$). El tiempo motor era mejor en los novatos que en los esgrimistas de alto nivel, pese a que los segundos tenían una mejor coordinación intermuscular. Ese tiempo motor más largo en los expertos era suplido por un inicio más rápido de la respuesta, es decir, por un mejor tiempo de reacción. Estos autores no utilizaron el mismo aparato que Nougier et al. (1990) ya que, el aparato de Williams y Walmsley (2000) tenía un solo objetivo que tocar en vez de seis. Sin embargo, la tarea era similar, por lo que los resultados contradictorios son difíciles de explicar. Quizá sea debido a que las muestras fueron demasiado pequeñas: 13 sujetos para Nougier et al. (1990) y 8 para Williams y Walmsley (2000).

Harmenberg et al. (1991) compararon tres formas de medición. La primera de ellas pertenece a las que ahora estamos tratando ya que, el estímulo, era una luz y, la respuesta, una técnica de ataque de esgrima (tocado con fondo). Con esta forma de medición no se encontraron diferencias significativas entre espadistas internacionales y principiantes. La segunda y tercera tarea consistía en reaccionar a la extensión del codo del maestro de esgrima, efectuando una respuesta específica, que consistía en un ataque al pecho. La diferencia era que, mientras en la segunda tarea el maestro permanecía inmóvil, en la tercera estaba en desplazamiento continuo antes de extender el codo, y el alumno debía mantener la distancia. La medición se realizaba, en ambos casos, atando un goniómetro al codo del maestro y otro al codo del alumno, para determinar el inicio de la extensión del brazo. Únicamente la tercera tarea diferenciaba a espadistas internacionales de principiantes. No obstante, es posible que los expertos anticipasen el momento en el que el maestro iba a extender el codo a partir de la observación de los desplazamientos del maestro. De ese modo, sacarían ventaja de los estímulos previos al estímulo propiamente dicho, lo que correspondería más, a la capacidad de anticipación, que al tiempo de reacción. Este trabajo es una muestra de lo que puede ser una medición muy específica del tiempo de reacción. Sin embargo, esta virtud del trabajo puede verse eclipsada por el hecho de que no es posible estandarizar el estímulo, ya que el maestro no actuará siempre del mismo modo y esas pequeñas variaciones podrían beneficiar más a unos que a otros.

Además, según Gros (2005), el umbral para detectar un estímulo en movimiento (activo) es alcanzado mucho antes que el umbral para detectar un estímulo, que carece de movimiento (pasivo), donde, bajo ciertas condiciones, la ventaja puede llegar a ser de hasta 0.25 segundos, concluyendo que el tiempo de reacción activo es más rápido que el pasivo. La razón principal es que un objetivo en movimiento haría que el deportista estuviese más concentrado en el momento del movimiento por miedo a no alcanzar el "target". En este sentido, Su et al. (2008) concluyen que, en el ataque pasivo, raramente tiene que cambiarse el ángulo de la rodilla, para obtener el espacio necesario para el

ataque, por consiguiente, cuando el atleta realiza un ataque activo es más fácil que esté realmente concentrado que ante un ataque pasivo.

Existen otros estudios que han utilizado este tipo de estímulos y respuestas con otros propósitos, más allá de conocer el tiempo de reacción de un sujeto. De este modo, en el trabajo de Williams y Elliott (1999) se presentaban en una pantalla ataques de karate grabados previamente y se le solicitaba al sujeto que respondiera como si fueran ataques reales. En este caso es muy difícil conocer el tiempo de reacción ya que sería muy complejo estipular en qué momento preciso se inicia el estímulo. El objetivo de esta investigación no fue el tiempo de reacción sino las estrategias de búsqueda visual. Otro trabajo sobre estrategias de búsqueda visual es el de Ripoll, Kerlirzin, Stein y Reine (1995) quienes trataron de analizar el procesamiento de la información, la toma de decisiones y la búsqueda visual de practicantes de boxeo francés de varios niveles. Aunque en él, el tiempo de reacción es sólo una variable más y no el centro de la investigación, observaron que los expertos poseen diferentes estrategias visuales respecto a los principiantes e intermedios, ya que varía el lugar en el que fijan su mirada, el número, la frecuencia y la duración de esas fijaciones y la trayectoria seguida al cambiar de una a otra fijación, donde los expertos no iniciaban la respuesta más rápida que los principiantes, sino que utilizaban mejor ese tiempo, hasta la reacción, para utilizar más información y no cometer errores. Oehsen (1987) estudió el tiempo de reacción de karatekas de mayor y menor habilidad, midiendo su tiempo reacción a imágenes de otros karatekas proyectadas en altura y tiempo real concluyendo que, los karatekas expertos dejan pasar mayor tiempo antes de ejecutar la respuesta, debido a que tratan de buscar la mejor alternativa posible.

Según Layton (1993), citando su propio estudio (Layton, 1991), el tiempo de reacción para golpear un punch como respuesta a un estímulo sonoro fue más rápido para practicantes de karate de nivel avanzado (cinturones negros) que para aquellos de menor grado, aunque el tiempo de reacción de los atletas avanzados no difería en proporción a su grado. Tang (2001) estudiando el

tiempo de reacción en 17 atletas divididos en dos grupos de diferente nivel en 5 técnicas circulares diferentes, no halló diferencias significativas, aunque, generalmente, los atletas de mayor nivel mostraron mejores resultados que los de un nivel de habilidad menor.

O'Donovan et al. (2006), no halló diferencias en el tiempo de reacción, ni en el tiempo de movimiento, con una muestra de 13 sujetos (9 varones y 4 mujeres) en el test de tiempo de reacción simple (cuya respuesta consistía en apretar una llave entre dos grupos de diferente nivel, entre la mano dominante y la no dominante. El tiempo de reacción no arrojó diferencias entre los practicantes de artes marciales ($M= 0.21$; $DT= 0.01s$) y el grupo control ($M= 0.22$; $DT= 0.01s$). Sin embargo, el tiempo de movimiento fue significativamente mejor en los practicantes de artes marciales ($M= 0.13$; $DT= 0.01s$), frente al grupo control ($M= 0.17$; $DT= 0.01s$).

Por su parte, Vieten et al. (2007), en una muestra de 99 sujetos divididos en 7 grupos, encontraron diferencias significativas, en el tiempo de reacción, entre los miembros del equipo nacional de taekwondo y los grupos que practicaban taekwondo de forma recreativa y los estudiantes de la facultad de ciencias de la actividad física de Konstanz. Fontani et al. (2006) presentan resultados similares para karate, cuyas habilidades necesarias son similares a las necesarias para el taekwondo. Nien et al. (2004), en su estudio con deportistas expertos y noveles, no hallaron diferencias significativas en el tiempo total de movimiento, pero sí encontraron diferencias significativas en el tiempo de reacción, 0.33 ($DT= 0.04$) y 0.36 ($DT= 0.01$) segundos, respectivamente, para dos grupos de diferente nivel. Según estos autores, la experiencia sí que es un factor determinante en los resultados del tiempo de reacción, pese a que también afirman que el tiempo de reacción no depende tanto de la experiencia sino de las capacidades del individuo.

Según Chen (2005) los resultados, en un estudio sobre tiempo de reacción simple y tiempo de reacción con todo el cuerpo, con una muestra de 54 sujetos,

divididos en dos grupos, fueron de 0.21 segundos y 0.33 segundos, para un grupo de atletas y de 0.23 y 0.40 segundos, para un grupo de estudiantes de ingeniería respectivamente, concluyendo que los atletas son diferentes en cuanto al tiempo de reacción y el tiempo de reacción de todo el cuerpo ($p < .01$).

En relación al género, Hermann et al. (2008), utilizando cámaras tridimensionales de infrarrojos, en un grupo de taekwondistas de alto nivel ($n=9$), concentrados para los preolímpicos de Beijing, no encontraron diferencias significativas entre hombres ($M= 0.33$ $DT= 0.04$) y mujeres ($M= 0.35$; $DT= 0.05$) en cuanto al tiempo de reacción. Sin embargo, el tiempo de reacción fue medido desde el inicio de la señal hasta que los sujetos movían el tobillo de la pierna de golpeo y no hasta que levantaban el pie del suelo. Tsai et al. (2004), en la ejecución de un Nerio Chagui, tampoco encontraron diferencias significativas, donde la media del tiempo de reacción fue de 0.52 ($DT= 0.05$) y 0.49 ($DT= 0.05$) segundos para varones ($n= 16$) y mujeres ($n= 7$), respectivamente, sin encontrar diferencias significativas entre ellos.

Brown, Kenwell, Maraj y Collins (2008), para quienes el tiempo de reacción (RT) es un factor crítico en muchas competiciones deportivas, minimizar el tiempo de reacción puede ser la clave del éxito, como por ejemplo en las carreras de velocidad (donde unas milésimas de segundo pueden separar al primero del segundo), hallaron diferencias significativas en el análisis del tiempo de reacción de los Juegos Olímpicos del 2004, revelando el efecto del género ($F(1.359) = 95.81$), ($p < 0.01$) mostrando que el total de los velocistas masculinos tuvieron un tiempo de reacción significativamente menor ($M= 0.16$; $DT= 0.02$ s) que las velocistas femeninas ($M= 0.19$; $DT= 0.03$ s).

Quien también ha estudiado el tiempo de reacción en función del género, en taekwondo han sido Vieten et al. (2007). Estos autores querían hallar si existen diferencias significativas entre deportistas de alto nivel y estudiantes, practicantes de taekwondo, en cuanto al tiempo de reacción simple, de las diferentes articulaciones implicadas en la ejecución de un bandal chagui (hombro, cadera, rodilla), hallando tiempos de reacción de 0.31 ($DT= 0.05$)

segundos en un grupo de varones ($n= 59$) y de 0.35 ($DT= 0.03$) en mujeres ($n= 42$).

Los resultados del estudio de Tsai et al. (2005), en la ejecución de un Nerio Chagui, arrojan que el promedio de tiempo de reacción y tiempo de movimiento fue de 0.42 ($DT= 0.05$) segundos y 0.33 ($DT= 0.03$) segundos, en una muestra de 8 taekwondistas, lo que suponía, aproximadamente, el 44% y 56% de tiempo del ataque. Basándonos en un estudio anterior (Tsai, 1999), el tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo de ataque de un Nerio Chagui con la pierna trasera fue de 0.53, 0.35 y 0.88 segundos, respectivamente. La razón para golpear con la pierna atrasada fue para apoyar el cuerpo durante el golpeo con la pierna de delante, lo cual y según estos autores, resultó ser beneficioso para reducir el tiempo de duración de cada fase. Lee et al. (2005) en su análisis cinemático sobre el Ap Chagui (patada frontal) también diferenciaron ($n= 5$) entre el tiempo de reacción ($M= 0.44$; $DT= 0.02$ segundos) y el tiempo de movimiento ($M= 0.61$; $DT= 0.02$ segundos). Así como Tsai et al. (2007), con una muestra de 8 taekwondistas, en la realización del Mondolio Naco Chagui (técnica de giro con golpeo en la cabeza), quienes distinguieron en cuanto al tiempo de ataque ($M= 0.27$; $DT= 0.03$ segundos), tiempo de movimiento ($M= 0.08$; $DT= 0.02$ segundos) y tiempo de reacción ($M= 0.19$; $DT= 0.03$ segundos).

Nougier et al. (1990), en su segundo experimento, mediante diferentes tareas, para estudiar la atención y otras variables relacionadas con el tiempo de reacción, compararon a un grupo de esgrimistas expertos con otro de nivel regional, comprobando que los expertos eran mejores en tiempo de respuesta. Esta diferencia se debía fundamentalmente al tiempo motor y no al tiempo de reacción que, pese a ser menor en los expertos, no mostraba diferencias significativas. Los autores interpretaron que estos resultados eran debidos a que los expertos tienen una mejor automatización del movimiento, ya que, además, los no expertos presentaban una alta variabilidad en sus tiempos de respuesta. Estos resultados no fueron replicados por Williams y Walmsley (2000) que estudiaron la respuesta a una luz con tocado con fondo; acción de ataque muy

común en esgrima, encontrando un mejor tiempo de respuesta en esgrimistas de alto nivel que en principiantes. El tiempo motor era mejor en los principiantes que en los esgrimistas de alto nivel, pese a que los segundos tenían una mejor coordinación intermuscular, como pudieron comprobar con la electromiografía de seis músculos. Ese tiempo motor más largo en los expertos, era suplido por un inicio más rápido de la respuesta, es decir, por un mejor tiempo de reacción. Estos autores no utilizaron el mismo aparato que Nougier et al. (1990) ya que el aparato de Williams y Walmsley (2000) tenía un solo objetivo que tocar en lugar de seis. Sin embargo, la tarea era similar, por lo que los resultados contradictorios son difíciles de explicar. Quizá sea debido a que las muestras fueron demasiado pequeñas.

O'Donovan et al., (2006) informan que la muestra de los participantes físicamente en buen salud tienen tiempos de reacción simple mejores que sus homólogos de menor nivel de condición física y, los deportistas, tienen habilidades perceptivo motrices específicas del deporte superiores, comparadas con los novicios (Kioumourtzoglou et al., 1998; Mori et al., 2002). O'Donovan et al. (2006), quienes dividieron el tiempo de total de reacción total en tiempo de reacción (RT) y tiempo de movimiento (MT), concluyeron que, los datos obtenidos en el tiempo de movimiento explicarían un tiempo de reacción más rápido para los practicantes de artes marciales. Por consiguiente, esa diferencia obtenida en el tiempo de reacción total era solamente debida a que los artistas marciales podían mover su miembro más rápido que los del grupo control y no debido a cualquier superioridad en tiempo de reacción simple o selecta o el tiempo pre-motor.

Sin embargo, para Zar, Gilani, Ebrahim, y Gorbani, (2008), el tiempo de reacción, la velocidad y la agilidad tienen una gran influencia en el éxito deportivo de los atletas de Taekwondo siendo, el tiempo de reacción, algo más relacionado con factores hereditarios que con el ejercicio, pues en opinión de Guilford (1958), el ejercicio puede mejorar el tiempo de movimiento pero no puede mejorar el tiempo de reacción. Sin embargo, según Cho (1988), el

ejercicio puede contribuir a la mejora del tiempo de reacción, mientras Heler (1998) halló una conexión entre el tiempo de reacción y el rendimiento deportivo de cada competidor. De forma similar, Bompa (1999) informó que las altas velocidades incrementaron la puntuación de los competidores de taekwondo.

Hermann et al., (2008), hallaron una mayor variación en el tiempo de reacción durante el movimiento del pie que en la ejecución del movimiento completo en si mismo. No obstante, Tsai et al. (2004) llegaron a la conclusión de que el Bandal Chagui junto con el Nerio Chagui son las técnicas con un mejor tiempo de reacción.

PARTE EMPÍRICA

CAPÍTULO V

DISEÑO Y ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

- 1. PLANTEAMIENTO**
- 2. OBJETIVOS**
- 3. HIPÓTESIS**
- 4. SELECCIÓN DE LOS SUJETOS: MUESTRA**
- 5. VARIABLES DEL ESTUDIO**
- 6. PROCEDIMIENTO: PROTOCOLO DE ACTUACIÓN**
- 7. MATERIAL E INSTRUMENTAL**
- 8. FIABILIDAD DEL INSTRUMENTAL**
- 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

CAPÍTULO V. DISEÑO Y ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describe el planteamiento práctico establecido para el desarrollo de la presente investigación. Realizaremos una descripción pormenorizada de todos aquellos aspectos cuya aportación es de suma importancia para la definición y comprensión de nuestro estudio.

En el primer punto nos centraremos en la introducción del problema y la consecución de unos objetivos para posteriormente plasmar las hipótesis a partir de las que afrontaremos el estudio. A continuación, describiremos la muestra que ha participado en la investigación. En tercer lugar, definiremos las variables implicadas en el mismo. Seguidamente, se realizará una descripción del material utilizado. En último lugar, expondremos los análisis estadísticos efectuados para la verificación de las hipótesis planteadas en el trabajo.

1. PLANTEAMIENTO

El Bandal Chagui es la técnica más frecuentemente utilizada en un combate de Taekwondo (Lee, 1983; Boey y Xie, 2002; Roh y Watkinson, 2002; Nien et al., 2004; Lee et al., 2005; Lee y Huang, 2006). De entre todas las formas posibles de realizarla, la patada circular utilizada con la pierna de atrás, en ataque directo, fue la técnica más utilizada en un campeonato nacional. Concretamente, el 79% de las acciones de aquellos competidores que ganaron algún combate o el campeonato (Salvatore, Tessitore, Ammendolia, Cortis, Lupo y Capranica, 2007). A pesar de que existen estudios publicados sobre diferentes parámetros mecánicos en las artes marciales en general, y en taekwondo en particular, (Balius et al., 1993; Conkel et al., 1988; Chiu et al., 2007; Lee y Huang, 2006; Li et al., 2005; Nien et al., 2004; Pearson, 1997; O'Sullivan et al., 2008; Serina y Lieu, 1991), hasta la fecha no se ha empleado un sistema que permita obtener dichos parámetros de forma conjunta. Por otra parte, los estudios encontrados, presentan divergencias en las unidades de medida en las que se ofrecen los datos y los instrumentos utilizados para la medición, lo que dificulta la comparación y estandarización de los resultados. Así, encontramos datos presentados en unidades N (Wilk et al., 1983; Serina y Lieu, 1991; Balius et al., 1993; Pearson, 1997; Dworak et al., 2005; O'Sullivan et al., 2008), en unidades de Kg fuerza (Li et al., 2005; Chiu et al., 2007), en unidades g (Nien et al., 2004; Lee y Huang, 2006) o en unidades Nm (Conkel et al., 1988). Como instrumental de medida se han utilizado cámaras de video (Balius et al. 1993; Pearson, 1997; Boey y Xie, 2002; Kim, 1996; Landeo y McIntosch, 2007; Lee y Huang, 2006; Lee et al., 2005; Olivé, 2005; Su et al., 2007; Tsai et al., 2007), otros utilizaron video 3D (Lee y Huang, 2006), plataforma de fuerza (Pearson, 1997; Nien et al., 2004; Tsai et al., 2005), plataforma de contacto (Falco et al., 2009), acelerómetros (Nien et al., 2004; Lee y Huang, 2006) y técnicas electromiográficas (Hong et al., 2000).

El sistema utilizado en nuestro estudio, facilita el registro de la fuerza de impacto, el tiempo de movimiento, el tiempo de impacto, el tiempo de reacción, el tiempo total de respuesta, el impulso, la distancia y la velocidad, capturando respuestas naturales simples. De este modo, se consigue mayor cantidad de información sobre la ejecución, pudiéndose discriminar cómo se efectúan los movimientos de una forma más apropiada, en el menor tiempo posible, y por ende, buscar y procesar la información relevante para una ejecución excelente.

En taekwondo, hay diferentes estudios que arrojan luz sobre este problema. De hecho, Nien et al. (2004) estudiaron la fuerza de impacto, el tiempo de movimiento y el tiempo de reacción. Tsai et al. (2004) también estudiaron el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento. Serina y Lieu (1991), Pearson (1997), Pieter y Pieter (1995) o Li et al. (2005) estudiaron la fuerza de impacto. No obstante, estos autores no comparan sujetos de diferente nivel de pericia. Sin embargo, con la inminente incorporación de los petos electrónicos, es fundamental conocer las fuerzas de impacto que son capaces de generar los deportistas, en función del nivel, género y categoría de competición; y como ésta, se relaciona con el tiempo de ejecución y el tiempo de reacción, en función de la distancia desde la cual se realiza la técnica. Hasta la fecha, pocos estudios se han realizado sobre tiempos de reacción en gestos específicos del deporte. En taekwondo, Lee et al. (2005), Tsai et al. (2005) Tsai et al. (2007) Vieten et al. (2007), Su et al. (2008), Hermann et al. (2008), o Nien et al. (2004) han estudiado el tiempo de reacción con un estímulo genérico y una respuesta, algunos de ellos sin comparar sujetos de diferente nivel o género de forma que puedan establecerse diferencias entre ellos. En los estudios en los que se comparó a sujetos de diferente nivel de pericia, los resultados son ambiguos. Iranyi (1974) afirma que el tiempo que se necesita para hacer un ataque es inferior al tiempo para pararlo. Choi (1977) observó que el tiempo de ejecución es menor que el tiempo de reacción. Oehsen (1987), por su parte, midió la reacción a ataques proyectados en una pantalla. Sus conclusiones, también van

en la línea de la dificultad de reaccionar por parte de aquel que recibe el ataque. En este sentido, en la literatura todavía no está claramente demostrada la ventaja que los expertos tienen en las tareas de tiempo de reacción y si éste posee algún tipo de influencia en el tiempo de movimiento.

Por todo lo expuesto anteriormente, la investigación planteada en esta Tesis Doctoral, fue analizar el comportamiento motor de taekwondistas de dos niveles de pericia, relacionándolo con la fuerza de impacto, el tiempo de reacción y su patrón motor, mediante el establecimiento de cinco objetivos:

2. OBJETIVOS.

1. Analizar la fuerza de impacto en taekwondistas de diferente nivel de pericia, en la acción ofensiva bandal Chagui por ser la técnica más utilizada en una competición de taekwondo (Lee, 1983; Boey y Xie, 2002; Roh y Watkinson, 2002; Nien et al., 2004; Lee et al., 2005; Lee y Huang, 2006).

1.1. La fuerza del golpeo depende del peso del atleta. Una correlación estadísticamente significativa entre esos dos parámetros testifica la capacidad de la masa corporal para aumentar la fuerza del golpeo (Park y Gerrard, 1999; Pedzich et al., 2006).

1.2. Explorar la fuerza de impacto de la patada circular o Bandal Chagui para la pierna dominante y para la pierna no dominante (Tang et al., 2007; Hermann et al., 2008).

1.3. Comprobar si los taekwondistas medallistas tienen fuerzas de impacto mayores que los taekwondistas no medallistas (Nien et al., 2004).

1.4 Comprobar si los varones y las mujeres difieren en la fuerza de impacto

2. Analizar si el tiempo de reacción simple puede ser esencial para la excelencia en taekwondo, en una prueba de tiempo de reacción ante un estímulo general y una respuesta específica.

2.1. Explorar si un tiempo de reacción corto es indispensable para el alto rendimiento deportivo (Vieten et al, 2007) ya que, para la competición, los atletas que más rápido puedan reaccionar, más tiempo tendrán para ejecutar su estrategia, siendo el tiempo de reacción un factor necesario para el atleta de Taekwondo (Chang, 1997).

2.2. Saber si un deportista de alto nivel, en nuestro caso un taekwondista, destaca en su deporte por un tiempo de reacción específico más bajo o si, por el contrario, es más importante el aprendizaje de una ejecución técnica apropiada (Tsai et al., 2004).

2.3. Estudiar el tiempo de reacción de la patada circular o Bandal Chagui para la pierna dominante y para la pierna no dominante (O'Donovan et al., 2008).

2.4. Comprobar si los varones y las mujeres difieren en el tiempo de reacción (Su et al., 2008).

3. Comprobar si los taekwondistas de mayor nivel deportivo tienen un mejor tiempo de movimiento que los no medallistas en una tarea específica del deporte de tiempo de reacción simple (Boey y Xie, 2002).

3.1 Observar si el tiempo de movimiento es menor que el tiempo de reacción (Choi, 1977).

3.2. Explorar el tiempo de movimiento de la patada circular o Bandal Chagui para la pierna dominante y para la pierna no dominante (Tang et al., 2007; Hermann et al., 2008).

3.3. Parece ser que el logro exitoso depende del tiempo de movimiento de la técnica. Tras la velocidad, el tiempo de reacción y la respuesta a las acciones del oponente podrían ser otro de los elementos clave para la victoria (Vieten et al., 2007).

3.4. Comprobar si varones y mujeres difieren en el tiempo de movimiento.

4. Analizar la el tiempo total de respuesta en la ejecución técnica (tiempo de reacción y tiempo de movimiento)

4.1. Valorar la importancia de los diferentes parámetros mecánicos en el resultado final de un cierto movimiento, para lo cual, es necesario estudiar el tiempo de movimiento completo (Sorensen et al., 1996).

4.2. Contrastar las similitudes y diferencias, de los parámetros mecánicos de la acción ofensiva “Bandal Chagui”, en cada uno de los grupos de estudio.

4.3. Observar el papel que juega el tiempo de reacción en el tiempo total de respuesta para los deportes de combate (Ying-Tai, 2003; Nien et al, 2004).

4.4. Comprobar si los varones y las mujeres difieren en el tiempo total de respuesta.

5. Estudiar la fuerza de impacto, el tiempo de reacción, el tiempo de movimiento y el tiempo total de respuesta en función de la distancia de golpeo.

5.1. Observar si los varones y mujeres, con un tiempo de reacción más rápido tienen un mejor control sobre la distancia de ataque y el tiempo (Chou, 1996).

5.2. Adoptar conceptos y herramientas sobre los efectos de la distancia de golpeo en la ejecución técnica y valores escalares de esas distancias para posibles situaciones de combate (Hristovski, 2006).

5.3. Hacer constar que la experiencia y entrenamiento de los practicantes de artes marciales con conocimientos específicos desde la base, resultan en una superior habilidad de ejecución (Williams y Elliott, 1999).

5.4. Constatar, tal y como sugiere la literatura en artes marciales en general, si uno de los factores más importantes que regulan el golpeo es la percepción escalar de la distancia del oponente (Walker, 2003).

3. HIPÓTESIS

1. Aquellos taekwondistas que consiguen mejores resultados deportivos tienen mejores resultados en tiempo de reacción.
 - 1.1. El tiempo de reacción es menor en taekwondistas de mayor nivel que en taekwondistas de menor nivel.
 - 1.2. El tiempo de reacción no difiere entre taekwondistas varones y mujeres.
 - 1.3. Minimizar el tiempo de reacción es un factor necesario para el atleta de taekwondo.
 2. Aquellos taekwondistas que consiguen mejores resultados deportivos tienen mejores resultados en tiempo de movimiento.
 - 2.1. El tiempo de movimiento es menor en taekwondistas de mayor nivel que en taekwondistas de menor nivel.
 - 2.2. El tiempo de movimiento es menor en taekwondistas varones que en taekwondistas mujeres.
 - 2.3. Minimizar el tiempo de movimiento es un elemento clave para la victoria.
 3. Aquellos taekwondistas que consiguen mejores resultados deportivos tienen mejores resultados en tiempo de total de respuesta.
 - 3.1. El tiempo total de respuesta es menor en taekwondistas de mayor nivel que en taekwondistas de menor nivel.
 - 3.2. El tiempo total de respuesta es menor en taekwondistas varones que en taekwondistas mujeres.
 4. Aquellos taekwondistas que consiguen mejores resultados deportivos tienen mejores resultados en fuerza de impacto.
-

-
- 4.1. La fuerza de impacto es mayor entre taekwondistas de mayor nivel y de nivel promesas.
 - 4.2. La fuerza de impacto es mayor en taekwondistas varones que en taekwondistas mujeres.
 - 4.3. La fuerza de impacto esta fuertemente asociada al peso del atleta.
 5. En cuanto a la patada circular o Bandal Chagui realizada con la pierna dominante y la no dominante, en los sujetos medallistas,
 - 5.1. La fuerza de impacto no difiere entre la pierna dominante y la no dominante.
 - 5.2. El tiempo de reacción no difiere entre la pierna dominante y la no dominante.
 - 5.3. El tiempo de movimiento no difiere entre la pierna dominante y la no dominante.
 - 5.4. El tiempo total de repuesta no difiere entre la pierna dominante y la no dominante.
 6. Respecto a las variables tiempo de movimiento y tiempo de reacción.
 - 6.1. El tiempo de movimiento es mayor que el tiempo de reacción.
 - 6.2. El tiempo de reacción y el tiempo de movimiento son procesos independientes.
-

4. SELECCIÓN DE LOS SUJETOS: MUESTRA

En la investigación participaron un total de 51 atletas de taekwondo (37 hombres y 14 mujeres) con una media de edad de 24,49 años ($DT= 5,94$), divididos en dos grupos de diferente nivel. Veintinueve no-medallistas (23 hombres y 6 mujeres) con una edad media de 25,14 años ($DT= 6,87$) y veintidós medallistas (14 hombres y 8 mujeres) con una media de edad de 23,64 ($DT= 4,43$). Todos excepto nueve (6 noveles y 3 expertos) eran diestros (Tabla 3).

Tabla 3.- Distribución de la muestra.

		Género		Total
		Varón	Mujer	
Nivel	Medallistas	14	8	22
	No-medallistas	23	6	29
Total		37	14	51

Ambos grupos tenían acumulados un mínimo de 4 años de práctica en el taekwondo. El grupo no-medallistas no había conseguido ninguna medalla a nivel nacional o internacional, mientras el grupo de medallistas poseía experiencia competitiva, habiendo conseguido una medalla a nivel nacional o internacional. Ninguno presentaba deficiencias en su visión y ni problemas con el estímulo usado. Se explicó el propósito y procedimientos del estudio a los participantes y se obtuvo su consentimiento firmado. Así mismo, se tomaron sus datos personales y trayectoria deportiva. (Anexo 1).

Las características de los 51 deportistas de la muestra son las siguientes:

4.1. PORCENTAJE Y FRECUENCIA DEL NIVEL DE LA MUESTRA

Como se puede observar en la tabla 4 y el gráfico 1, el 43.2% (22 sujetos) de la muestra son medallistas y el 56.8% (29 sujetos) son no-medallistas.

Tabla 4. Nivel de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Medallistas	22	43,2	43,2
No-medallistas	29	56,8	100,0
Total	51	100,0	

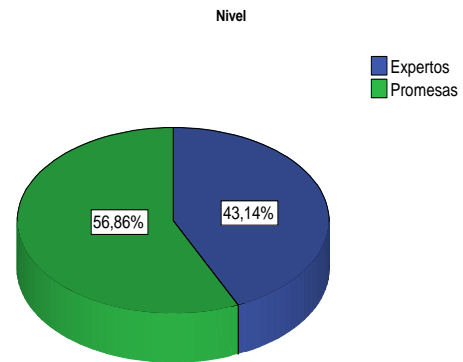


Gráfico 1. Porcentaje del nivel de la muestra

4.2. PORCENTAJE Y FRECUENCIA DEL GÉNERO DE LA MUESTRA

La tabla 5 refleja el género de la muestra donde el 72.5% son hombres y el 27.5% son mujeres. Esto es, 37 sujetos del género varón y 14 del género mujer de un total de 51 sujetos. El gráfica 2 muestra este porcentaje.

Tabla 5. Género de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Varón	37	72,5	72,5
Mujer	14	27,5	100,0
Total	51	100,0	

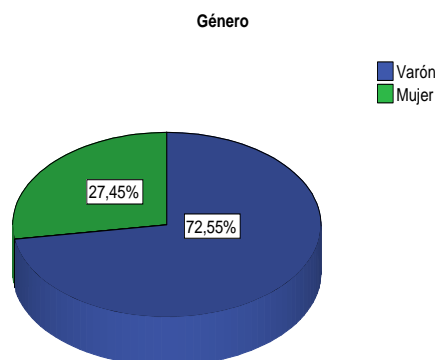


Gráfico 2. Porcentaje del género de la muestra

4.3. PORCENTAJE Y FRECUENCIA DE LA PIERNA DOMINANTE DE LA MUESTRA

La tabla 6 muestra la frecuencia y porcentaje de sujetos diestros (82.4%) y zurdos (17.6%) donde 42 sujetos tienen como pierna dominante la derecha y 9 poseen como pierna dominante la izquierda. El gráfico 3 muestra el porcentaje de la muestra.

Tabla 6. Pierna dominante de la muestra.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Derecha	42	82,4	82,4
Izquierda	9	17,6	100,0
Total	51	100,0	

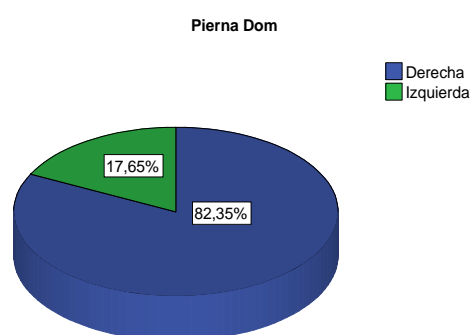


Gráfico 3. Porcentaje de sujetos diestros y zurdos

4.4. PORCENTAJE Y FRECUENCIAS DE LA CATEGORÍA DE COMPETICIÓN

En función de la categoría de competición, la muestra está distribuida en 4 categorías (pesos olímpicos), esto es: 7.8% mosca (4 sujetos), 29.4% pluma (15 sujetos), 33.3% superligero (17 sujetos), 29.4% pesado (15 sujetos) (véase tabla 7 y gráfico 4).

Tabla 7. Categoría de competición de la muestra.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Mosca	4	7,8	7,8
Pluma	15	29,4	37,3
Superligero	17	33,3	70,6
Pesado	15	29,4	100,0
Total	51	100,0	

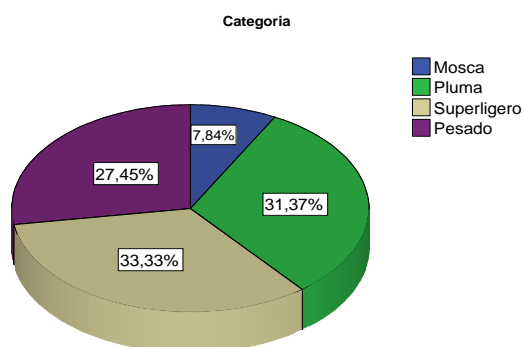


Gráfico 4. Categoría de competición de la muestra

4.5. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

La media de edad de la muestra es de 24.49 ($DT= 5.94$) años, con una media de práctica de Taekwondo de 11.10 años ($DT= 6.80$), una media de 6.54 ($DT= 3.92$) horas de entrenamiento semanales y una media de 4.84 ($DT= 4.19$) años compitiendo. La media del peso (kg) del grupo es de 70.91 ($DT= 12.95$), mientras que la media de talla (m) es de 1.73 ($DT= 0.10$). La media de la separación de piernas es de 0.66 metros ($DT= 0.12$) y la distancia a la que golpean es de 0.68 m ($DT= 0.04$), 1.03 m ($DT= 0.06$) y 1.37 m ($DT= 0.09$) para la distancia 1, 2 y 3 respectivamente. La altura de golpeo es de 1.20 m ($DT= 0.10$)

Tabla 8. Estadísticos descriptivos sobre las características de la muestra (N=51)

	Mínimo	Máximo	<i>M</i>	<i>DT</i>
Edad	13	38	24,49	5,94
Años de Práctica	4	25	11,10	6,80
Años Compitiendo	0	17	4,84	4,19
Horas de Entrenamiento	3	18	6,54	3,920
Peso (kg)	46	101	70,91	12,95
Talla (m)	1,53	1,93	1,73	,10
Distancia 1 (m)	,59	,79	,68	,04
Distancia 2 (m)	,89	1,18	1,03	,06
Distancia 3 (m)	1,19	1,57	1,37	,09
Separación de Piernas (m)	,52	1,01	,66	,12
Altura Bandal (m)	1,00	1,36	1,20	,10

De este modo, la muestra esta compuesta de 51 sujetos de los cuales, 22 pertenecen a la categoría medallistas (lo que supone un 43.2% de la muestra), mientras que el número de sujetos no-medallistas es de 29 (un 56.8% de la muestra). En función del género de los sujetos, 37 son de género varón (lo que supone un 72.5% de la muestra) mientras que el número de sujetos mujer es de 14 (lo que supone un 27.5% de la muestra). De los 51 sujetos, 42 son diestros y 9 zurdos (lo que supone un 82.4% y un 17.6% de la muestra, respectivamente). Agrupando a la muestra en función de la categoría de peso en la que participarían en una competición olímpica, 4 sujetos pertenecen a la categoría

Mosca (7.8%), 15 a la categoría Pluma (29.4%), 17 a la categoría Ligero (33.3%) y 15 (29.4%) a la categoría Pesado.

5. VARIABLES DEL ESTUDIO

Para la realización del estudio se han seleccionado variables mecánicas y antropométricas, también se ha tenido en cuenta la variable sociodemográfica género y nivel competitivo, que pasamos a detallar a continuación:

5.1. VARIABLES DEPENDIENTES

a) Fuerza máxima de golpeo (F): Intensidad máxima de la fuerza de golpeo captada por los sensores de fuerza dispuestos en la plataforma de fuerzas del sistema de adquisición de datos (Piedzich, Mastalerz y Urbanik, 2006). Para hallar la fuerza máxima hemos recorrido el vector suma buscando el valor máximo (figura 11). Este dato está en voltios, pero mediante calibración obtenemos la expresión que nos relaciona la fuerza en kilogramos y la señal en voltios. Convertiremos los kilogramos (kg) en Newtons (N) con una sencilla multiplicación.

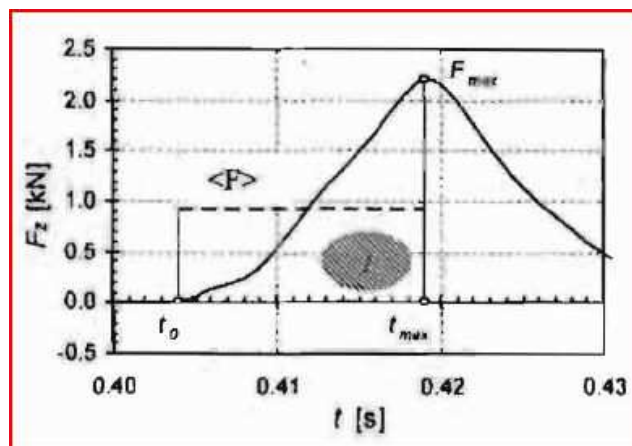


Figura 14. Fuerza máxima de golpeo

b) Tiempo de reacción (R): Tiempo transcurrido desde la aparición del estímulo visual hasta que el sujeto levanta el pie de la plataforma de contacto.

El contador de tiempo se dispara simultáneamente con la presentación del estímulo, y se detiene al dar el sujeto su respuesta, consistente, en este caso, en levantar el pie y dejar de mantener contacto con la plataforma de contacto. Se controló mediante el contador de tiempo electrónico de que dispone el aparato, siendo los tiempos registrados fielmente. Se trata de un tiempo de reacción simple, ya que el sujeto tiene que reaccionar ante la aparición de una luz roja, sin tener que discriminar entre ningún otro.

Especificaciones de la unidad de reloj: El tiempo transcurrido desde la activación del sistema de adquisición de datos hasta que aparece la señal, es un periodo de tiempo aleatorio que oscila entre 1.00 y 10.99 segundos. La configuración para la aparición de la señal se ha efectuado programando su activación en función de la hora y los segundos del reloj del PC desde el que se controla el programa. De esta forma, en ningún momento puede darse una secuencia ordenada, evitando el efecto anticipación. El tiempo de reacción máximo a medir es de 5 segundos (tiempo suficiente para que cualquier persona responda a un estímulo), en caso de que el participante no de respuesta en este tiempo, el sistema considera que no hubo respuesta e inicia con el siguiente ensayo.

c) Tiempo de movimiento (M): entendida como el lapso de tiempo que hay entre el comienzo de la respuesta motora específica y el término del movimiento específico. Esto es, desde que el pie sale de la plataforma y deja de tener contacto con la misma, hasta el instante que detectamos la fuerza máxima de impacto.

d) Tiempo total de Respuesta (T): Formado por el tiempo de reacción, más el tiempo de movimiento. Esta variable ha sido introducida con el fin de poder comparar los resultados obtenidos en nuestra investigación con los de otros estudios donde no se definen el límite final del tiempo de reacción o el límite inicial del tiempo de ejecución.

5.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

a) Género: Además de la división de la muestra en función del nivel de los sujetos, se llevó a cabo otra división en función del género, la elección de los sujetos se realizó mediante un diseño de conveniencia, no obstante, el número de participantes de género mujer es menor que el de participantes varones, debido a un menor porcentaje de práctica por parte de las mujeres (Molina-García, Castillo, Pablos y Queralt, 2007).

b) Edad. La edad media de los sujetos es de 24.49 ($DT= 5.94$) cuyos valores comprenden entre 18 y 38 años. Por lo que según Der y Deary (2006) se hallaban en condiciones similares para las pruebas de reacción.

c) Nivel: Los sujetos se dividieron en dos grupos según su nivel competitivo, donde el primer grupo (medallistas) estuvo compuesto por aquellos taekwondistas que habían conseguido medalla en competiciones oficiales nacionales y/o internacionales. El grupo no-medallistas estuvo compuesto por practicantes de taekwondo que habiendo competido o no, no han obtenido ningún resultado en competiciones oficiales.

d) Lateralidad: por la importancia que pudiera tener en los resultados de la prueba, se realizó toma de datos con ambas piernas con la finalidad de conocer si existen asimetrías en el taekwondo como deporte en la realización de una patada circular.

e) Hora del día: técnica del balanceo, puesto que en todos los grupos y subgrupos la mitad pasaron las pruebas por la mañana y la otra mitad por la tarde; los horarios fueron siempre los mismos.

f) Orden de realización: Todos los sujetos pasaron las pruebas en el mismo orden y con el mismo tiempo de descanso

g) Número de ensayos y número de bloques de ensayos: El objetivo es hacer un número de ensayos lo suficientemente amplio para obtener una medida estable y por otro, realizar un número de ensayos que no sea excesivamente grande para no producir fatiga y desmotivación en el sujeto.

h) La posición de inicio: La posición de inicio fue desde parado para todos los sujetos, la amplitud de piernas si que era elegida por cada uno de ellos, con la finalidad de que estuviesen cómodos a la hora de salir. Mientras algunos autores no han delimitado la posición de inicio, otros la han definido perfectamente (Kroll, 1973), indicándoles dónde debían fijar su mirada al inicio de la prueba (Nougier et al., 1990, experimento 1). Según Roca (1983) y Walker (1975), la posición de partida condiciona el rendimiento del deportista, sin embargo, en nuestro estudio hemos optado por dejar que cada sujeto adopte aquella posición que considere idónea y por tanto le haga sentir más cómodo para la realización de la técnica.

i) Altura a la que se colocan los sensores de presión. Liu y Wang (2002) destacan la altura del golpeo debe poder modificarse en función de las características de cada deportista. En nuestro estudio, tanto el maniquí como la plataforma de fuerzas, son regulables en altura y la posición de los sensores de presión se establece en función de la talla de cada uno de los sujetos.

j) Distancia: La distancia desde la cual se realiza la técnica de estudio está determinada por las características antropométricas del sujeto experimental (en función de la longitud de su pierna) (distancia 2) y 1/3 por encima (distancia 3) y 1/3 por debajo (distancia 1).

6. PROCEDIMIENTO: PROTOCOLO DE ACTUACIÓN

El objetivo de la presente investigación es observar el comportamiento de los parámetros mecánicos fuerza de impacto, tiempo total de respuesta, tiempo de movimiento y tiempo de reacción, en el Bandal Chagui o patada circular, a partir de tres distancias obtenidas en función de la longitud de la pierna y la altura de la apófisis xifoides de cada uno de los deportistas.

La ejecución de la técnica, cuyo objetivo es impactar con el empeine en el abdomen del adversario, se realiza reaccionando a una luz roja, con la intención de golpear al maniquí, donde se sitúan los sensores de presión, obteniendo así, un registro de las variables mecánicas. Para el cálculo del tiempo de reacción, se utilizó un contador de tiempo que se dispara simultáneamente con la presentación del estímulo, y se detiene al dar el sujeto su respuesta consistente, en este caso, en separar el pie de golpeo de la plataforma de contacto.

Esta acción se realizó sobre una superficie de competición donde se habían colocado tres marcas (sobre tres distancia diferentes) como punto de inicio de la técnica. Las 3 distancias sobre las cuales el deportista debía realizar la técnica se obtuvieron a partir de la longitud de su pierna. Como primera distancia (D2), desde la espina superior de la cresta iliaca hasta el suelo y, posteriormente, $\frac{1}{3}$ por encima (D3) y $\frac{1}{3}$ por debajo (D1) de la misma. El "target área" o punto de impacto, se colocó a una altura equitativa para todos los sujetos, es decir, a la altura de su abdomen y la distancia de pegada (ver figura 12).

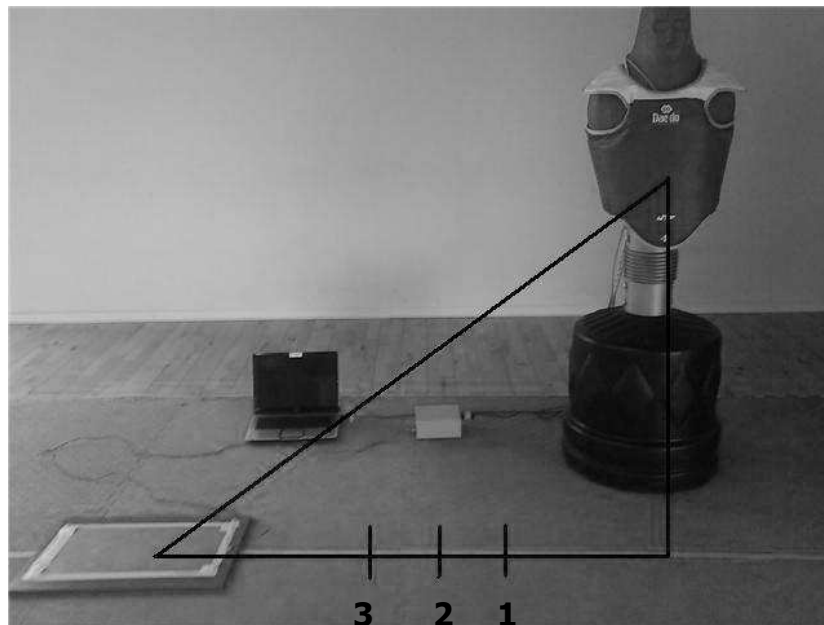


Figura 15. Configuración del experimento (distancias de golpeo 1, 2, 3)

Todos los sujetos fueron citados 45 minutos antes de la realización de la prueba para la explicación y preparación de la misma, en una sala bien acondicionada donde se les explicaba, formalmente, a cada uno de los sujetos en que consistía el experimento realizándola en el siguiente orden:

1.0. Entrevista personal y toma de datos antropométricos (hoja de datos personales, ver anexo 1).

2.0. Calentamiento (20 minutos)

Cada sujeto realizó un calentamiento de aproximadamente 20 minutos, durante los que se realizaban movimientos y ejercicios generales, estiramientos, movimientos y ejercicios específicos de taekwondo (todos ellos de forma libre), con el objetivo de adquirir las condiciones idóneas para comenzar el test mecánico, atendiendo a la importancia que Rosen y Pain (2007) destacan del calentamiento antes de la ejecución.

3.0. Intentos y ejecuciones libres (tres con cada pierna).

4.0. Boque I: parámetros cinéticos y cinemáticos de la ejecución técnica con la pierna derecha, realizadas desde las distancias 2, 3 y 1 (y por este orden) con un descanso entre repetición y repetición de 30-45''

5.0. Descanso (8 minutos)

6.0 Bloque II: parámetros cinéticos y cinemáticos de la ejecución técnica con la pierna izquierda, realizadas desde las distancias 2, 3 y 1 (y por este orden) con un descanso entre repetición y repetición de 30-45''

6.1. EXPLICACIÓN DEL DESARROLLO DE LA PRUEBA DE PARÁMETROS CINÉTICOS Y CINEMÁTICOS.

Situación general: Sujeto de pie, frente al aparato, con una marca para cada una de las distancias designadas (según la longitud de su pierna y 1/3 por encima y 1/3 por debajo) y según se explica en el procedimiento.

Habitación con luz y medidor de temperatura y humedad que mantiene el emplazamiento a una temperatura constante. El experimentador está colocado también detrás del aparato. Después de veinte minutos de calentamiento general se empieza la lectura de las instrucciones de la primera prueba.

Instrucciones: Esta prueba consistirá en que golpees, lo más rápido y fuerte que puedas, el peto del maniquí. Cuando pises la plataforma de contacto con el pie de la pierna de golpeo, se encenderá un led amarillo en la cinta colocada en la cabeza del maniquí. Una vez que indiques al operador del sistema que estas listo, el operador dará la instrucción al programa, que en el PC controla el sistema, de iniciar el proceso de una patada. El sistema enciende en la cabeza del maniquí, otro led, pero esta vez de color azul.

Cuando has visto encenderse el led de color azul has de entender que en un intervalo de tiempo de 1.00 a 10.99 segundos, tiempo que determina aleatoriamente el sistema, cambiará el color del led azul a color rojo. El cambio de color es la orden de inicio de la patada que deberás ejecutar tan rápido como te sea posible. Mediremos, tu tiempo de reacción, el tiempo que tardas en realizar la ejecución y la fuerza de impacto. Realizaremos tres ensayos de prueba para que veas cómo funciona, tras lo cual, golpearás dos veces desde cada distancia (mostrarle las distancias). ¿Estás listo? No olvides responder lo más rápido que puedas apenas veas la luz roja, pero teniendo en cuenta lo que te he dicho. Si durante los tres ensayos de prueba, te equivocarás en tu respuesta, yo te lo indicaré y volveríamos a repetir el ensayo.

Se realizarán tres ensayos de prueba y 6 registros (dos desde cada distancia). El sujeto golpeará con ambas piernas (derecha e izquierda) con la patada circular o bandal chagui. En total, serán dos bloques con 6 ensayos cada bloque. Entre ensayo y ensayo, el sujeto tendrá 30 segundos de descanso y 8 minutos entre bloque y bloque. Durante la ejecución de la prueba, no se les dará ningún tipo de feedback a los sujetos.

7. MATERIAL E INSTRUMENTAL

El Taekwondo se caracteriza por ser un deporte de precisión y potencia en el que cabe destacar la dinámica y explosividad de las técnicas (Roosen y Pain, 2006 y 2007). De ahí, la necesidad de disponer de un sistema capaz de evaluar la precisión y potencia de los deportistas, para la estimación y valoración del rendimiento deportivo. En nuestro estudio, para la consecución de los objetivos, se han utilizado dos instrumentos claramente diferenciados: El hardware para la adquisición de los datos y el software para el procesamiento y conversión de los mismos. A continuación realizaremos una descripción detallada de cada uno de ellos:

El sistema de captación de datos, de nueva creación, está basado en sensores de fuerza dispuestos entre dos plataformas de aluminio, colocados en un maniquí, recubiertos por un peto de competición (homologado por la WTF), conectado con una plataforma de contacto y con un sistema de leds ubicados en la cabeza del maniquí. Se trata de un conjunto de instrumentos específicamente seleccionados para la medición, con el fin de obtener los datos de una forma fiable, desarrollado teniendo en cuenta estudios previos y procedimientos similares a los de la presente investigación (Lee, Ho y Chen, 2006; Nien et al., 2004; Pieter y Heijmans, 2003; Smith, Dyson, Hale y Janaway 2000). Según Lee,

Ho y Chen (2006) el sistema, como el propuesto en su estudio, y similar al nuestro, proporcionará feedback inmediato a entrenadores y deportistas, haciendo el entrenamiento más efectivo, permitiendo disponer de datos para la evaluación del rendimiento. Estos tres autores, destacan que, normalmente, todos los maniquís fabricados son fijos e inmóviles, no simulando la realidad en los deportes de combate. El sistema de Lee, Ho y Chen (2006) reproduce movimientos de avance y retroceso, pudiendo regularse en altura y también está equipado con sensores de fuerza. Para nuestra investigación, el sistema elegido tiene una base fija e inmóvil, ya que el protocolo marcado para la obtención de los datos no requiere desplazamiento alguno del sistema.



Imagen 3. Diagrama que representa las partes por las que está formado el sistema de adquisición de datos: 1. Plataforma de medida de fuerza; 2. Plataforma de contacto; 3. Cinta elástica con los Leds; 4. Sistema del Microcontrolador; 5. Pc.

Para estudiar la fuerza de impacto, el tiempo de reacción, el tiempo de movimiento, y el tiempo total de respuesta, se ha diseñado un sistema que consta de: plataforma de medida de fuerzas, plataforma de contacto, cinta elástica con leds, sistema de control basado en microcontrolador y PC (ver imagen 3). El diseño e implementación del sistema se ha llevado a cabo en el

departamento de Ingeniería Electrónica de la Universitat de València en colaboración con el servicio de deportes de la Universitat de València.

7.1 MANIQUÍ



Imagen 4: Maniquí con la plataforma de medida de fuerzas, y cinta elástica con los leds.

Un maniquí de boxeo, (imagen 4) ajustable según tres niveles de altura (160 cm., 173 cm., y 188 cm.), albergará la cinta de los leds y la plataforma de medida de fuerzas. El cuerpo del maniquí es un torso acolchado denso y pesado de 70 cm. altura, cuya base ha sido diseñada para ser llenada de agua o de arena para asegurar su estabilidad. La elección de dicho muñeco se basa en la importancia de la absorción del impacto, con la finalidad de disminuir el riesgo de lesión (Pedzich et al., 2006). Nuestro maniquí, realiza un movimiento balístico tras cada golpeo, disminuyendo la carga a la que se ve sometida la extremidad de golpeo tras el mismo (Smith et al., 2000; Pedzich et al., 2006), siendo idóneo para los objetivos mecánicos marcados.

7.2. PLATAFORMA DE FUERZAS.

La plataforma con los sensores de fuerza, dispuesta en el maniquí y cubierta por un peto, simula el torso de una persona. Este tipo de sensores resistivos también fueron utilizados por Lee, Ho y Chen (2006) quienes aconsejan, por encima de la utilización de acelerómetros, la instrumentación con sensores de fuerza, ya que permite la reproducción real de las patadas de Taekwondo sin limitar, en ningún caso, su ejecución, similar al utilizado en el estudio realizado por Lee et al. (2006) o Smith et al. (2000).

Para el presente estudio se han utilizado nueve sensores resistivos, dispuestos en tres grupos de tres sensores conectados en serie, y colocados en

una estructura geométrica triangular, sobre una base de aluminio, que abarca la totalidad de la superficie de impacto. La utilización de 9 sensores repartirá el impacto sobre la superficie de golpeo de una forma homogénea, a la vez que hará casi imposible la saturación del instrumental, ya que, cada grupo de tres sensores tiene un comportamiento lineal de respuesta, fuerza/tensión, hasta valores de fuerza superiores a 400 Kg (más de 3920 N).



Imagen 5. Disposición de los sensores en la plataforma de fuerza

Pruebas previas al estudio no lograron detectar patadas superiores a los 400 Kg. Además, con la utilización de un solo sensor, para la medición de la magnitud de la fuerza captada, ésta dependería de la zona de golpeo (ya que el sensor deberá captar toda la fuerza del impacto, existiendo así problemas en cuanto a precisión), y casi nunca se tendría una medida fiable, debido a que con un único apoyo, el sensor recibiría toda la fuerza del impacto, llegando a saturarlo.

La fuerza aplicada debe ser perpendicular al plano del sensor, para una mayor fiabilidad de los datos obtenidos. Para ello, la estructura de la base de aluminio, entre las que se disponen los sensores, posee tres guías lubricadas que impiden el deslizamiento de una base sobre otra, permitiendo una correcta presión sobre los sensores. Para asegurar que la fuerza ejercida sobre cada disco/sensor sea normal a su superficie, cada disco/sensor tiene ubicado, debajo de él, un disco de latón de un milímetro de espesor y del mismo diámetro que la zona sensible del disco/sensor (9 mm de diámetro) y otro disco

de teflón, por encima, de un espesor de dos milímetros. Los dos discos de aluminio encajan, uno sobre otro, mediante tres guías lubricadas, que impiden el desplazamiento lateral de un disco respecto del otro. En la periferia de los dos discos de aluminio se han ubicado diez tornillos pasadores, en ambos discos, por los que se desliza una cuerda elástica que mantiene unidos ambos discos a un nivel de presión de uno sobre el otro que determina la fuerza umbral que sufren los sensores. Tras la aplicación de una carga (presión ejercida sobre los sensores), el sistema volverá al estado inicial (Offset).

Para medir la fuerza aplicada a cada grupo de tres sensores en serie se ha diseñado un circuito electrónico que convierte la variación de la resistencia de los sensores en variación de una tensión. Por tanto se podría denominar al sistema diseñado, conversores de resistencia voltaje. El voltaje obtenido a la salida de cada uno de estos conversores es digitalizado mediante un conversor A/D y convertido en una cantidad numérica en código binario por el microcontrolador. Éste, una vez que detecta el final de la patada, transmite todos los datos capturados al Pc.

La fuerza que ha capturado cada grupo de sensores, una vez finalizada la patada, es visualizada en el Pc en unidades de Newtons.

La relación entre el voltaje recogido en la salida de cada conversor, resistencia/voltaje, con la fuerza ejercida sobre el correspondiente grupo de sensores, se ha obtenido, previamente, en el proceso de calibración del sistema.

7.3. MICROCONTROLADOR

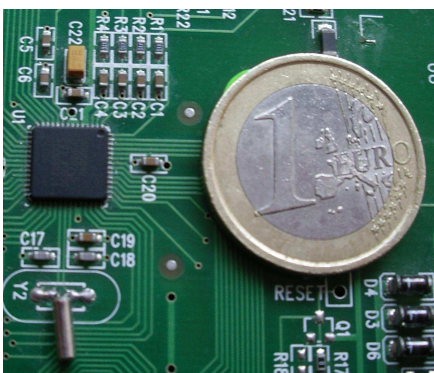


Imagen 6. Microcontrolador

El microcontrolador es el encargado de captar y enviar las señales que salen del circuito de acondicionamiento hasta el PC, teniendo tiempos de respuesta inferiores al microsegundo.

El microcontrolador (circuito integrado programable) contiene todos los componentes de un computador (CPU, memoria de datos y programa) aunque de limitadas prestaciones. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo que lo gobierna (ver imagen 6).

En su memoria reside el programa destinado a gobernar la tarea asignada. Sus líneas de entrada/salida y el conversor analógico-digital hacen, del microcontrolador, el cerebro del sistema: Se encargará de capturar, digitalizar y enviar las señales que provienen de los sensores de fuerza y que deben llegar al PC para ser procesadas, mostradas por pantalla y almacenadas. También se encargará de la contabilización del tiempo de reacción y del tiempo de movimiento.

Para poder realizar todas esas tareas, el microcontrolador dispone de un conversor A/D que se encarga de convertir una señal analógica en digital; Temporizadores para contabilizar tiempos en tareas que se ejecuten cada cierto tiempo o para llevar la cuenta del tiempo transcurrido desde que se detectó una determinada acción; Interrupciones mediante las cuales podemos saber cuando ha finalizado la conversión de un dato, un envío, un determinado tiempo o que se ha producido un evento. También dispone de un puerto serie mediante el cual, el micro puede comunicarse con el PC. A través de este canal, enviaremos todos los datos capturados por el micro al PC para que éste, pueda realizar las funciones que le corresponden. También generará, aleatoriamente, el intervalo de tiempo que mantiene el led en color azul (preparados para la patada), hasta que lo cambia al color rojo (orden de inicio de la patada).

7.4. PC

El PC se encargará de procesar, mostrar por la pantalla (ver imagen 7) y almacenar los datos captados por el microprocesador. Para ello, antes de realizar la prueba, debemos realizar un registro del sujeto, con sus datos personales (sexo, edad, altura, peso, longitud de la pierna, pierna dominante y

años de práctica) (ver anexo 1) la distancia y altura del golpeo, y miembro con el que va a realizar la prueba. El programa se ha realizado con Visual Basic 6.0.



Imagen 7. Programa adquisición de datos: pantalla del Pc

Antes de iniciar la técnica, el pie, de la pierna de golpeo, debe estar apoyado sobre la plataforma de contacto, que hace que se encienda el led amarillo ubicado en la cinta elástica de la cabeza del muñeco. La conformidad del deportista de que esta preparado para la ejecución de la técnica, y la activación por el operador del sistema de la orden al programa del Pc, de comenzar el proceso de la patada, encienden el led azul. Tras un tiempo aleatorio, ya explicado previamente, el color del led azul pasa a rojo que debe ser interpretado por el deportista como la orden para iniciar la patada. Acabada la ejecución de la técnica, el PC será el encargado de procesar los datos que le ha enviado el sistema del microcontrolador.

El microprocesador tiene una frecuencia de muestreo de los sensores de fuerza de 4000 muestras por segundo, permitiendo obtener de forma precisa y detallada la evolución de la técnica. El sistema de adquisición de datos permite almacenar, mostrar en pantalla, incluso comparar, acciones captadas, hasta un máximo de 100 patadas. Además, las muestras recibidas que no contengan información útil no serán almacenadas. Para ello, se almacenarán, aquellas muestras, anteriores al impacto, que alcancen y sobrepasen el umbral, más las 10 muestras anteriores y las 10 posteriores. Tras la visualización de las gráficas y datos (imagen 7 y 8), el programa retorna a la posición inicial, para registrar una nueva patada, introducir un nuevo usuario, o registrar uno nuevo.

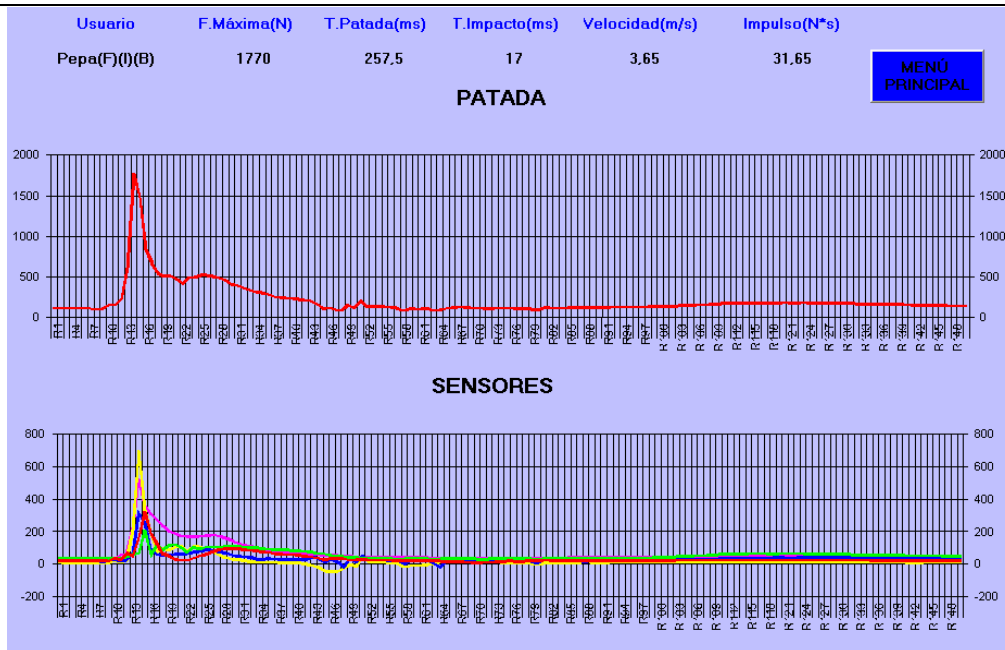


Imagen 8. Visualización de una patada en la pantalla del Pc

7.5. LED

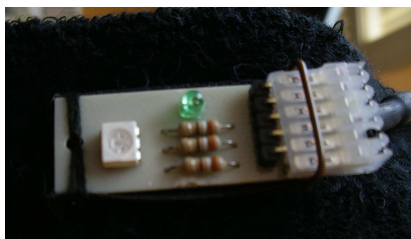


Imagen 9. Diodo Led rojo

Además de los elementos encargados de convertir la variación de resistencia en tensión, un sistema de leds (ver imagen 9), gestionados por el microcontrolador, marcará el inicio de cada repetición en la prueba.

Este sistema estará colocado en la cabeza del maniquí, basándonos en el estudio de Vieten et al. (2007) quienes informan que los taekwondistas reconocen la reacción de su oponente fijándose en la parte superior de su cuerpo, pues el movimiento de la cadera es más difícil de detectar. Tras encenderse el led de color azul, en un intervalo de tiempo comprendido entre 1.00 y 10.99 segundos, cambiará a color rojo, instante en que se pondrá en marcha el crono para la toma de el tiempo de reacción (desde que se enciende la luz roja hasta que el deportista levanta el pie de la plataforma de contacto), el tiempo de movimiento (desde que el pie abandona la plataforma de contacto hasta que alcanza el objetivo y los sensores captan el pico máximo de fuerza) y

el tiempo total de respuesta (compuesto por el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento). A pesar de que la aparición de la señal es aleatoria, toda repetición cuyo tiempo de reacción fuese inferior a 0,150 segundos fue considerada como nula debido a que, según Mori et al. (2002), no es posible reaccionar en menor tiempo a un estímulo, si no se anticipa la respuesta. Del mismo modo, todas aquellas repeticiones cuyo tiempo de reacción hayan sido superiores a 0.800 segundos no han sido tenidas en cuenta, por ser consideradas respuestas tardías (Mori et al., 2002).

Como siempre, el mayor problema que puede tener un sistema de medición de tiempo, es su precisión (Nien et al., 2004). Para la medición del tiempo de reacción en el ser humano, se debe utilizar un sistema que sea capaz de medir en centésimas de segundo (0.01 segundos), para que el error de medida no sea desproporcionado (Winter, 2005). En nuestro estudio, el sistema de adquisición de datos, informa del valor del orden de milisegundos (0,001 segundos).

7.6. SENSORES DE FUERZA

El modelo de sensor (ver imagen 10) de fuerza utilizado es el A201 FLEXIFORCE, de la compañía Tekscan, Inc.

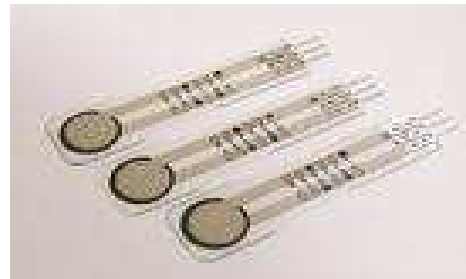


Imagen 10: Sensor A201

El sensor (A20,1 FLEXIFORCE) es una fina lámina de poliéster de forma alargada, con dos capas de sustrato sobre el que se aplica un material conductor (plata), para que pueda extenderse desde la zona sensible hasta los conectores, seguido por una capa de presión de tinta sensible. En uno de sus extremos tiene una base circular donde se ubica el área sensible a la fuerza y en el otro extremo posee 3 contactos, los 2 contactos de los extremos son la resistencia del sensor y el contacto central es un pin inactivo para mejorar el soporte del sensor (figura 10). Su longitud es de 51 mm, su ancho de 14 mm y

su área sensible de 9.5 mm de diámetro y 0.2 mm de grosor. Capaz de soportar unas 100lb (unos 45kg), en un rango de 0 a 440N.

La zona sensible del sensor, posee una estructura circular concéntrica, donde la circunferencia interna es la que contiene el líquido conductor (plata). La base sensible, debe colocarse sobre una zona de diámetro equivalente al de la zona sensible. Es decir, el apoyo debe colocarse sobre la zona sensible no siendo mayor que el círculo de plata, ya que parte de la fuerza realizada se repartiría sobre los bordes del sensor, y esa fuerza perdida, no sería interpretada por el sensor y la medida no sería correcta.

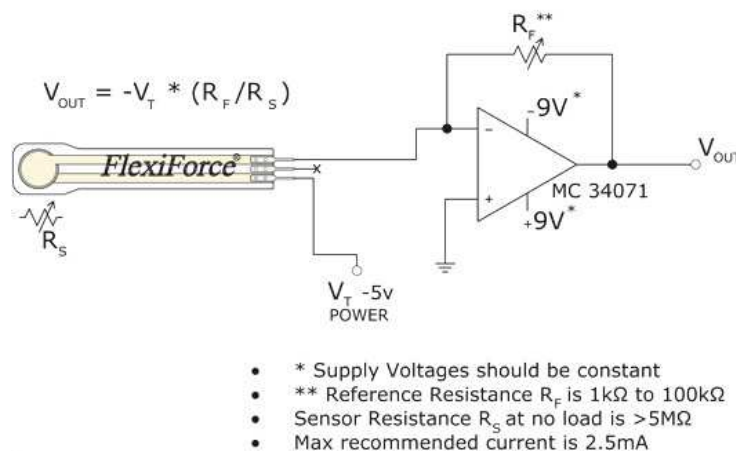


Figura 16. Ejemplo de funcionamiento del sensor

El hecho de ser un sensor resistivo facilita su adaptación a un circuito electrónico de conversión corriente/tensión (I/V). La salida de conversor corriente/tensión, se conecta el conversor analógico digital (A/D) del microcontrolador, el cual, adquiere, a alta velocidad (inferior al microsegundo) y en formato digital, los datos suministrados por el conversor (I/V). Son sensores resistivos, sensibles a la presión que proporciona una variación de tensión exacta y lineal directamente proporcional a la fuerza aplicada, donde una variación de fuerza sobre ellos produce un cambio en su resistencia, por lo tanto estamos hablando de convertidores Fuerza/Resistencia donde, interpretando el valor de esa resistencia, hallamos la fuerza ejercida por el golpeo. Antes de comenzar a utilizar el sensor, es aconsejable someter a cada uno de los sensores a una carga equivalente a un 110% del peso que pueda

soportar con objeto de ponerlo activo y disminuir el error de desplazamiento y la histéresis durante la vida activa del sensor.

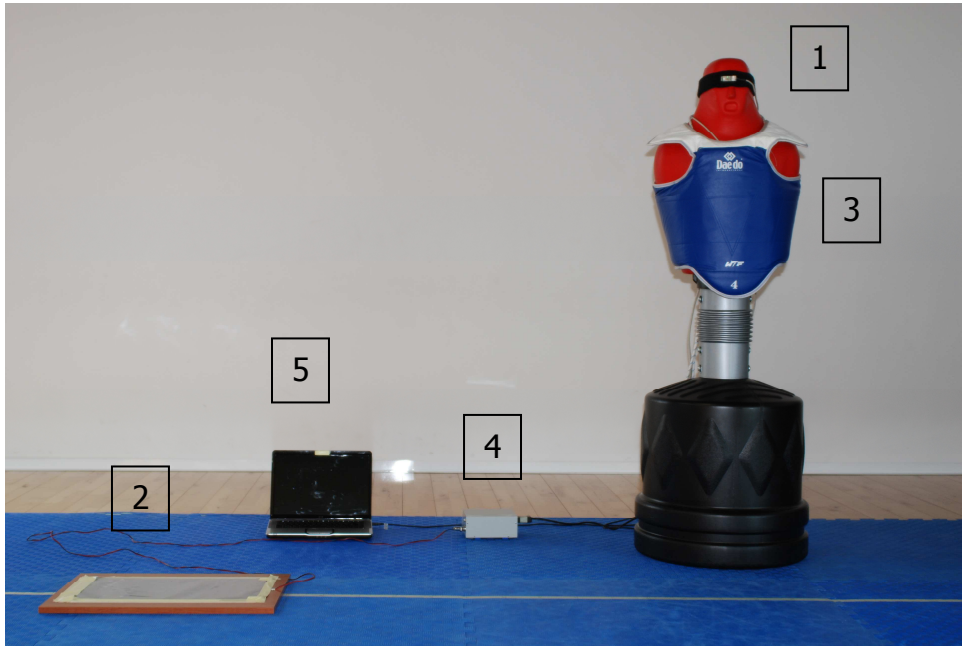


Imagen 11. Configuración del experimento. 1: sistema de led 2: plataforma de contacto; 3: plataforma de fuerzas 4: Sistema del microcontrolador y 5: Pc

Los bloques necesarios para la consecución de los objetivos, se representan en la imagen 11 y en la figura 12.

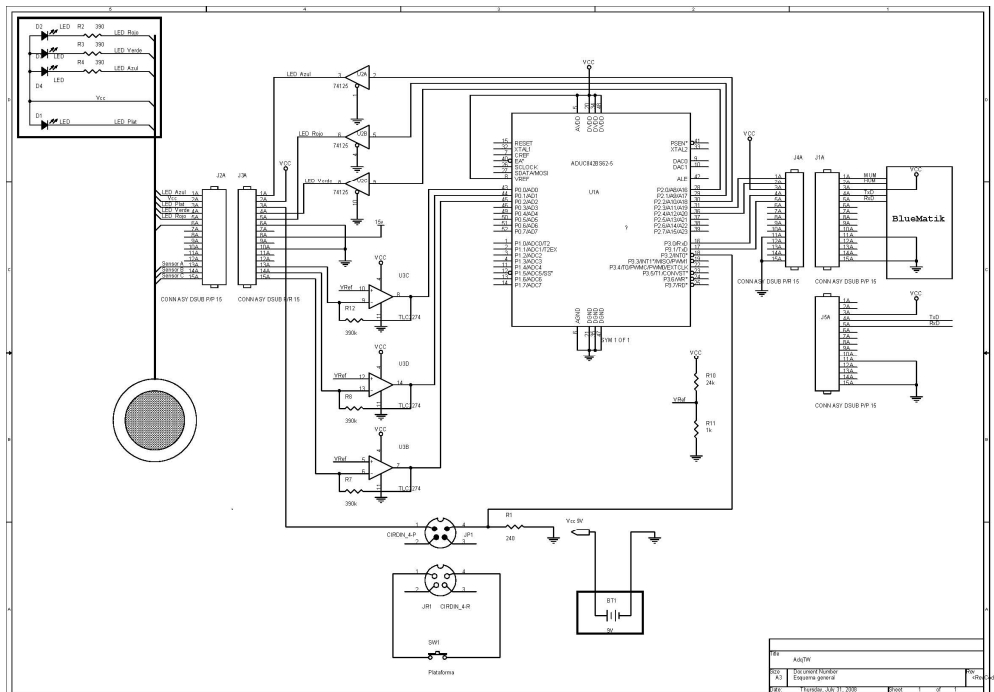


Figura 17. Sensores del sistema, amplificadores, plataforma de contacto, microcontrolador, led de luces

8. FIABILIDAD DEL INSTRUMENTAL

Para la realización de las mediciones se ha utilizado un material que debe ser calibrado para la obtención de las medidas, medir su sensibilidad, conocer de qué márgenes de error estamos hablando y testar su fiabilidad para posibilitar su reproducibilidad.

La calibración es el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación existente entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o sistema de medida y los valores correspondientes realizados mediante patrones. Es precisamente el propósito de la calibración el de proporcionar la necesaria confianza en el resultado de cualquier medición y, de esta manera, poder utilizarlo consecuentemente en la toma de decisiones. Independientemente de la razón básica de establecer un nexo confiable con la magnitud física medida, existen otros motivos que aconsejan la calibración. Pueden existir razones de tipo legal o contractual que requieran dar evidencia de la exactitud de un transductor, posiblemente tomando como referencia estándares internacionales. Otra situación a tener en cuenta es la que surge cuando un sensor es utilizado en una instalación o un entorno particular para el cual, las prestaciones del mismo no están debidamente documentadas en la carta de calibración. El establecimiento de un chequeo sistemático del comportamiento de los sensores empleados, forma parte integral del proceso de calibración, particularmente en aquellos sistemas de medición que constan de muchos instrumentos. En tales casos, los errores que se puedan cometer en el cálculo de la sensibilidad total pueden evitarse o minimizarse a través de la comprobación de la sensibilidad de la línea de medición. Siempre será aconsejable verificar periódicamente la respuesta de frecuencias del sensor, lo cual asegura que el mismo no ha sufrido daños durante su explotación. De existir, tales daños pueden manifestarse como

irregularidades en la respuesta de frecuencias que, de no conocerse, puedan arruinar el éxito de la medición realizada. Para ello, es importante calibrar, no solo los sensores de presión, sino también, la célula de carga. Los datos referentes a su calibración, se muestran en el apartado siguiente, así como en la gráfica 2 y tabla 11.

8.1. CALIBRACIÓN DE LA CÉLULA DE CARGA Y LOS SENSORES DE PRESIÓN

1. La célula de carga tiene una sensibilidad de 2mV/Voltio a 500Kg, alimentándose con una tensión estable de $V_0 = 9,9885$. y puesto que se alimenta con V_0 , debe dar 19,977 mV de señal a 500 Kg. Por tanto:

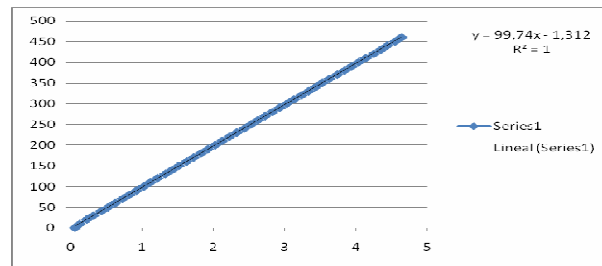
- 1 Kg = 0,039954 mV \cong 0,04 mV
- 10 Kg = 0,39954 mV \cong 0,4 mV
- 100 Kg = 3,9954 mV \cong 4.0 mV
- 200 Kg = 7,9908 mV \cong 8.0 mV
- 300 Kg = 11,9862 mV \cong 12,0 mV
- 400 Kg = 15,9816 mV \cong 16,0 mV

2. La realización de las mediciones en la célula de carga y en la salida de su amplificador para intervalos de 20 Kg, hasta 460Kg, pueden verse en la tabla 9 y gráfica 2.

\cong Kg	CÉLULA	Vs
0	0,00	0,050
10	0,36	0,116
20	0,82	0,218
40	1,62	0,423
60	2,40	0,614
80	3,20	0,816
100	4,00	1,014
120	4,80	1,209
140	5,60	1,414
160	6,40	1,615
180	7,20	1,818
190	7,60	1,916
200	8,0	2,017
220	8,80	2,217

\cong Kg	CÉLULA	Vs
240	9,60	2,424
250	10,00	2,520
260	10,40	2,617
280	11,20	2,820
300	12,00	3,024
320	12,80	3,228
340	13,60	3,426
360	14,40	3,622
380	15,20	3,83
400	16,00	4,03
420	16,80	4,24
440	17,60	4,43
460	18,40	4,63

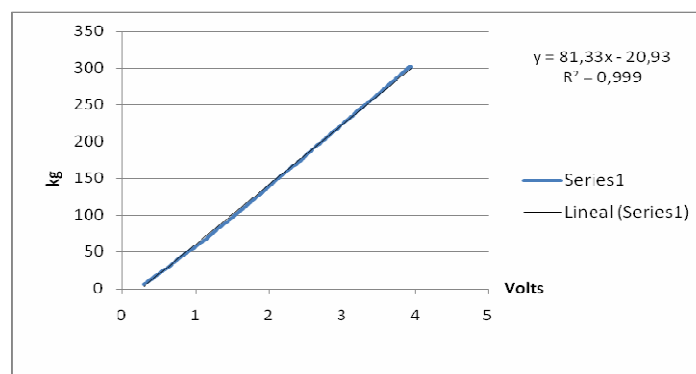
Tabla 9. Datos calibración célula de carga.



Gráfica 5. Recta de ajuste calibración célula de carga

8.2. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES DE PRESIÓN

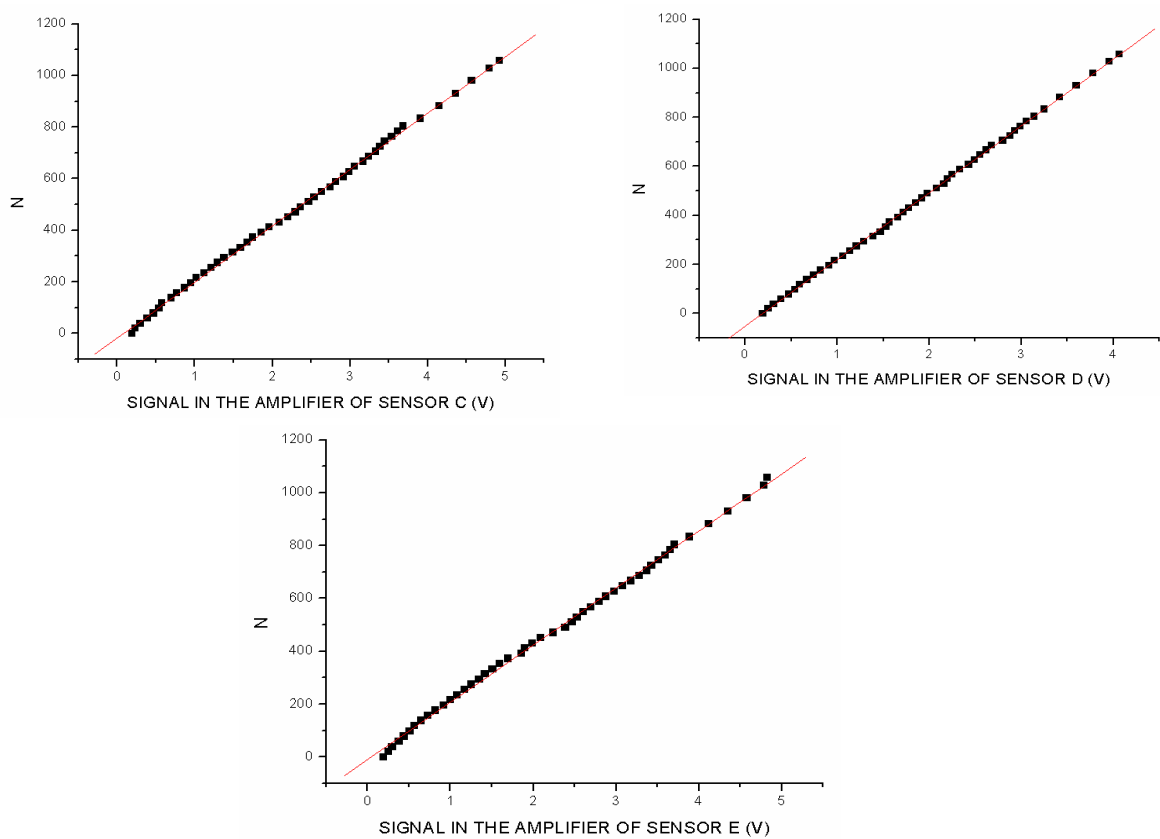
La calibración es el proceso mediante el cual, se establece con exactitud la correspondencia entre las indicaciones de un instrumento de medida y los valores de la magnitud que se mide con él, donde la relación en cuanto a la fuerza-resistencia ofrecida por cada uno de los sensores, se mantiene inversamente proporcional, con lo que a mayor fuerza ejercida sobre el sensor, menor es la resistencia que éste ofrece.



Gráfica 6. Relación fuerza-resistencia (el eje horizontal representa la resistencia en voltios, el eje vertical muestra la fuerza en kilogramos)

La calibración de los sensores de fuerza se realizó de forma individual, para examinar el comportamiento de cada sensor y de forma conjunta en los tres grupos de sensores. Las rectas de transformación de presión a voltaje pueden observarse en la tabla 10, con la señal de cada amplificador y su correspondencia en Newtons.

Tabla 10 Rectas de transformación presión a voltaje. Calibración de los sensores



La tensión obtenida en el conversor de un conjunto de tres sensores en serie cumple una ecuación del tipo $V = K_1 + K_2/R_s$, donde K_1 y K_2 son dos constantes y R_s es la resistencia serie del conjunto de los tres sensores que hay en cada vértice del triángulo equilátero dentro de la plataforma de fuerzas.

Como R_s es igual a $k_3/(k_4+F)$ donde k_3 y k_4 son constantes y F es la fuerza ejercida sobre los sensores, sustituyendo R_s en la primera expresión se obtiene una expresión

$$V = K_a + K_b F$$

La relación obtenida de fuerza aplicada al sistema de los sensores y el voltaje en sus conversores, se ajusta según, acabamos de ver a una recta ($R^2 = 0,99$) que se puede observar en la tabla 11. Y ya que el "patadómetro" da como resultado la suma de la medida de los tres grupos de sensores, el error de la suma, es la suma de los errores. Esto es:

$$S_{\text{PATADÓMETRO}} = S_{\text{C}} + S_{\text{D}} + S_{\text{E}} = 13,4 \text{ N}$$

Tabla 11. Recta de ajuste y sensibilidad de los sensores

Sensor	Recta de ajuste	R	Sensibilidad
C	$Y(N) = 218.32 X(V) - 18.94$	0,9995	4.2
D	$Y(N) = 272.22 X(V) - 51,65$	0,9998	5.1
E	$Y(N) = 216.44 X(V) - 10,40$	0,9992	4.1

Para el problema del ruido electromagnético (si la relación señal/ruido no es suficientemente grande invalidarán las medidas de señal realizadas), se ha protegido el sistema de medida mediante lo que denominamos jaulas de Faraday. Por ello, ambos discos de aluminio han sido conectados a la toma de tierra del sistema de alimentación buscando dicho efecto, realizando además en los conversores (I/V) un filtrado pasa baja que elimina en gran parte los ruidos de alta frecuencia que capta en el sistema de adquisición de señal.

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Dado que el tamaño de los grupos es diferente, se aplicó la prueba de homogeneidad de las varianzas (estadístico de Levene), confirmando los resultados obtenidos la no existencia de diferencias entre las varianzas de la totalidad de los grupos ($p > .05$). Es por ello por lo que en los análisis diferenciales se han utilizado pruebas paramétricas.

Para la realización de la investigación se estableció un diseño factorial de la muestra 2x2, en función del nivel de competición de los sujetos y el género. Realizamos análisis descriptivos, análisis diferenciales mediante la prueba t-Student para establecer diferencias en las variables mecánicas en función del nivel, el género, así como la dominancia entre los cuatro grupos estructurados. Además llevamos a cabo análisis de correlación (Pearson) para establecer las relaciones que se dan entre las variables del estudio. Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS 15.0 con licencia de la Universitat de València.

CAPÍTULO VI. RESULTADOS

Este capítulo se divide en 4 apartados en los que se exponen los resultados obtenidos en la presente investigación. En el primer apartado se muestran los descriptivos de las variables en función del nivel y género de la muestra. En el segundo apartado, se presentan los resultados de los análisis diferenciales de las variables de fuerza de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta en función del género y nivel de práctica de taekwondo. A continuación, en el tercer apartado, se abordan las relaciones existentes entre las diversas variables analizadas en este estudio (peso, fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta). Finalmente, se presentan en forma de diagrama de caja los percentiles de las variables estudiadas para la categorización de los sujetos según su puntuación.

1. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EN FUNCIÓN DEL NIVEL Y GÉNERO DE LA MUESTRA

La tabla 12 muestra los descriptivos de las variables mecánicas y tiempos re reacción para el género varón con la pierna derecha y con la pierna izquierda. Para la pierna derecha, en el grupo medallistas, la media de la fuerza máxima

de impacto desde la distancia 1 (FP1D1) es de 1648 N ($DT= 610$) con un máximo de 2854 N y un mínimo de 514 N, mientras que en el grupo no-medallistas es de 1357 N ($DT= 754$) con un máximo de 3816 y un mínimo de 397. Desde la distancia 2 (FP1D2), en el grupo de medallistas la media es de 1261 N ($DT= 560$) con un máximo de 2399 y un mínimo de 595 y para el grupo de no-medallistas la media es de 1083 N ($DT= 746$) con un máximo de 3701 y un mínimo de 370. Desde la distancia 3 (FP1D3), la media es de 1373 N ($DT= 575$) con un máximo de 2529 y un mínimo de 595 para el grupo de medallistas mientras la media para el grupo no-medallistas es de 924 N ($DT= 455$) con un máximo de 2238 y un mínimo de 343.

La media del tiempo de reacción, para la distancia 1 (RP1D1), en el grupo medallistas fue 0.47 segundos ($DT= .06$) con un tiempo máximo de reacción de 0.54 y un tiempo de reacción mínimo de 0.35. Para el grupo no-medallistas la media fue de 0.49 ($DT= 0.09$) con un máximo de 0.69 y un mínimo de 0.31. Desde la distancia 2 (RP1D2), en el grupo de medallistas, la media del tiempo de reacción es de 0.50 ($DT= 0.06$) segundos con un máximo de 0.64 y un mínimo de 0.33. Para el grupo no-medallistas la media es de 0.54 segundos ($DT= 0.13$) con un máximo de 0.77 y un mínimo de 0.24. La media del tiempo de reacción, desde la distancia 3 (RP1D3), del grupo medallistas es de 0.60 ($DT= 0.09$) con un máximo de 0.77 y un mínimo de 0.44 segundos, mientras para el grupo no-medallistas la media es de 0.61 ($DT= 0.12$) con un máximo y un mínimo de 0.78 y 0.24 segundos, respectivamente.

En el grupo de medallistas, la media del tiempo de movimiento desde la distancia 1 (MP1D1) es de 0.26 segundos ($DT= 0.08$) con un máximo de 0.47 y un mínimo de 0.21, mientras que en el grupo no-medallistas es de 0.26 segundos ($DT= 0.07$) con un máximo de 0.44 y un mínimo de 0.20. Desde la distancia 2 (MP1D2), en el grupo de medallistas la media es de 0.29 ($DT= 0.09$) con un máximo de 0.51 y un mínimo de 0.22 segundos. Para el grupo no-medallistas, la media de tiempo de ejecución, para la distancia 2 es de 0.29 segundos ($DT= 0.06$) con un máximo de 0.48 y un mínimo de 0.22. La media de

tiempo de movimiento, desde la distancia 3 (MP1D3), para el grupo de medallistas es de 0.33 segundos ($DT= 0.07$) con un máximo de 0.46 y un mínimo de 0.26, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 0.35 ($DT= 0.10$), con un máximo de 0.67 y un mínimo de 0.26 segundos.

Para el tiempo total de respuesta, desde la distancia 1 (TP1D1), la media ha sido de 0.72 segundos ($DT= 0.06$) con un máximo y un mínimo de 0.83 y 0.64 segundos, respectivamente, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 0.75 ($DT= 0.08$) con un máximo de 0.94 y un mínimo de 0.60 segundos. Para el grupo de medallistas, desde la distancia 2 (TP1D2), el tiempo total de respuesta medio es de 0.79 segundos ($DT= 0.06$) con un máximo de 0.91 y un mínimo de 0.71 segundos. Para el grupo no-medallistas la media es de 0.83 ($DT= 0.14$) con un máximo de 1.07 y un mínimo de 0.46 segundos. La media de tiempo total de movimiento desde la distancia 3 (TP1D3) para el grupo de medallistas es de 0.92 segundos ($DT= 0,08$) con un máximo y un mínimo de 1.08 y 0.82 segundos, respectivamente.

Para la pierna izquierda, la media de la fuerza máxima de impacto en el grupo de medallistas desde la distancia 1 (FP2D1) es de 1484 N ($DT= 653$) con un máximo de 2602 y un mínimo de 568, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 872 N ($DT= 346$) con un máximo y un mínimo de 1980 y 442 N, respectivamente. Desde la distancia 2 (FP2D2), la media de fuerza máxima de impacto, para el grupo para el grupo medallistas es de 1174 N ($DT= 618$) con un máximo de 2801 y un mínimo de 433, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 932 N ($DT= 415$) con un máximo de 1751 y un mínimo de 324. Para el grupo medallistas, desde la distancia 3 (FP2D3), la media de la fuerza máxima de impacto es de 1203 N ($DT= 617$) con un máximo de 2194 y un mínimo de 514. Para el grupo no-medallistas la media es de 738 N ($DT= 283$) con un máximo de 1333 y un mínimo de 315.

Siguiendo con la pierna izquierda, la media del tiempo de reacción, desde la distancia 1 (RP2D1), para el grupo de medallistas es de 0.46 segundos ($DT= 0.05$) con un máximo y mínimo de 0.55 y 0.37 segundos, respectivamente,

mientras que para el grupo no-medallistas, la media es de 0.51 ($DT= 0.09$), con un máximo y un mínimo de 0.65 y 0.28 segundos, respectivamente. Desde la distancia 2 (RP2D2), la media del tiempo de reacción es de 0.48 segundos ($DT= 0.09$) para el grupo de medallistas, con un máximo de 0.63 y un mínimo de 0.24 segundos. Para el grupo no-medallistas, la media es de 0.55 ($DT= 0.09$), con un máximo de 0.69 y un mínimo de 0.33. Para el grupo de medallistas, desde la distancia 3 (RP2D3), la media del tiempo de reacción es de 0.51 segundos ($DT= 0.12$) con un máximo de 0.64 y un mínimo de 0.25, mientras que para el grupo no-medallistas, la media es de 0.67 ($DT= 0.13$) segundos, con un máximo de 0.87 y un mínimo de 0.36.

Tabla 12. Descriptivos de las variables mecánicas para el grupo medallistas y no-medallistas varón

Variables	Medallistas Varón (N= 14)				No-medallistas Varón (N= 23)			
	Mínimo	Máximo	M	DT	Mínimo	Máximo	M	DT
FP1D1	514	2854	1648	610	397	3816	1357	754
FP1D2	586	2399	1261	560	370	3701	1083	746
FP1D3	595	2529	1373	575	343	2238	924	455
RP1D1	0.35	0.54	0.47	0.06	0.31	0.69	0.49	0.09
RP1D2	0.33	0.64	0.50	0.08	0.24	0.77	0.54	0.13
RP1D3	0.44	0.77	0.60	0.09	0.24	0.78	0.61	0.12
MP1D1	0.21	0.47	0.26	0.08	0.20	0.44	0.26	0.07
MP1D2	0.22	0.51	0.29	0.09	0.22	0.48	0.29	0.06
MP1D3	0.26	0.46	0.33	0.07	0.26	0.67	0.35	0.10
TP1D1	0.64	0.83	0.72	0.06	0.60	0.94	0.75	0.08
TP1D2	0.71	0.91	0.79	0.06	0.46	1.07	0.83	0.14
TP1D3	0.82	1.08	0.92	0.08	0.78	1.14	0.96	0.10
FP2D1	568	2602	1484	653	442	1980	872	346
FP2D2	433	2801	1174	618	324	1751	932	415
FP2D3	514	2194	1203	617	315	1333	738	283
RP2D1	0.37	0.55	0.46	0.05	0.28	0.65	0.51	0.09
RP2D2	0.24	0.63	0.48	0.09	0.33	0.69	0.55	0.09
RP2D3	0.25	0.64	0.51	0.12	0.36	0.87	0.67	0.13
MP2D1	0.21	0.55	0.25	0.09	0.21	0.49	0.27	0.06
MP2D2	0.22	0.57	0.30	0.11	0.25	0.47	0.32	0.08
MP2D3	0.27	0.69	0.37	0.13	0.25	0.95	0.38	0.16
TP2D1	0.60	0.96	0.71	0.09	0.64	0.90	0.78	0.07
TP2D2	0.61	1.08	0.78	0.11	0.48	1.11	0.86	0.12
TP2D3	0.76	1.05	0.88	0.08	0.90	1.61	1.05	0.15

Descriptivos (M= media; DT = desviación típica; mínimo y máximo) para el grupo de medallistas (N= 14) y no-medallistas (N= 23) varón, de la fuerza de impacto (F), Tiempo de reacción (R), Tiempo de movimiento (M) y Tiempo total de respuesta (T) con la pierna derecha (P1) y con la pierna izquierda (P2) desde cada una de las 3 distancias de golpeo (D1, D2, D3).

La media del tiempo de movimiento, para el grupo de medallistas, desde la distancia 1 (MP2D1), es de 0.25 segundos ($DT= 0.09$) con un máximo de 0.55 y

un mínimo de 0.21, mientras para el grupo no-medallistas, la media es de 0.27 ($DT= 0.06$) segundos, con un máximo y mínimo de 0.49 y 0.21 segundos, respectivamente. Desde la distancia 2 (MP2D2), la media del tiempo de movimiento para el grupo de medallistas es de 0.30 segundos ($DT= 0.11$) con un tiempo mínimo de movimiento de 0.22 y un tiempo máximo de 0.57 segundos, mientras que, en el grupo no-medallistas, la media del tiempo de movimiento es de 0.32 ($DT= 0.08$) segundos con un tiempo mínimo y máximo de 0.25 y 0.47 segundos, respectivamente. En el grupo de medallistas, desde la distancia 3 (MP2D3), la media del tiempo de movimiento ha sido de 0.37 ($DT= 0.13$) segundos con un máximo de 0.69 y un mínimo de 0.27 segundos, mientras que en el grupo no-medallistas, la media ha sido de 0.38 segundos ($DT= 0.16$) con un máximo de 0.95 y un mínimo de 0.25 segundos.

Por último, respecto a la media del tiempo total de respuesta fue de 0.71 ($DT= 0.09$) segundos, para el grupo de medallistas desde la distancia 1 (TP2D1), con la pierna izquierda, con un máximo de 0.96 y un mínimo de 0.60 segundos. Para el grupo no-medallistas, el tiempo total de respuesta desde la distancia 1 ha sido de 0.78 ($DT= 0.07$) segundos, con un tiempo máximo de 0.90 y un tiempo mínimo de 0.64. Desde la distancia 2 (TP2D2), la media del tiempo total de respuesta ha sido de 0.78 ($DT= 0.11$) segundos, para el grupo de medallistas, con un máximo de 1.08 y un mínimo de 0.61 segundos, mientras que para el grupo no-medallistas, la media es de 0.86 segundos ($DT= 0.12$), con un máximo y un mínimo de 1.11 y 0.48 segundos, respectivamente. Para la distancia 3, la media del tiempo total de respuesta es, para el grupo de medallistas 0.88 ($DT= 0.08$) segundos, con un máximo de 1.05 y un mínimo de 0.76, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 1.05 ($DT= 0.15$) segundos, con un máximo y un mínimo de 1.61 y 0.90 segundos, respectivamente.

La tabla 13 muestra los descriptivos de las variables mecánicas y tiempos de reacción para el género femenino con la pierna derecha y con la pierna izquierda. Para la pierna derecha, en el grupo de medallistas, la media de la fuerza máxima de impacto desde la distancia 1 (FP1D1) es de 901 N ($DT= 203$)

con un máximo de 1141 N y un mínimo de 523 N, mientras que en el grupo no-medallistas es de 780 N ($DT= 315$) con un máximo de 1336 y un mínimo de 469. Desde la distancia 2 (FP1D2), en el grupo de medallistas la media es de 707 N ($DT= 228$) con un máximo de 920 y un mínimo de 243 y para el grupo de no-medallistas la media es de 725 N ($DT= 166$) con un máximo de 1019 y un mínimo de 541. Desde la distancia 3 (FP1D3), la media es de 766 N ($DT= 249$) con un máximo de 1082 y un mínimo de 469 para el grupo de medallistas mientras la media para el grupo no-medallistas es de 563 N ($DT= 199$) con un máximo de 812 y un mínimo de 297.

La media del tiempo de reacción, para la distancia 1 (RP1D1), en el grupo medallistas fue 0.53 segundos ($DT= 0.07$) con un tiempo máximo de reacción de 0.601 y un tiempo de reacción mínimo de 0.43. Para el grupo de no-medallistas la media fue de 0.53 ($DT= 0.09$) con un máximo de 0.60 y un mínimo de 0.40. Desde la distancia 2 (RP1D2), en el grupo de medallistas, la media del tiempo de reacción es de 0.52 ($DT= ,08$) segundos con un máximo de 0.63 y un mínimo de 0.41. Para el grupo no-medallistas la media es de 0.54 segundos ($DT= 0.13$) con un máximo de 0.77 y un mínimo de 0.24. La media del tiempo de reacción, desde la distancia 3 (RP1D3), del grupo medallistas es de 0.60 ($DT= 0.17$) con un máximo de 0.82 y un mínimo de 0.24 segundos, mientras para el grupo no-medallistas la media es de 0.62 ($DT= 0.12$) con un máximo y un mínimo de 0.73 y 0.38 segundos, respectivamente.

En el grupo de medallistas, la media del tiempo de movimiento desde la distancia 1 (MP1D1) es de 0.27 segundos ($DT= 0.04$) con un máximo de 0.33 y un mínimo de 0.22, mientras que en el grupo no-medallistas, la media es de 0.29 segundos ($DT= 0.06$) con un máximo de 0.39 y un mínimo de 0.23. Desde la distancia 2 (MP1D2), en el grupo de medallistas la media es de 0.37 ($DT= 0.15$) con un máximo de 0.64 y un mínimo de 0.24 segundos. Para el grupo no-medallistas, la media de tiempo de ejecución, desde la distancia 2 es de 0.32 segundos ($DT= 0.09$) con un máximo de 0.48 y un mínimo de 0.22. La media de tiempo de movimiento, desde la distancia 3 (MP1D3), para el grupo de

medallistas es de 0.373 segundos ($DT= 0.127$) con un máximo de 0.677 y un mínimo de 0.294, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 0.372 ($DT= 0.113$), con un máximo de 0.599 y un mínimo de 0.296 segundos.

Para el tiempo total de respuesta, desde la distancia 1 (TP1D1), la media ha sido de 0.798 segundos ($DT= 0.088$) con un máximo y un mínimo de 0.903 y 0.686 segundos, respectivamente, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 0.798 ($DT= 0.076$) con un máximo de 0.942 y un mínimo de 0.697 segundos. Para el grupo de medallistas, desde la distancia 2 (TP1D2), el tiempo total de respuesta medio es de 0.895 segundos ($DT= 0.144$) con un máximo de 1.139 y un mínimo de 0.720 segundos. Para el grupo no-medallistas la media es de 0.822 ($DT= 0.100$) con un máximo de 0.904 y un mínimo de 0.634 segundos. La media de tiempo total de movimiento desde la distancia 3 (TP1D3) para el grupo de medallistas es de 0.983 segundos ($DT= 0.067$) con un máximo y un mínimo de 1.091 y 0.830 segundos, respectivamente.

Para la pierna izquierda, la media de la fuerza máxima de impacto en el grupo de medallistas desde la distancia 1 (FP2D1) es de 873 N ($DT= 404$) con un máximo de 1541 y un mínimo de 46, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 564 N ($DT= 173$) con un máximo y un mínimo de 767 y 423 N, respectivamente. Desde la distancia 2 (FP2D2), la media de fuerza máxima de impacto, para el grupo para el grupo medallistas es de 827 N ($DT= 260$) con un máximo de 1218 y un mínimo de 532, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 623 N ($DT= 178$) con un máximo de 802 y un mínimo de 315. Para el grupo medallistas, desde la distancia 3 (FP2D3), la media de la fuerza máxima de impacto es de 672 N ($DT= 247$) con un máximo de 1105 y un mínimo de 387. Para el grupo no-medallistas la media es de 526 N ($DT= 179$) con un máximo de 827 y un mínimo de 324.

Siguiendo con la pierna izquierda, la media del tiempo de reacción, desde la distancia 1 (RP2D1), para el grupo de medallistas es de 0.543 segundos ($DT= 0.072$) con un máximo y mínimo de 0.619 y 0.426 segundos, respectivamente, mientras que para el grupo no-medallistas, la media es de 0.536 ($DT= 0.081$),

con un máximo y un mínimo de 0.62 y 0.41 segundos, respectivamente. Desde la distancia 2 (RP2D2), la media del tiempo de reacción es de 0.51 segundos ($DT= 0.08$) para el grupo de medallistas, con un máximo de 0.60 y un mínimo de 0.38 segundos. Para el grupo no-medallistas, la media es de 0.56 ($DT= 0.10$), con un máximo de 0.71 y un mínimo de 0.42. Para el grupo de medallistas, desde la distancia 3 (RP2D3), la media del tiempo de reacción es de 0.58 segundos ($DT= 0.15$) con un máximo de 0.75 y un mínimo de 0.33, mientras que para el grupo no-medallistas, la media es de 0.61 ($DT= 0.08$) segundos, con un máximo de 0.70 y un mínimo de 0.49.

Tabla 13. Descriptivos de las variables mecánicas para el grupo medallistas y no-medallistas mujer

Variables	Medallistas Mujer (N=8)				No-medallistas Mujer (N= 6)			
	Mínimo	Máximo	M	DT	Mínimo	Máximo	M	DT
FP1D1	523.0	1140.5	901.1	202.6	469.0	1335.5	780.2	315.4
FP1D2	243.0	920.0	707.9	228.0	541.0	1019.5	725.9	166.0
FP1D3	469.0	1082.5	766.3	249.3	297.0	812.0	563.6	199.6
RP1D1	0.43	0.60	0.53	0.07	0.40	0.60	0.53	0.09
RP1D2	0.41	0.63	0.52	0.08	0.35	0.62	0.50	0.11
RP1D3	0.24	0.82	0.60	0.17	0.38	0.73	0.62	0.12
MP1D1	0.22	0.33	0.27	0.04	0.23	0.39	0.29	0.06
MP1D2	0.24	0.64	0.37	0.15	0.22	0.48	0.32	0.09
MP1D3	0.29	0.68	0.37	0.13	0.30	0.60	0.37	0.11
TP1D1	0.69	0.90	0.80	0.09	0.70	0.92	0.80	0.08
TP1D2	0.72	1.14	0.89	0.14	0.63	0.90	0.82	0.10
TP1D3	0.91	1.12	0.98	0.07	0.83	1.09	0.98	0.08
FP2D1	460.0	1541.5	873.3	404.7	423.5	767.0	564.6	173.5
FP2D2	532.0	1218.0	827.0	260.3	315.0	802.5	623.6	178.4
FP2D3	387.5	1105.5	672.6	247.5	342.0	857.0	526.0	179.5
RP2D1	0.43	0.62	0.54	0.07	0.41	0.62	0.54	0.08
RP2D2	0.38	0.60	0.51	0.08	0.42	0.71	0.56	0.10
RP2D3	0.33	0.75	0.58	0.15	0.49	0.70	0.61	0.08
MP2D1	0.22	0.49	0.31	0.08	0.24	0.42	0.30	0.08
MP2D2	0.22	0.68	0.40	0.17	0.19	0.48	0.31	0.10
MP2D3	0.28	0.57	0.42	0.11	0.28	0.55	0.36	0.09
TP2D1	0.73	0.93	0.86	0.08	0.82	0.86	0.84	0.02
TP2D2	0.76	1.06	0.91	0.11	0.80	0.99	0.88	0.08
TP2D3	0.89	1.12	1.00	0.09	0.91	1.08	1.01	0.07

Descriptivos (M= media; DT = desviación típica; mínimo y máximo) para el grupo de medallistas (N= 8) y no-medallistas (N= 6) mujer, de la fuerza de impacto (F), Tiempo de reacción (R), Tiempo de movimiento (M) y Tiempo total de respuesta (T) con la pierna derecha (P1) y con la pierna izquierda (P2) desde cada una de las 3 distancias de golpeo (D1, D2, D3).

La media del tiempo de movimiento, para el grupo de medallistas, desde la distancia 1 (MP2D1), es de 0.31 segundos ($DT= 0.08$) con un máximo de 0.46 y un mínimo de 0.22, mientras para el grupo no-medallistas, la media es de 0.30

($DT= 0.08$) segundos, con un máximo y mínimo de 0.42 y 0.24 segundos, respectivamente. Desde la distancia 2 (MP2D2), la media del tiempo de movimiento para el grupo de medallistas es de 0.40 segundos ($DT= 0.17$) con un tiempo mínimo de movimiento de 0.22 y un tiempo máximo de 0.68 segundos, mientras que, en el grupo no-medallistas, la media del tiempo de movimiento es de 0.306 ($DT= 0.097$) segundos con un tiempo mínimo y máximo de 0.19 y 0.48 segundos, respectivamente. En el grupo de medallistas, desde la distancia 3 (MP2D3), la media del tiempo de movimiento ha sido de 0.42 ($DT= 0.11$) segundos con un máximo de 0.57 y un mínimo de 0.28 segundos, mientras que en el grupo no-medallistas, la media ha sido de 0.36 segundos ($DT= 0.09$) con un máximo de 0.55 y un mínimo de 0.28 segundos.

Por ultimo, la media del tiempo total de respuesta fue de 0.86 ($DT= 0.08$) segundos, para el grupo de medallistas desde la distancia 1 (TP2D1), con la pierna izquierda, con un máximo de 0.93 y un mínimo de 0.73 segundos. Para el grupo no-medallistas, el tiempo total de respuesta desde la distancia 1 ha sido de 0.84 ($DT= 0.02$) segundos, con un tiempo máximo de 0.86 y un tiempo mínimo de 0.82. Desde la distancia 2 (TP2D2), la media del tiempo total de respuesta ha sido de 0.91 ($DT= 0.11$) segundos, para el grupo de medallistas, con un máximo de 1.06 y un mínimo de 0.76 segundos, mientras que para el grupo no-medallistas, la media es de 0.88 segundos ($DT= 0.08$), con un máximo y un mínimo de 0.99 y 0.80 segundos, respectivamente. Para la distancia 3, la media del tiempo total de respuesta es, para el grupo de medallistas 1.00 ($DT= 0.09$) segundos, con un máximo de 1.12 y un mínimo de 0.89, mientras que para el grupo no-medallistas la media es de 1.01 ($DT= 0.07$) segundos, con un máximo y un mínimo de 1.08 y 0.91 segundos, respectivamente.

2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL DE LA MUESTRA EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE LOS SUJETOS PARA LAS VARIABLES DE ESTUDIO CON LA PIERNA DERECHA Y CON LA PIERNA IZQUIERDA

En este apartado se muestran los análisis descriptivos y diferenciales de las variables fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta, en función del nivel de los sujetos, con la finalidad de establecer diferencias entre el grupo al que pertenecen (medallistas, no-medallistas).

2.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO

La tabla 14 muestra la media (M) y desviación típica (DT) para la fuerza máxima de impacto en el grupo medallistas y no-medallistas en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 14. Media y Desviación Típica para la fuerza máxima de impacto.

	Nivel	N	M	DT
FP1D1	Medallistas	21	1363.2	612.9
	No-medallistas	27	1229.1	718.5
FP1D2	Medallistas	21	1050.5	531.3
	No-medallistas	27	1003.8	675.7
FP1D3	Medallistas	21	1141.8	557.7
	No-medallistas	27	843.9	436.1
FP2D1	Medallistas	19	1290.9	644.0
	No-medallistas	24	807.9	339.2
FP2D2	Medallistas	18	1058.6	543.2
	No-medallistas	27	863.1	394.8
FP2D3	Medallistas	19	1035.4	578.6
	No-medallistas	27	691.0	275.1

Los resultados de la prueba t (tabla 15), para muestras independientes, muestran diferencias significativas en la fuerza máxima de impacto, con la pierna derecha, desde la distancia 3 ($t = 2.078$; $p = .043$) entre medallistas y no-medallistas. Con la pierna izquierda se han encontrado diferencias estadísticamente significativas desde la distancia 1 ($t = 2.960$; $p = .007$) y distancia 3 ($t = 2.411$; $p = .024$), pero no desde la distancia 2 ($p > .05$). Por tanto

se puede afirmar que los medallistas muestran una mayor fuerza de impacto que los no-medallistas desde la distancia 3 con ambas piernas y desde distancia 1 con la pierna izquierda.

Tabla 15. Prueba t para dos muestras independientes para la fuerza máxima de impacto.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
FP1D1	,082	,775	,683	46	,498	134,11111	196,281	-260,983	529,20
FP1D2	,110	,742	,260	46	,796	46,75132	179,541	-314,647	408,15
FP1D3	1,111	,297	2,078	46	,043	297,91534	143,339	9,38721	586,44
FP2D1	9,869	,003	3,167	41	,003	483,01973	152,506	175,027	791,01
			2,960	25,802	,007	483,01973	163,168	147,496	818,54
FP2D2	,515	,477	1,399	43	,169	195,46296	139,742	-86,3553	477,28
FP2D3	12,55	,001	2,699	44	,010	344,48440	127,630	87,2629	601,70
			2,411	23,768	,024	344,48440	142,900	49,3989	639,56

2.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN

La tabla 16 muestra la media (*M*) y desviación típica (*DT*) para el tiempo de reacción en el grupo medallistas y no-medallistas en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 16. Media y Desviación Típica para el tiempo de reacción

	Nivel	N	M	DT
RP1D1	Medallistas	21	0.49	0.07
	No-medallistas	27	0.50	0.09
RP1D2	Medallistas	21	0.51	0.08
	No-medallistas	27	0.53	0.13
RP1D3	Medallistas	21	0.60	0.12
	No-medallistas	27	0.62	0.12
RP2D1	Medallistas	19	0.48	0.07
	No-medallistas	24	0.52	0.09
RP2D2	Medallistas	18	0.49	0.09
	No-medallistas	27	0.55	0.09
RP2D3	Medallistas	19	0.53	0.13
	No-medallistas	27	0.66	0.12

Los resultados de la prueba *t* (tabla 17) para muestras independientes muestran diferencias significativas en tiempo de reacción, con la pierna izquierda, desde la distancia 2 ($t = -2.152$; $p = .037$) y 3 ($t = -3.378$; $p = .002$) entre

medallistas y no-medallistas. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas desde la distancia 1 con la pierna izquierda, así como en cada una de las tres distancias con la pierna derecha. Por tanto se puede afirmar que los medallistas muestran un menor tiempo de reacción que los sujetos no-medallistas con la pierna izquierda desde las distancias más lejanas (2 y 3) pero no muestran diferencias con la pierna derecha y desde la distancia 1 con la pierna izquierda.

Tabla 17. Prueba t para dos muestras independientes para el tiempo de reacción.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
RP1D1	,772	,384	-,418	46	,678	-,010298	,024641	-,059898	,03930
RP1D2	3,167	,082	-,801	46	,427	-,025579	,031925	-,089841	,03868
RP1D3	,005	,943	-,512	46	,611	-,017632	,034457	-,086990	,05172
RP2D1	,604	,442	-1,32	41	,192	-,032460	,024457	-,081852	,01693
RP2D2	,402	,529	-2,15	43	,037	-,059514	,027655	-,115285	-,0037
RP2D3	,193	,662	-3,37	44	,002	-,125369	,037113	-,200165	-,0505

2.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO

La tabla 18 muestra la media (*M*) y desviación típica (*DT*) para el tiempo de movimiento en el grupo medallistas y no-medallistas en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 18. Media y Desviación Típica para el tiempo de movimiento.

	Nivel	N	M	DT
MP1D1	Medallistas	21	0.26	0.066
	No-medallistas	27	0.27	0.066
MP1D2	Medallistas	21	0.32	0.12
	No-medallistas	27	0.30	0.07
MP1D3	Medallistas	21	0.34	0.09
	No-medallistas	27	0.35	0.10
MP2D1	Medallistas	19	0.27	0.09
	No-medallistas	24	0.27	0.06
MP2D2	Medallistas	18	0.33	0.14
	No-medallistas	27	0.32	0.08
MP2D3	Medallistas	19	0.39	0.13
	No-medallistas	27	0.38	0.15

Los resultados de la prueba t (tabla 19) para muestras independientes no muestran diferencias significativas en tiempo de movimiento entre medallistas y no-medallistas. Es decir, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas desde ninguna de las tres distancias, ni con ninguna de las dos piernas. Por tanto, podemos afirmar que no existen diferencias entre medallistas y no-medallistas en tiempo de movimiento en ninguna de las tres distancias con ambas piernas.

Tabla 19. Prueba t para dos muestras independientes para el tiempo de movimiento.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
MP1D1	,196	,660	-,388	46	,700	-,007447	,019197	-,046088	,03119
MP1D2	7,166	,010	1,013	46	,316	,027844	,027476	-,027462	,08315
MP1D3	,032	,858	-,312	46	,756	-,009134	,029268	-,068047	,04977
MP2D1	1,279	,265	-,054	41	,957	-,001270	,023499	-,048727	,04618
MP2D2	5,113	,029	,452	43	,653	,014689	,032483	-,050819	,08019
MP2D3	,173	,680	,262	44	,794	,010968	,041793	-,073260	,09519

2.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA

La tabla 20 muestra la media (M) y desviación típica (DT) para el tiempo total de respuesta en el grupo medallistas y no-medallistas en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 20. Media y Desviación Típica para el tiempo total de respuesta.

	Nivel	N	M	DT
TP1D1	Medallistas	21	0.75	0.08
	No-medallistas	27	0.76	0.08
TP1D2	Medallistas	21	0.83	0.11
	No-medallistas	27	0.82	0.13
TP1D3	Medallistas	21	0.95	0.08
	No-medallistas	27	0.96	0.10
TP2D1	Medallistas	19	0.76	0.11
	No-medallistas	23	0.79	0.07
TP2D2	Medallistas	18	0.82	0.12
	No-medallistas	26	0.86	0.11
TP2D3	Medallistas	19	0.92	0.10
	No-medallistas	26	1.04	0.14

La prueba de Levene para la igualdad de varianzas muestra una igualdad de varianzas en todas las variables por lo que se ha tenido en cuenta para la interpretación de los resultados en la prueba *t*.

Tabla 21. Prueba t para dos muestras independientes para el tiempo total de respuesta.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	<i>t</i>	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
TP1D1	,005	,946	-,330	46	,743	-,007843	,023742	-,055632	,03994
TP1D2	,229	,634	,188	46	,852	,006554	,034896	-,063687	,07679
TP1D3	,613	,438	-,554	46	,582	-,014829	,026778	-,068731	,03907
TP2D1	5,484	,024	-1,178	40	,246	-,032879	,027901	-,089269	,02351
TP2D2	1,286	,263	-1,073	42	,289	-,038037	,035438	-,109554	,03347
TP2D3	,321	,574	-3,291	43	,002	-,12331	,03746	-,19886	-,0477

La prueba *t* para dos muestras independientes (en función del nivel de los sujetos) para el tiempo total de respuesta (ver tabla 21), no arroja diferencias significativas ($p > .05$) en ninguna de las tres distancias ni en función de la pierna de golpeo (derecha, izquierda) a excepción de el tiempo total de respuesta desde la distancia 3 con la pierna izquierda ($t = -3,291$; $p = .002$). Por tanto, podemos afirmar que no existen diferencias significativas en el tiempo total de respuesta en ninguna de las tres distancias y con ambas piernas a excepción de la distancia 3 con la pierna izquierda.

3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL DE LA MUESTRA EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS PARA LAS VARIABLES DE ESTUDIO CON LA PIERNA DERECHA Y CON LA PIERNA IZQUIERDA

En este apartado se muestran los análisis descriptivos y diferenciales de las variables fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta, en función del género de los sujetos,

desde cada una de las tres distancias, con la finalidad de establecer diferencias entre ellos.

3.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS

La tabla 22 muestra la media (M) y desviación típica (DT) para la fuerza máxima de impacto en el género varón y mujer en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 22. Media y Desviación Típica para la fuerza máxima de impacto

	Género	N	M	DT
FP1D1	Varones	37	1468.3	707.4
	Mujeres	14	849.3	253.4
FP1D2	Varones	37	1151.3	677.7
	Mujeres	14	715.6	196.6
FP1D3	Varones	37	1095.6	542.7
	Mujeres	14	679.4	244.2
FP2D1	Varones	37	1120.4	572.4
	Mujeres	14	733.0	346.3
FP2D2	Varones	37	1019.9	503.0
	Mujeres	14	725.3	237.8
FP2D3	Varones	37	915.8	489.2
	Mujeres	14	599.3	219.9

Los resultados de la prueba t para muestras independientes muestran diferencias significativas en la fuerza máxima de impacto, con la pierna derecha, desde la distancia 1 ($t = 4.455$; $p = .001$), la distancia 2 ($t = 3.416$; $p = .001$) y desde la distancia 3 ($t = 3.661$; $p = .001$) entre varones y mujeres. Con la pierna izquierda se han encontrado diferencias estadísticamente significativas desde la distancia 1 ($t = 2.106$; $p = .041$) y la distancia 3 ($t = 3.009$; $p = .004$), pero no desde la distancia 2. Por tanto se puede afirmar que los varones muestran una mayor fuerza de impacto que las mujeres desde todas las distancias a excepción de la distancia 2 ($p > .05$) con la pierna izquierda (véase tabla 23).

Tabla 23. Prueba t para dos muestras independientes para la fuerza máxima de impacto.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
FP1D1	7,624	,008	3,174	46	,003	618,97899	195,0091	226,445	1011,5
			4,455	45,54	,000	618,97899	138,9350	339,241	898,71
FP1D2	8,956	,004	2,351	46	,023	435,68067	185,2784	62,7345	808,62
			3,416	43,28	,001	435,68067	127,5569	178,485	692,87
FP1D3	5,270	,026	2,744	46	,009	416,15966	151,6825	110,838	721,48
			3,661	45,50	,001	416,15966	113,6729	187,280	645,03
FP2D1	3,288	,077	2,106	41	,041	387,46733	183,9559	15,9608	758,97
			2,665	29,27	,012	387,46733	145,4019	90,2093	684,72
FP2D2	3,904	,055	1,941	43	,059	294,60227	151,7837	-11,4988	600,70
FP2D3	4,596	,038	2,154	44	,037	316,53186	146,9543	20,3648	612,69
			3,009	41,14	,004	316,53186	105,1941	104,111	528,95

3.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS

La tabla 24 muestra la media (*M*) y desviación típica (*DT*) para el tiempo de reacción entre el género varón y el género mujer en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 24. Media y Desviación Típica para el tiempo de reacción

	Género	N	M	DT
RP1D1	Varones	34	0.48	0.08
	Mujeres	14	0.53	0.08
RP1D2	Varones	34	0.52	0.12
	Mujeres	14	0.51	0.09
RP1D3	Varones	34	0.61	0.11
	Mujeres	14	0.61	0.15
RP2D1	Varones	32	0.49	0.08
	Mujeres	11	0.54	0.07
RP2D2	Varones	33	0.53	0.10
	Mujeres	12	0.54	0.09
RP2D3	Varones	34	0.61	0.15
	Mujeres	12	0.60	0.11

La prueba de Levene para la igualdad de varianzas muestra una igualdad de varianzas en todas las variables por lo que se ha tenido en cuenta para la interpretación de los resultados en la prueba *t*. Los resultados de la prueba *t* (Tabla 25) para muestras independientes no muestran diferencias

significativas, entre hombres y mujeres, en el tiempo de reacción, con la pierna derecha o izquierda, ni desde ninguna de las tres distancias. Por tanto, se puede afirmar que no existen diferencias significativas en función del género en el tiempo de reacción.

Tabla 25. Prueba t para dos muestras independientes para el tiempo de reacción.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
RP1D1	,158	,692	-1,872	46	,068	-,048621	,025974	-,100903	,00366
RP1D2	,189	,666	,311	46	,757	,010910	,035049	-,059640	,08145
RP1D3	,591	,446	-,110	46	,913	-,004149	,037708	-,080052	,07175
RP2D1	,064	,801	-1,866	41	,069	-,050934	,027292	-,106052	,00418
RP2D2	,024	,877	-,288	43	,775	-,009280	,032213	-,074245	,05568
RP2D3	,851	,361	,289	44	,774	,013469	,046657	-,080561	,10750

3.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS

La tabla 26 muestra la media (M) y desviación típica (DT) para el tiempo de movimiento entre el género varón y el género mujer en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 26. Media y Desviación Típica para el tiempo de movimiento.

	Género	N	M	DT
MP1D1	Varones	34	0.26	0.07
	Mujeres	14	0.28	0.05
MP1D2	Varones	34	0.29	0.07
	Mujeres	14	0.35	0.13
MP1D3	Varones	34	0.34	0.09
	Mujeres	14	0.37	0.12
MP2D1	Varones	32	0.26	0.07
	Mujeres	11	0.31	0.08
MP2D2	Varones	33	0.31	0.09
	Mujeres	12	0.35	0.14
MP2D3	Varones	34	0.38	0.15
	Mujeres	12	0.39	0.10

La prueba de Levene para la igualdad de varianzas muestra una igualdad de varianzas en todas las variables, a excepción del tiempo de

movimiento desde la distancia 2 con ambas piernas, por lo que se ha tenido en cuenta para la interpretación de los resultados en la prueba *t*.

Tabla 27. Prueba t para dos muestras independientes para el tiempo de movimiento.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	<i>t</i>	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
MP1D1	,935	,339	-,796	46	,430	-,016592	,020843	-,058547	,02536
MP1D2	7,890	,007	-1,966	46	,055	-,057254	,029121	-,115873	,00136
MP1D3	,440	,510	-1,049	46	,300	-,033134	,031602	-,096745	,03047
MP2D1	,769	,386	-1,662	41	,104	-,043017	,025890	-,095302	,00926
MP2D2	4,098	,049	-1,189	43	,241	-,042192	,035492	-,113769	,02938
MP2D3	,344	,561	-,302	44	,764	-,014171	,046851	-,108594	,08025

La prueba *t* para dos muestras independientes (en función del género de los sujetos) para el tiempo de movimiento (ver tabla 27), no arroja diferencias significativas ($p > .05$) en ninguna de las tres distancias ni en función de la pierna de golpeo (derecha, izquierda). Por tanto, podemos afirmar que el género no influye en el tiempo de movimiento desde ninguna de las tres distancias, ni en ambas piernas.

3.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA EN FUNCIÓN DEL GÉNERO DE LOS SUJETOS

La tabla 28 muestra la media (*M*) y desviación típica (*DT*) para la variable tiempo total de respuesta entre el género varón y el género mujer en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3), con la pierna derecha y la izquierda.

Tabla 28. Media y Desviación Típica para el tiempo total de respuesta.

	Género	N	<i>M</i>	<i>DT</i>
TP1D1	Varones	34	0.74	0.08
	Mujeres	14	0.80	0.08
TP1D2	Varones	34	0.81	0.11
	Mujeres	14	0.86	0.13
TP1D3	Varones	34	0.94	0.10
	Mujeres	14	0.98	0.07
TP2D1	Varones	32	0.75	0.09
	Mujeres	10	0.85	0.06
TP2D2	Varones	33	0.83	0.12
	Mujeres	11	0.90	0.09
TP2D3	Varones	34	0.99	0.15
	Mujeres	11	1.00	0.08

La prueba de Levene para la igualdad de varianzas muestra una igualdad de varianzas en todas las variables, a excepción del tiempo total de respuesta con la pierna derecha desde la distancia 2, por lo que se ha tenido en cuenta para la interpretación de los resultados en la prueba *t*.

Tabla 29. Prueba *t* para dos muestras independientes para el tiempo total de respuesta.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias					
	F	Sig.	<i>t</i>	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Superior	Inferior
TP1D1	,508	,480	-2,351	46	,023	-,057629	,024512	-,106968	-,00829
TP1D2	,075	,785	-1,335	46	,189	-,049894	,037383	-,125142	,025354
TP1D3	5,383	,025	-1,296	46	,201	-,037325	,028802	-,095300	,020651
TP2D1	1,062	,309	-3,322	40	,002	-,097548	,029362	-,156890	-,038206
TP2D2	,242	,626	-1,660	42	,104	-,065598	,039510	-,145333	,014136
TP2D3	2,019	,163	-,364	43	,718	-,01750	,04810	-,11451	,07951

En la tabla 29 se muestran los resultados de la prueba *t* para muestras independientes muestran diferencias significativas en tiempo total de respuesta, desde la distancia 1, con la pierna izquierda ($t = -2.351$; $p = .023$) y con la pierna derecha ($t = -3.322$; $p = .002$) entre varones y mujeres. En las dos distancias restantes no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, tanto para la pierna derecha como para la pierna izquierda. Por tanto se puede afirmar que los varones muestran un menor tiempo total de respuesta que las mujeres desde la distancia 1, con ambas piernas, sin mostrar dichas diferencias en las distancias 2 y 3.

4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y DIFERENCIAL DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO, EN FUNCIÓN DE LA PIERNA DE GOLPEO (DOMINANTE-NO DOMINANTE) EN FUNCIÓN DEL NIVEL Y EL GÉNERO DE LOS SUJETOS.

En este apartado se estudian las diferencias entre las variables de estudio según la técnica sea realizada con la pierna dominante o con la no dominante. Se ha dividido la muestra en función del nivel y el género.

4.1. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GRUPO MEDALLISTAS.

Tabla 30. Medias y Desviación Típica (Medallistas)

		<i>M</i>	<i>DT</i>
Par 1	FP1D1	1392	664
	FP2D1	1327	601
Par 2	FP1D2	1091	494
	FP2D2	1090	619
Par 3	FP1D3	1138	542
	FP2D3	1129	624
Par 4	RP1D1	,50	,08
	RP2D1	,49	,06
Par 5	RP1D2	,52	,09
	RP2D2	,49	,08
Par 6	RP1D3	,61	,09
	RP2D3	,54	,13
Par 7	MP1D1	,26	,07
	MP2D1	,28	,09
Par 8	MP1D2	,33	,13
	MP2D2	,34	,14
Par 9	MP1D3	,33	,06
	MP2D3	,39	,13
Par 10	TP1D1	,76	,08
	TP2D1	,76	,11
Par 11	TP1D2	,85	,11
	TP2D2	,82	,13
Par 12	TP1D3	,94	,09
	TP2D3	,93	,09

La tabla 30 muestra la media (M) y desviación típica (DT) de las variables de estudio, fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta entre la pierna dominante y la no dominante para el grupo medallistas en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3).

Tabla 31. Prueba t de muestras relacionadas (Medallistas)

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	D.T.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Superior	Inferior			
Par 1	FP1D1 - FP2D1	64,666	627,543	147,913	-247,403	376,736	,437	17	,667
Par 2	FP1D2 - FP2D2	,352	646,234	156,734	-331,910	332,616	,002	16	,998
Par 3	FP1D3 - FP2D3	9,277	661,797	155,987	-319,826	338,382	,059	17	,953
Par 4	RP1D1 - RP2D1	,011	,074	,017	-,025	,0486	,669	17	,512
Par 5	RP1D2 - RP2D2	,031	,121	,029	-,030	,094	1,073	16	,299
Par 6	RP1D3 - RP2D3	,067	,097	,022	,018	,115	2,916	17	,010
Par 7	MP1D1 - MP2D1	-,015	,052	,012	-,041	,0109	-1,225	17	,237
Par 8	MP1D2 - MP2D2	-,003	,155	,037	-,083	,0762	-,099	16	,922
Par 9	MP1D3 - MP2D3	-,053	,116	,027	-,111	,004	-1,957	17	,067
Par 10	TP1D1 - TP2D1	-,003	,061	,014	-,034	,027	-,238	17	,815
Par 11	TP1D2 - TP2D2	,027	,114	,027	-,031	,086	,997	16	,334
Par 12	TP1D3 - TP2D3	,015	,073	,017	-,020	,052	,923	17	,369

Los resultados de la prueba t (ver tabla 31) para muestras relacionadas muestra que, en el grupo medallistas, no existen diferencias significativas en ninguno de los pares analizados a excepción del tiempo de reacción desde la distancia 3 ($t = 2.420$; $p = .034$) donde si se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre la pierna dominante y la no-dominante.

4.2. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GRUPO NO-MEDALLISTAS.

La tabla 32 muestra la media (M) y desviación típica (DT) de las variables de estudio, fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta entre la pierna dominante y la no dominante para el grupo no-medallistas en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3).

Tabla 32. Medias y Desviación Típica (no-Medallistas)

		M	DT
Par 1	FP1D1	1256	785
	FP2D1	775	254
Par 2	FP1D2	992	715
	FP2D2	881	329
Par 3	FP1D3	832	463
	FP2D3	678	252
Par 4	RP1D1	,50	,10
	RP2D1	,52	,07
Par 5	RP1D2	,52	,12
	RP2D2	,57	,09
Par 6	RP1D3	,61	,13
	RP2D3	,67	,11
Par 7	MP1D1	,27	,08
	MP2D1	,27	,04
Par 8	MP1D2	,30	,08
	MP2D2	,31	,08
Par 9	MP1D3	,37	,12
	MP2D3	,37	,14
Par 10	TP1D1	,76	,08
	TP2D1	,79	,06
Par 11	TP1D2	,82	,12
	TP2D2	,88	,08
Par 12	TP1D3	,97	,10
	TP2D3	1,05	,14

La tabla 33 muestra que, en el grupo no-medallistas, existen diferencias significativas en los pares analizados fuerza máxima de impacto desde la distancia 1 ($t = 2.903$; $p = .009$) y el tiempo total de respuesta desde las distancias

1 ($t = -2.266$; $p = .035$), 2 ($t = -2.278$; $p = .032$) y 3 ($t = -2.353$; $p = .028$) entre la pierna dominante y no dominante, respectivamente.

Tabla 33. Prueba t de muestras relacionadas (no-Medallistas)

		Diferencias relacionadas					<i>t</i>	gl	Sig. (bilateral)
		Media	D.T.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Superior	Inferior			
Par 1	FP1D1 - FP2D1	480,772	776,830	165,620	136,345	825,200	2,903	21	,009
Par 2	FP1D2 - FP2D2	111,000	680,823	136,164	-170,030	392,030	,815	24	,423
Par 3	FP1D3 - FP2D3	154,560	390,985	78,197	-6,830	315,950	1,977	24	,060
Par 4	RP1D1 - RP2D1	-,022	,088	,018	-,061	,016	-1,201	21	,243
Par 5	RP1D2 - RP2D2	-,043	,122	,024	-,093	,007	-1,770	24	,089
Par 6	RP1D3 - RP2D3	-,060	,160	,032	-,126	,005	-1,886	24	,071
Par 7	MP1D1 - MP2D1	,005	,089	,019	-,034	,044	,272	21	,788
Par 8	MP1D2 - MP2D2	-,004	,097	,019	-,044	,035	-,245	24	,809
Par 9	MP1D3 - MP2D3	,007	,192	,038	-,071	,086	,198	24	,845
Par 10	TP1D1 - TP2D1	-,025	,050	,011	-,048	-,002	-2,266	20	,035
Par 11	TP1D2 - TP2D2	-,058	,124	,025	-,110	-,005	-2,278	23	,032
Par 12	TP1D3 - TP2D3	-,073	,153	,031	-,138	-,008	-2,353	23	,028

4.3. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GÉNERO VARÓN.

La tabla 34 muestra la media (*M*) y desviación típica (*DT*) de las variables de estudio, fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta entre la pierna dominante y la no dominante para el género varón en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3).

Tabla 34. Medias y Desviación Típica (Varón)

		<i>M</i>	<i>DT</i>
Par 1	FP1D1	1522	749
	FP2D1	1121	541
Par 2	FP1D2	1155	707
	FP2D2	1080	491
Par 3	FP1D3	1063	555
	FP2D3	977	528
Par 4	RP1D1	,48	,09
	RP2D1	,49	,06
Par 5	RP1D2	,52	,11
	RP2D2	,53	,10
Par 6	RP1D3	,59	,12
	RP2D3	,62	,14
Par 7	MP1D1	,26	,08
	MP2D1	,26	,06
Par 8	MP1D2	,30	,08
	MP2D2	,31	,09
Par 9	MP1D3	,36	,11
	MP2D3	,37	,14
Par 10	TP1D1	,74	,07
	TP2D1	,75	,08
Par 11	TP1D2	,81	,11
	TP2D2	,84	,11
Par 12	TP1D3	,95	,10
	TP2D3	,99	,15

Los resultados de la prueba *t* (tabla 35) para muestras relacionadas muestran que, en el género varón, no existen diferencias significativas en ninguno de los pares analizados a excepción de la fuerza máxima de impacto desde la distancia 1 ($t = 2.642$; $p = .013$) donde si se han encontrado diferencias, estadísticamente significativas, entre la pierna dominante y la no-dominante.

Tabla 35. Prueba t de muestras relacionadas (Varón)

		Diferencias relacionadas					<i>t</i>	gl	Sig. (bilateral)
		Media	D.T.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Superior	Inferior			
Par 1	FP1D1 - FP2D1	400,810	817,116	151,734	89,995	711,624	2,642	28	,013
Par 2	FP1D2 - FP2D2	75,250	755,571	137,947	-206,885	357,385	,545	29	,590
Par 3	FP1D3 - FP2D3	86,048	586,261	105,295	-128,994	301,090	,817	30	,420
Par 4	RP1D1 - RP2D1	-,010	,083	,015	-,042	,021	-,698	28	,491
Par 5	RP1D2 - RP2D2	-,018	,127	,023	-,065	,029	-,774	29	,445
Par 6	RP1D3 - RP2D3	-,027	,149	,026	-,082	,026	-1,038	30	,308
Par 7	MP1D1 - MP2D1	,001	,068	,012	-,024	,027	,090	28	,929
Par 8	MP1D2 - MP2D2	-,010	,081	,014	-,041	,019	-,734	29	,469
Par 9	MP1D3 - MP2D3	-,014	,177	,031	-,079	,050	-,454	30	,653
Par 10	TP1D1 - TP2D1	-,009	,053	,009	-,030	,0107	-,974	28	,338
Par 11	TP1D2 - TP2D2	-,032	,120	,022	-,077	,012	-1,479	29	,150
Par 12	TP1D3 - TP2D3	-,047	,137	,024	-,097	,003	-1,907	30	,066

4.4. MEDIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO PARA EL GÉNERO MUJER.

La tabla 36 muestra la media (*M*) y desviación típica (*DT*) de las variables de estudio, fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta entre la pierna dominante y la no dominante para el género mujer en cada una de las distancias de golpeo (1, 2 y 3).

Tabla 36. Medias y Desviación Típica (Mujer)

		<i>M</i>	<i>DT</i>
Par 1	FP1D1	777	220
	FP2D1	766	362
Par 2	FP1D2	726	135
	FP2D2	682	274
Par 3	FP1D3	694	251
	FP2D3	581	221
Par 4	RP1D1	,54	,07
	RP2D1	,54	,07
Par 5	RP1D2	,53	,09
	RP2D2	,53	,09
Par 6	RP1D3	,64	,10
	RP2D3	,60	,11
Par 7	MP1D1	,29	,05
	MP2D1	,30	,08
Par 8	MP1D2	,36	,13
	MP2D2	,35	,14
Par 9	MP1D3	,36	,08
	MP2D3	,38	,11
Par 10	TP1D1	,82	,08
	TP2D1	,85	,06
Par 11	TP1D2	,89	,13
	TP2D2	,89	,10
Par 12	TP1D3	1,00	,08
	TP2D3	1,00	,07

Los resultados de la prueba *t* (tabla 37) para muestras relacionadas muestra que, en el género mujer, no existen diferencias significativas en ninguno de los pares analizados entre la pierna dominante y la no-dominante.

Tabla 37. Prueba t de muestras relacionadas (Mujer)

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	D.T.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Superior	Inferior			
Par 1	FP1D1 - FP2D1	10,681	342,474	103,259	-219,395	240,759	,103	10	,920
Par 2	FP1D2 - FP2D2	43,625	352,389	101,726	-180,272	267,522	,429	11	,676
Par 3	FP1D3 - FP2D3	113,625	304,168	87,806	-79,634	306,884	1,294	11	,222
Par 4	RP1D1 - RP2D1	,002	,084	,025	-,054	,059	,100	10	,922
Par 5	RP1D2 - RP2D2	-,001	,127	,036	-,081	,080	-,011	11	,992
Par 6	RP1D3 - RP2D3	,046	,146	,042	-,046	,139	1,097	11	,296
Par 7	MP1D1 - MP2D1	-,017	,092	,028	-,079	,045	-,622	10	,548
Par 8	MP1D2 - MP2D2	,012	,194	,056	-,111	,135	,217	11	,832
Par 9	MP1D3 - MP2D3	-,027	,139	,040	-,115	,060	-,687	11	,506
Par 10	TP1D1 - TP2D1	-,031	,064	,020	-,076	,014	-1,524	9	,162
Par 11	TP1D2 - TP2D2	,005	,143	,043	-,091	,101	,123	10	,905
Par 12	TP1D3 - TP2D3	-,001	,113	,034	-,078	,074	-,053	10	,959

5. CORRELACIONES

En este apartado se exponen las relaciones entre las variables de estudio (fuerza máxima de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento, tiempo total de respuesta y peso), en función de la distancia (1, 2 y 3) y la pierna de golpeo (derecha - izquierda) en función del nivel y género de los sujetos.

5.1. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, EN FUNCIÓN DEL NIVEL.

5.1.1. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, EN FUNCIÓN DEL NIVEL, CON LA PIERNA DERECHA.

En la tabla 38 se observa que, en el grupo de medallistas, desde la distancia 1 y con la pierna derecha, existe una relación positiva entre la fuerza máxima de impacto y el peso ($p < .01$) el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta ($p < .01$), y el tiempo total de respuesta y el tiempo de movimiento. Por el contrario, el peso se relaciona de forma positiva con la fuerza máxima de impacto y con el tiempo total de respuesta ($p < .05$), mientras el tiempo de reacción se relaciona de forma negativa con el tiempo de movimiento ($p < .01$). Asimismo, las dos variables de tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta se relacionan positivamente entre sí ($p < .01$).

Tabla 38. Relaciones entre las variables para el grupo medallistas (distancia 1)

	FP1D1	RP1D1	MP1D1	TP1D1	Peso (kg)
FP1D1	-	-,15	-,08	-,21	,70(**)
RP1D1		-	-,37	,62(**)	-,12
MP1D1			-	,50(*)	,07
TP1D1				-	-,05
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$

En el grupo no-medallistas, con la pierna derecha, desde la distancia 1, tal y como puede observarse en la tabla 39, existe una relación positiva entre la fuerza de impacto y el tiempo de reacción ($p < .01$), la fuerza de impacto y el peso ($p < .01$), y la fuerza de impacto y el tiempo total de respuesta ($p < .01$). Asimismo, no se observa una relación positiva entre el tiempo total de respuesta y el tiempo de reacción y negativa entre el tiempo de movimiento y el tiempo de reacción ($p < .01$).

Tabla 39. Relaciones entre las variables para el grupo no-medallistas (distancia 1)

	FP1D1	RP1D1	MP1D1	TP1D1	Peso (kg)
FP1D1	-	,50(**)	-,30	,44(*)	,65(**)
RP1D1		-	-,50(**)	,66(**)	,33
MP1D1			-	,211	-,28
TP1D1				-	,25
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

La tabla 40 muestra una relación significativa en el grupo medallistas, desde la distancia 2, con la pierna derecha, entre la variable fuerza máxima de impacto y peso ($p < .05$). Dicha relación también es significativa entre las

variables tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta y peso ($p < .01$). Sin embargo, el tiempo de reacción y tiempo de movimiento muestran una relación negativa ($p < .05$), no existiendo relaciones significativas entre las variables fuerza máxima de impacto y tiempo de movimiento, así como peso y tiempo de reacción, de movimiento y tiempo total de respuesta.

Tabla 40. Relaciones entre las variables para el grupo medallistas (distancia 2)

	FP1D2	RP1D2	MP1D2	TP1D2	Peso (kg)
FP1D2	-	-,02	-,21	-,25	,53(*)
RP1D2		-	-,44(*)	,25	,13
MP1D2			-	,76(**)	-,34
TP1D2				-	-,27
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En el grupo no-medallistas se observa una relación significativa para la distancia 2, con la pierna derecha (ver tabla 41), entre la fuerza máxima de impacto y el tiempo de reacción ($p < .05$), la fuerza máxima de impacto y el tiempo total de respuesta ($p < .05$) y la fuerza máxima de impacto y el peso ($p < .01$).

Tabla 41. Relaciones entre las variables para el grupo no-medallistas (distancia 2)

	FP1D2	RP1D2	MP1D2	TP1D2	Peso (kg)
FP1D2	-	,46(*)	-,05	,47(*)	,58(**)
RP1D2		-	-,33	,84(**)	,47(*)
MP1D2			-	,20	-,34
TP1D2				-	,32
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

Desde la distancia 3, en el grupo de medallistas, con la pierna derecha, se observa una correlación positiva entre la fuerza máxima de impacto y el peso ($p < .01$) y el tiempo total de respuesta y el tiempo de reacción ($p < .01$) y, negativa entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .01$) (ver tabla 42).

Tabla 42. Relaciones entre las variables para el grupo medallistas (distancia 3)

	FP1D3	RP1D3	MP1D3	TP1D3	Peso (kg)
FP1D3	-	,19	-,16	,06	,68(**)
RP1D3		-	-,73(**)	,62(**)	,31
MP1D3			-	,08	-,32
TP1D3				-	,06
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$.

Tal y como puede verse en la tabla 43, en el grupo no-medallistas, desde la distancia 3 y con la pierna derecha, se observa una correlación positiva entre la fuerza máxima de impacto y el tiempo total de respuesta y entre la fuerza máxima de impacto y el peso ($p < .05$). Así mismo, también se ha hallado una correlación positiva entre el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta ($p < .05$) y negativa entre el tiempo de movimiento y el tiempo de total de respuesta ($p < .01$). Sin embargo, no se observa ninguna otra relación en las variables estudiadas.

Tabla 43. Relaciones entre las variables para el grupo no-medallistas (distancia 3)

	FP1D3	RP1D3	MP1D3	TP1D3	Peso (kg)
FP1D3	-	,17	,15	,46(*)	,48(*)
RP1D3		-	-,68(**)	,45(*)	,20
MP1D3			-	,30	-,02
TP1D3				-	,28
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

5.1.2. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, EN FUNCIÓN DEL NIVEL, CON LA PIERNA IZQUIERDA.

Como se observa en la tabla 44, el grupo medallista, desde la distancia 1 y con la pierna izquierda, muestra una correlación positiva entre el tiempo total de respuesta y el tiempo de reacción y entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .01$). Sin embargo, el peso y la fuerza máxima de impacto no muestran ninguna relación significativa con ninguna de las variables estudiadas.

Tabla 44. Relaciones entre las variables para el grupo medallistas (distancia 1)

	FP2D1	RP2D1	MP2D1	TP2D1	Peso (kg)
FP2D1	-	,14	-,44	-,27	,41
RP2D1		-	-,05	,59(**)	-,44
MP2D1			-	,78(**)	,11
TP2D1				-	-,18
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En la tabla 45, se muestran las relaciones significativas para la distancia 1, con la pierna izquierda, para el grupo no-medallistas. Así, existe una relación negativa entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .01$) y positiva entre el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta. No se han hallado correlaciones significativas entre el resto de variables.

Tabla 45. Relaciones entre las variables para el grupo no-medallistas (distancia 1)

	FP2D1	RP2D1	MP2D1	TP2D1	Peso (kg)
FP2D1	-	,355	-,374	,116	,163
RP2D1		-	-,641(**)	,683(**)	,134
MP2D1			-	,123	-,063
TP2D1				-	,141
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$.

En la tabla 46 se observa que, en el grupo medallistas, desde la distancia 2 y con la pierna izquierda, no existe una relación significativa entre la fuerza máxima de impacto y el tiempo de reacción, la fuerza máxima de impacto y el tiempo de movimiento, y la fuerza máxima de impacto y el tiempo total de respuesta. Así mismo, tampoco existe una relación significativa entre el tiempo de reacción y el tiempo movimiento, así como, el tiempo de movimiento y el peso. Por el contrario, el tiempo de movimiento se relaciona de forma positiva con el tiempo total de respuesta ($p < .01$)

Tabla 46. Relaciones entre las variables para el grupo medallistas (distancia 2)

	FP2D2	RP2D2	MP2D2	TP2D2	Peso (kg)
FP2D2	-	-,45	,03	-,29	,14
RP2D2		-	-,45	,22	-,01
MP2D2			-	,78(**)	,01
TP2D2				-	,01
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

Para el grupo no-medallista, desde la distancia 2, con la pierna izquierda, los resultados muestran una relación positiva entre el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta ($p < .01$) y negativa para el tiempo de reacción y el

tiempo de movimiento ($p \leq .01$). Sin embargo, no se observan relaciones significativas entre las demás variables (ver tabla 47).

Tabla 47. Relaciones entre las variables para el grupo no-medallistas (distancia 2)

	FP2D2	RP2D2	MP2D2	TP2D2	Peso (kg)
FP2D2	-	,09	,15	,30	,29
RP2D2		-	-,59(**)	,57(**)	,19
MP2D2			-	,28	-,12
TP2D2				-	,03
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

Como se observa en la tabla 48, para el grupo medallistas, desde la distancia 3 y con la pierna izquierda, únicamente se observa una relación negativa entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .01$). Sin embargo, no se observan relaciones significativas entre el resto de variables.

Tabla 48. Relaciones entre las variables para el grupo medallistas (distancia 3)

	FP2D3	RP2D3	MP2D3	TP2D3	Peso (kg)
FP2D3	-	-,40	,26	-,19	,34
RP2D3		-	-,71(**)	,39	,22
MP2D3			-	,38	-,22
TP2D3				-	,01
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En el grupo no-medallistas, desde la distancia 3, con la pierna izquierda, tal y como puede verse en la tabla 49, los resultados arrojan una relación positiva entre el peso y el tiempo de reacción ($p < .01$), el peso y el tiempo total de respuesta ($p < .01$) y el tiempo de movimiento y el tiempo total de respuesta ($p < .01$) y negativa entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .05$), sin encontrarse relaciones significativas entre el resto de variables.

Tabla 49. Relaciones entre las variables para el grupo no-medallistas (distancia 3)

	FP2D3	RP2D3	MP2D3	TP2D3	Peso (kg)
FP2D3	-	,29	-,10	,19	,22
RP2D3		-	-,43(*)	,34	,49(**)
MP2D3			-	,67(**)	,19
TP2D3				-	,56(**)
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

5.2. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, EN FUNCIÓN DEL GÉNERO.

En este apartado se explican las relaciones entre la fuerza máxima de impacto, el tiempo de reacción, tiempo de movimiento, tiempo total de respuesta y el peso desde cada una de las tres distancias (1, 2 y 3) en función del género de los sujetos (varón y mujer), de la técnica realizada con ambas extremidades.

5.2.1. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, CON LA PIERNA DERECHA.

El género varón, desde la distancia 1, con la pierna derecha, presenta, tal y como puede verse en la tabla 50, una relación positiva, estadísticamente significativa, entre la fuerza máxima de impacto y el tiempo de reacción ($p < .01$), así como entre el peso y la fuerza máxima de impacto ($p < .01$), el peso y el tiempo de reacción ($p < .01$), el tiempo total de respuesta y la fuerza máxima de impacto ($p < .01$) y el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta ($p < .01$). Así mismo, también se observa una relación estadísticamente significativa, aunque en sentido negativo entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .01$).

Tabla 50. Relaciones entre las variables para el género varón (distancia 1)

	FP1D1	RP1D1	MP1D1	TP1D1	Peso (kg)
FP1D1	-	.50(**)	-,17	.45(**)	.58(**)
RP1D1		-	-,58(**)	.58(**)	.47(**)
MP1D1			-	,30	-,12
TP1D1				-	,43(*)
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En el género mujer, desde la distancia 1, con la pierna derecha, no se ha encontrado ninguna correlación estadísticamente significativa en ninguna de las

variables estudiadas (véase tabla 51) a excepción del tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta ($p < .01$).

Tabla 51. Relaciones entre las variables para el género mujer (distancia 1)

	FP1D1	RP1D1	MP1D1	TP1D1	Peso (kg)
FP1D1	-	,17	-,37	,15	,18
RP1D1		-	-,18	,71(**)	,28
MP1D1			-	,38	,38
TP1D1				-	,51
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

Para el género varón, desde la distancia 2, con la pierna derecha, y tal y como puede verse en la tabla 52, existe una relación negativa entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .05$) y positiva entre el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta ($p < .01$), y el tiempo de reacción y el peso ($p < .05$). Así mismo, la fuerza máxima de impacto se relaciona positivamente con el tiempo de reacción ($p < .05$), el tiempo total de respuesta ($p < .05$) y el peso ($p < .01$), mientras el tiempo total de respuesta también muestra una relación positiva con el peso ($p < .05$).

Tabla 52. Relaciones entre las variables para el género varón (distancia 2)

	FP1D2	RP1D2	MP1D2	TP1D2	Peso (kg)
FP1D2	-	,39(*)	-,08	,38(*)	,49(**)
RP1D2		-	-,39(*)	,80(**)	,41(*)
MP1D2			-	,22	-,13
TP1D2				-	,38(*)
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En la tabla 53 pueden observarse las relaciones para el género mujer, desde la distancia 2, con la pierna derecha, donde únicamente el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta arrojan una relación negativa, estadísticamente significativa ($p < .01$). En el resto de variables no se ha hallado correlación alguna.

Tabla 53. Relaciones entre las variables para el género mujer (distancia 2)

	FP1D2	RP1D2	MP1D2	TP1D2	Peso (kg)
FP1D2	-	-,26	,22	,03	,16
RP1D2		-	-,36	,35	,39
MP1D2			-	,75(**)	-,49
TP1D2				-	-,21
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$.

Para la distancia 3, con la pierna derecha, en el género varón, se ha hallado una correlación positiva, estadísticamente significativa, entre la fuerza máxima de impacto y el tiempo total de respuesta ($p < .05$), la fuerza máxima de impacto y el peso ($p < .01$), el peso con el tiempo de reacción ($p < .05$) y el tiempo total de respuesta ($p < .01$), el tiempo total de respuesta y el tiempo de reacción ($p < .01$), y el tiempo total de respuesta y el tiempo de movimiento ($p < .05$). Sin embargo, el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento siguen una relación negativa ($p < .01$) (véase tabla 54).

Tabla 54. Relaciones entre las variables para el género varón (distancia 3)

	FP1D3	RP1D3	MP1D3	TP1D3	Peso (kg)
FP1D3	-	,17	,10	,35(*)	,48(**)
RP1D3		-	-,56(**)	,55(**)	,42(*)
MP1D3			-	,34(*)	-,01
TP1D3				-	,52(**)
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En la tabla 55 pueden verse las relaciones estadísticamente significativas para el género mujer desde la distancia 3, donde el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento muestran una relación negativa ($p < .01$) mientras que el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta muestran una relación positiva ($p < .05$). En el resto de variables no se encuentran relaciones estadísticamente significativas.

Tabla 55. Relaciones entre las variables para el género mujer (distancia 3)

	FP1D3	RP1D3	MP1D3	TP1D3	Peso (kg)
FP1D3	-	,24	-,15	,30	-,23
RP1D3		-	-,90(**)	,54(*)	,24
MP1D3			-	-,19	-,23
TP1D3				-	-,08
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

5.2.2. CORRELACIONES ENTRE LA FUERZA DE IMPACTO, TIEMPO DE REACCIÓN, TIEMPO DE MOVIMIENTO, TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA Y PESO, CON LA PIERNA IZQUIERDA.

Como se observa en la tabla 56, en el género varón, desde la distancia 1 con la pierna izquierda, el tiempo de reacción se relaciona positivamente con el tiempo total de respuesta ($p < .01$), así como el tiempo total de respuesta y el tiempo de movimiento ($p < .01$) o el peso y el tiempo total de respuesta ($p < .05$). Asimismo, el tiempo de reacción se relaciona negativamente con el tiempo de movimiento ($p < .05$). Sin embargo, no se observan relaciones significativas entre el resto de variables.

Tabla 56. Relaciones entre las variables para el género varón (distancia 1)

	FP2D1	RP2D1	MP2D1	TP2D1	Peso (kg)
FP2D1	-	,16	-,31	-,12	,05
RP2D1		-	-,37(*)	,61(**)	,22
MP2D1			-	,51(**)	,23
TP2D1				-	,40(*)
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En el género mujer, desde la distancia 1, con la pierna izquierda no se han encontrado ninguna correlación estadísticamente significativa en ninguna de las variables estudiadas a excepción del tiempo de reacción y el tiempo de movimiento que siguen una relación negativa ($p < .05$) (véase tabla 57).

Tabla 57. Relaciones entre las variables para el género mujer (distancia 1)

	FP2D1	RP2D1	MP2D1	TP2D1	Peso (kg)
FP2D1	-	,50	-,43	,01	-,14
RP2D1		-	-,69(*)	,30	-,18
MP2D1			-	,47	,30
TP2D1				-	,15
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

En la tabla 58 se observa que, para el género varón, con la pierna izquierda, desde la distancia 2, no existe una relación significativa entre la fuerza máxima de impacto y el tiempo de reacción, la fuerza máxima de impacto y el tiempo de

reacción, de movimiento, el tiempo total de respuesta o el peso. Así mismo, tampoco existe una relación significativa entre el peso y la fuerza máxima de impacto, el tiempo de reacción, el tiempo de movimiento o el tiempo total de respuesta. Por el contrario, el tiempo de reacción se relaciona de forma negativa con el tiempo de movimiento ($p < .01$), y positiva con el tiempo total de respuesta ($p < .01$). Así mismo, el tiempo total de respuesta se relaciona de forma positiva con con el tiempo de reacción ($p < .05$).

Tabla 58. Relaciones entre las variables para el género varón (distancia 2)

	FP2D2	RP2D2	MP2D2	TP2D2	Peso (kg)
FP2D2	-	-,23	,17	,02	,07
RP2D2		-	-,38(*)	,61(**)	,29
MP2D2			-	,43(*)	-,07
TP2D2				-	,20
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

Como se observa en la tabla 59, en el género mujer, desde la distancia 2, con la pierna izquierda, muestra una relación positiva entre las variables tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta ($p < .01$). Asimismo, no se observa una relación negativa entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento, no hallando relación entre el resto de variables.

Tabla 59. Relaciones entre las variables para el género mujer (distancia 2)

	FP2D2	RP2D2	MP2D2	TP2D2	Peso (kg)
FP2D2	-	-,071	,12	,16	-,40
RP2D2		-	-,78(**)	-,27	-,19
MP2D2			-	,79(**)	,41
TP2D2				-	,41
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$.

El género varón presenta una relación negativa, con la pierna izquierda, desde la distancia 3, entre el tiempo de reacción y la fuerza máxima de impacto ($p < .05$), el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento ($p < .01$). Sin embargo el tiempo de reacción y el tiempo total de respuesta, así como el tiempo de reacción y el peso muestran una relación positiva ($p < .01$; $p < .05$). El

tiempo total de respuesta muestra una relación positiva con el tiempo de reacción ($p < .01$) y el tiempo de movimiento ($p < .05$) (véase tabla 60).

Tabla 60. Relaciones entre las variables para el género varón (distancia 3)

	FP2D3	RP2D3	MP2D3	TP2D3	Peso (kg)
FP2D3	-	-,34(*)	,12	-,21	,03
RP2D3		-	-,47(**)	,50(**)	,40(*)
MP2D3			-	,53(**)	,08
TP2D3				-	,47(**)
Peso (kg)					-

** $p \leq .01$; * $p \leq .05$.

Por último, tal y como podemos observar en la tabla 61, en el género mujer, desde la distancia 3, con la pierna izquierda, se observa una relación negativa entre las variables tiempo de reacción y tiempo de movimiento ($p < .05$) y positiva entre el tiempo de reacción y el peso ($p < .05$) y el tiempo total de respuesta y el peso ($p < .05$).

Tabla 61. Relaciones entre las variables para el género mujer (distancia 3)

	FP2D3	RP2D3	MP2D3	TP2D3	Peso (kg)
FP2D3	-	-,01	,13	,50	,22
RP2D3		-	-,63(*)	,44	,62(*)
MP2D3			-	,25	-,07
TP2D3				-	,73(*)
Peso (kg)					-

* $p \leq .05$.

6. PERCENTILES DE LA MUESTRA

En este apartado se muestran los resultados de los percentiles obtenidos en función de la muestra así como los diagramas de caja.

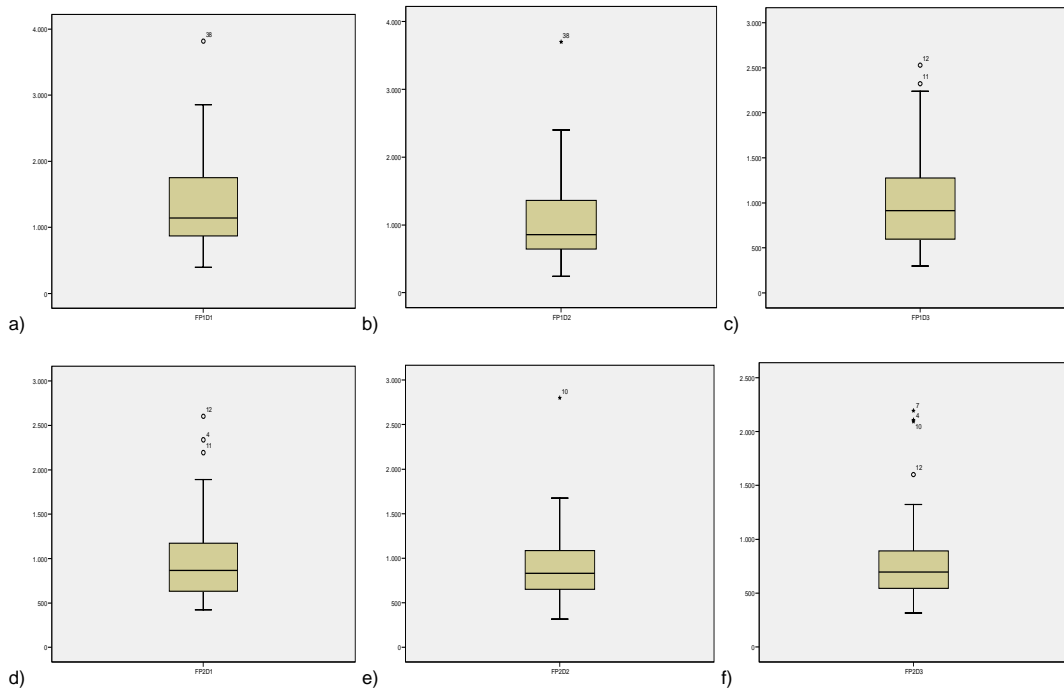
6.1. PERCENTILES PARA LA FUERZA MÁXIMA DE IMPACTO

Tabla 62. Percentiles para la Fuerza máxima de Impacto

Percentiles	FP1D1	FP1D2	FP1D3	FP2D1	FP2D2	FP2D3
5	469	369.5	342.5	424	487	342
10	523	541	441.5	460	523	405.5
25	866	631	550	613	640.5	514
50	1140.5	857	911.5	866	830	694.5
75	1759.5	1395	1281	1209	1091.5	920.5
90	2162	2045	1911	1890	1480	1600.5
95	2853.5	2398.5	2323	2337.5	1676	2106.5

Para la fuerza máxima de impacto, el percentil 50 se sitúa con la pierna derecha en los 1140 N desde la distancia 1, en los 857 N desde la distancia 2 y en los 911 N desde la distancia 3. Con la pierna izquierda, el percentil 50 se sitúa en valores en torno a los 866, 830 y 694 N desde la distancia 1, 2 y 3, respectivamente. El resto de percentiles, pueden observarse en la tabla 66.

Gráfico 7. Diagramas de caja para los percentiles de la fuerza máxima de impacto



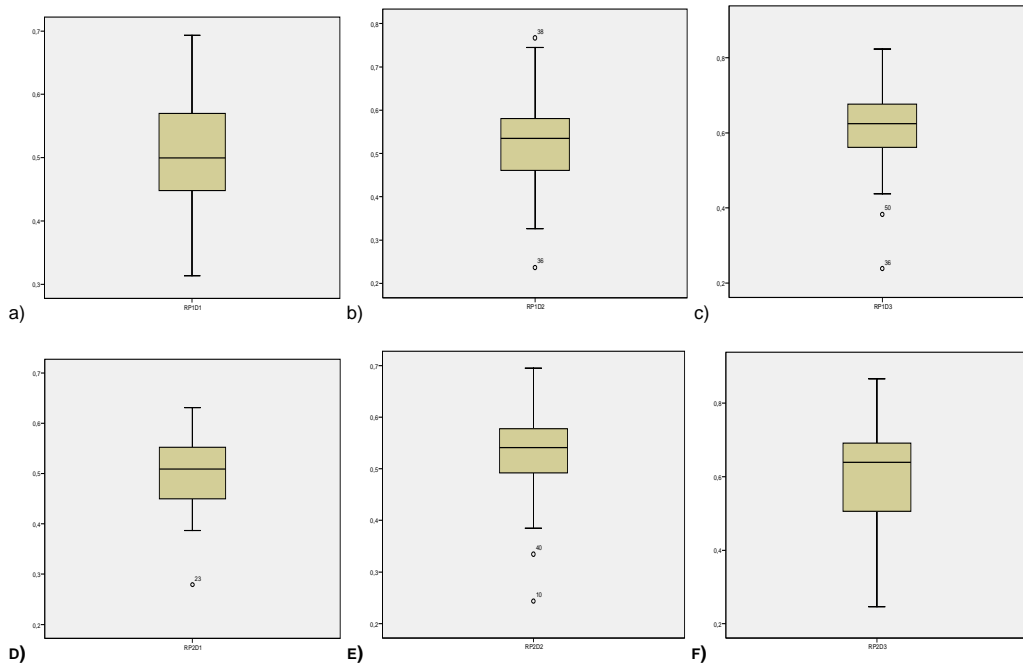
6.2. PERCENTILES PARA EL TIEMPO DE REACCIÓN

Tabla 63. Percentiles para el Tiempo de Reacción

Percentiles	RP1D1	RP1D2	RP1D3	RP2D1	RP2D2	RP2D3
5	0.35	0.32	0.38	0.38	0.33	0.33
10	0.39	0.35	0.47	0.41	0.38	0.39
25	0.44	0.45	0.55	0.44	0.49	0.50
50	0.50	0.53	0.62	0.50	0.54	0.63
75	0.58	0.58	0.68	0.55	0.57	0.69
90	0.60	0.66	0.73	0.61	0.63	0.77
95	0.68	0.74	0.77	0.61	0.67	0.84

Para el tiempo de reacción, el percentil 50 se sitúa en los 0.50 segundos desde la distancia 1, en los 0.53 s desde la distancia 2 y en los 0.62 s desde la distancia 3. Con la pierna izquierda, el percentil 50 se sitúa en valores en torno a los 0.50, 0.54 y 63 s desde la distancia 1, 2 y 3, respectivamente. El resto de percentiles, pueden observarse en la tabla 67.

Gráfico 8. Diagramas de caja para los percentiles del tiempo de reacción



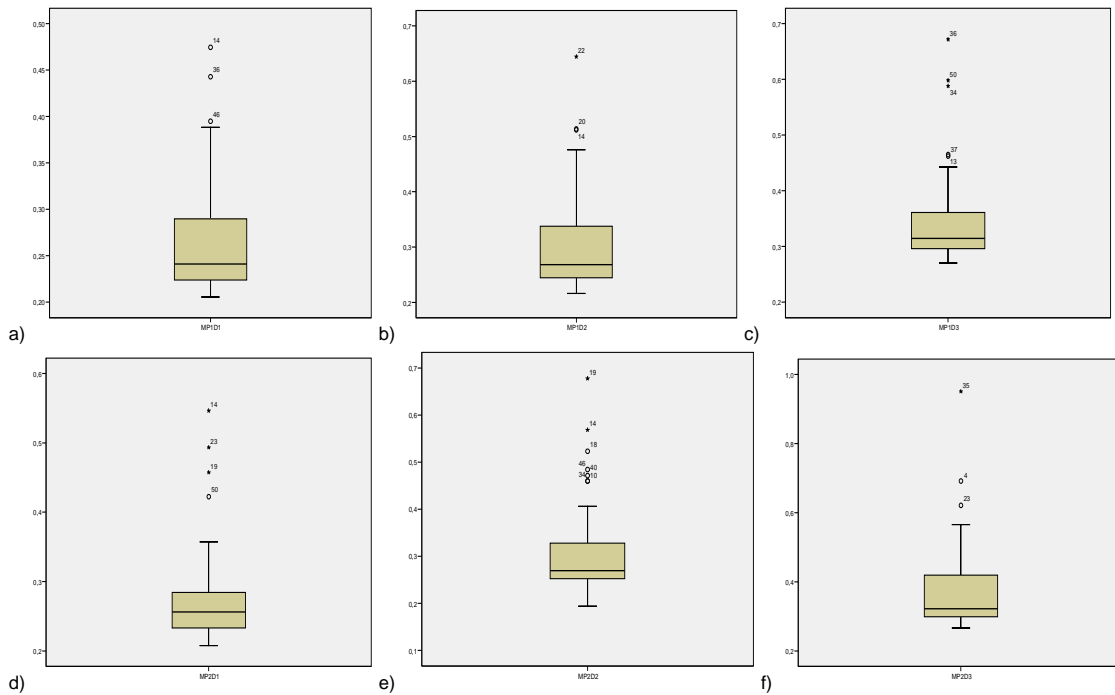
6.3. PERCENTILES PARA EL TIEMPO DE MOVIMIENTO

Tabla 64. Percentiles para el Tiempo de Movimiento

Percentiles	MP1D1	MP1D2	MP1D3	MP2D1	MP2D2	MP2D3
5	0.21	0.22	0.27	0.21	0.22	0.27
10	0.21	0.22	0.27	0.21	0.22	0.27
25	0.22	0.24	0.29	0.23	0.25	0.29
50	0.24	0.26	0.31	0.25	0.26	0.32
75	0.29	0.34	0.36	0.28	0.34	0.43
90	0.38	0.47	0.46	0.42	0.48	0.56
95	0.44	0.51	0.59	0.49	0.56	0.69

Para el tiempo de movimiento, con la pierna derecha, el percentil 50 se sitúa en los 0.24 segundos desde la distancia 1, en los 0.26 s desde la distancia 2 y en los 0.31 s desde la distancia 3. Con la pierna izquierda, el percentil 50 se sitúa en valores en torno a los 0.25, 0.26 y 0.32 s desde la distancia 1, 2 y 3, respectivamente. El resto de percentiles, pueden observarse en la tabla 68.

Gráfico 9. Diagramas de caja para los percentiles del tiempo de movimiento



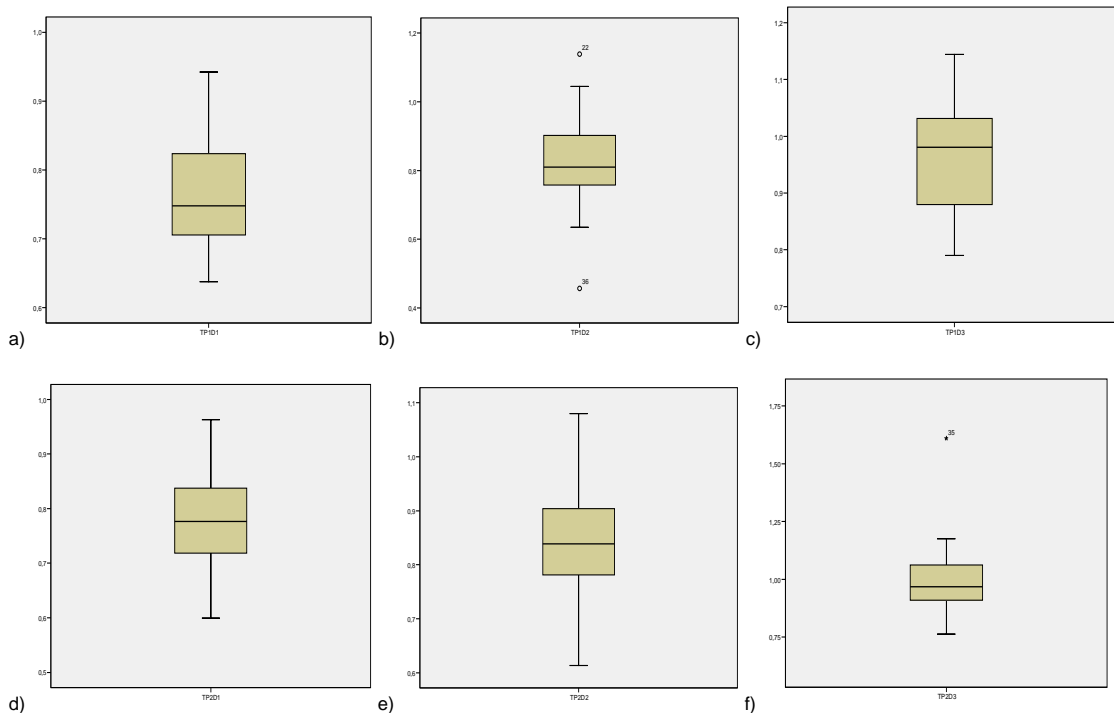
6.4. PERCENTILES PARA EL TIEMPO TOTAL DE RESPUESTA

Tabla 65. Percentiles para el Tiempo Total de Respuesta

Percentiles	TP1D1	TP1D2	TP1D3	TP2D1	TP2D2	TP2D3
5	0.64	0.62	0.79	0.64	0.69	0.80
10	0.65	0.70	0.83	0.67	0.75	0.83
25	0.70	0.75	0.87	0.71	0.77	0.90
50	0.74	0.81	0.98	0.77	0.83	0.96
75	0.82	0.90	1.03	0.84	0.90	1.06
90	0.90	0.99	1.08	0.89	0.96	1.13
95	0.93	1.04	1.12	0.93	1.06	1.19

Para el tiempo total de respuesta, el percentil 50 se sitúa en los 0.74 segundos desde la distancia 1, en los 0.81 s desde la distancia 2 y en los 0.98 s desde la distancia 3. Con la pierna izquierda, el percentil 50 se sitúa en valores en torno a los 0.77, 0.83 y 0.96 s desde la distancia 1, 2 y 3, respectivamente. El resto de percentiles, pueden observarse en la tabla 69.

Gráfico 10. Diagramas de caja para los percentiles del tiempo total de respuesta



CAPÍTULO VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El deporte de alto nivel se caracteriza por severas limitaciones espacio-temporales (Williams, Davids, y Williams, 1999) y el Taekwondo competición, según Lee et al., (2005) es un buen ejemplo de ello, ya que, el combate se caracteriza por distancias cortas, velocidades altas de golpeo y grandes fuerzas de ataque (Nien et al., 2004; Chiu et al., 2007) y, junto con el tiempo de movimiento y el tiempo de reacción, estas variables podrían ser los elementos clave para la victoria (Vieten et al., 2007). En competición, dos atletas se encuentran cara a cara, a una distancia de dos metros, realizando acciones ofensivas, donde, la literatura en boxeo (Walker, 2003) sugiere que, uno de los factores más importantes que regulan el golpeo es la percepción escalar de la distancia del oponente, o distancia de combate (Hristovski et al, 2006; Kim et al. 2008; Lee et al., 2005a; Lee y Huang 2006; Roh y Watkinson, 2002; Yonas y Hartman, 1993), susceptible de cambiar según parámetros antropométricos, donde, la decisión de golpear dependerá de la percepción que tenga el sujeto de si alcanzará el blanco, o no (Ulrich, Thelen, y Niles, 1990).

No obstante, y a pesar de la alta relevancia de las técnicas de pierna, existen, hasta la fecha, pocos estudios biomecánicos (Emmermacher, et al., 2007; Mazlan, et al., 2007) que nos ayuden a entender la eficacia de las mismas.

Además, cada uno ha abordado el tema desde un punto de vista diferente, es decir, a unos autores les ha interesado la fuerza de impacto que eran capaces de generar los sujetos (Chiu et al., 2007; Conkel et al., 1988; Lee et al., 2005; Li et al., 2005; Monoley et al., 1997; Nien et al., 2004; O'Sullivan et al., 2008; Pearson, 1997; Pedzich et al., 2006; Sidlhaw, 1997; Wilk et al., 1983), a otros, les interesaba el tiempo de reacción, sin tener en cuenta el tiempo de movimiento, mientras hay quienes han estudiado el tiempo de movimiento de una técnica (Emmermacher et al., 2007; Joon, 1987; Kim, 1991 Lee y Huang, 2006; Nien, 2007; Sung, 1987; Tsai, 2005; Tsai, 2007) sin realizar una comparación entre grupos, debido al número de sujetos la muestra o por ser experimentos de $n=1$.

Por ello, se ha realizado la presente investigación, con una muestra compuesta por 51 taekwondistas, donde el 72,5% son hombres ($n= 37$) y el 27,5% son mujeres ($n=14$), de los cuales, el 41,2% son medallistas ($n= 21$) y el 58,8% son sujetos que no han obtenido una medalla en una competición oficial ($n=30$), todos ellos deportistas de la Comunidad Valenciana, con el objetivo general de observar los parámetros mecánicos fuerza de impacto, tiempo total de respuesta, tiempo de movimiento y tiempo de reacción en función de la distancia de ejecución, para la pierna dominante y no dominante en varones y mujeres de dos niveles de pericia en Taekwondo. Para ello, se ha implementado un nuevo sistema capaz de recoger una medida precisa, fiable y en tiempo real, de cada uno de los parámetros de estudio (fuerza de impacto, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta).

El dispositivo, conformado por una plataforma de contacto, un muñeco, al que se le ha adaptado una plataforma de presión, y un led de luces, controlados mediante un microprocesador, enviará los datos al PC, para que éste pueda procesarlos y mostrarlos. Este sistema permite reproducir acciones y movimientos estáticos y dinámicos, pudiendo regularse en altura y ofrecer feedback inmediato a entrenadores y deportistas, permitiendo disponer de material de evaluación del rendimiento físico-técnico.

Debido a la variedad de sistemas, métodos, unidades de medida y técnicas utilizadas para ello, los resultados de nuestro estudio, a nivel descriptivo, son difíciles de comparar. Por ello, a lo largo de estas páginas únicamente comentaremos los resultados que sigan la nomenclatura del Sistema Métrico Internacional. Nuestros resultados, en fuerza máxima de impacto, se asemejan a los aportados por Balius et al. (1993), Falco et al. (2009) y Li et al. (2005), siendo ligeramente superiores a los aportados por Monoley et al. (1997), Pearson (1997) o Pieter y Pieter (2005) e inferiores a los aportados por Chiu et al. (2007), O'Sullivan et al. (2008), Pedzich et al. (2006) o Sidtlhaw (1997).

Entre los estudios que han medido el tiempo de reacción, en los deportes de combate, encontramos a Harmenberg et al. (1991), Lee (2005), Tsai et al. (2004) o Tsai et al. (2005), cuyos resultados son similares a los de nuestro estudio. Sin embargo, los resultados obtenidos por Hermann et al. (2008), Nien et al. (2004) o Vieten et al. (2007) son ligeramente inferiores a los nuestros. Ello podría ser debido a que la medición del tiempo de reacción ha sido diferente, ya que estos autores midieron el tiempo de reacción desde la aparición de la luz y hasta que el sujeto movía el tobillo de la pierna de golpeo, mientras que en nuestro estudio, el tiempo de reacción era contabilizado desde que aparecía la luz, hasta que el sujeto levantaba el pie de la plataforma de contacto.

Durante los últimos años, el éxito en una técnica se ha centrado en el golpeo directo, realizado en el mínimo intervalo de tiempo (Su et al., 2008). Los resultados de nuestro estudio en el tiempo de movimiento son acordes a los resultados aportados por Balius et al. (1993), Boey y Xie (2002), Falco et al. (2009), Hermann et al. (2008), Joon (1987) o O'Sullivan et al. (2008) y superiores a los aportados por Lee et al. (2005), Nien et al. (2004), O'Donovan et al. (2008), Tsai et al. (2004), Tsai et al. (2005) o Tsai et al. (2007) en la ejecución de una técnica de combate. Los resultados aportados por Emmermacher et al. (2007), Kim (1991), Nien et al. (2007), Olive (2005), Su et al. (2008), Sung et al. (1987), Tang et al. (2007), en tiempo de movimiento, son superiores a los hallados en

nuestro estudio. Esta disparidad en los datos obtenidos, podría deberse a la interpretación que cada autor ha tenido sobre lo que se considera tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta, aunque esta disparidad en los resultados, bien podrían deberse al tipo de técnica utilizada y a la altura a la que se realiza el golpeo, ya que no todas las técnicas analizadas han sido la patada circular al pecho. Estudios futuros deberían confirmarlo.

Algunos estudios, en los deportes de combate, han tratado de obtener conclusiones que se puedan aplicar al entrenamiento y a la competición, intentado ver qué es lo que diferencia a los expertos de aquellos que no lo son para, posteriormente, intentar mejorar esas características por medio del entrenamiento o seleccionar aquellos sujetos que las posean tanto en la fuerza máxima de impacto (Bai, 2000; Boey y Xie, 2002; Conkel et al., 1988; Falco et al., 2009; Kim et al., 2008; Lee y Huang, 2006; Nien et al., 2004; Smith et al., 2000; Williams y Walmsley, 2000), como en el tiempo de reacción (Chen, 2005; Fontani, 2006; Harmenberg et al., 1991; Nien et al., 2004; O'Donovan et al., 2006; Tang, 2001; Vieten et al., 2007).

Los estudios que han analizado la fuerza de golpeo en función del nivel, en general han concluido que existen diferencias en función del nivel de los sujetos (Bai, 2000; Nien et al., 2004; Falco et al., 2009; Smith et al., 2000). Sin embargo, y en consonancia con los resultados obtenidos por Conkel et al. (1988), quienes no obtuvieron diferencias significativas en la fuerza de impacto en función del nivel de los sujetos, los resultados de nuestro estudio no nos permiten confirmar la **hipótesis 4.1** en la que se postulaba que los medallistas golpeaban más fuerte que los no-medallistas, ya que los resultados obtenidos en el análisis diferencial no muestran diferencias desde la distancia 2, con ambas piernas y, desde la distancia 1, con la pierna derecha. En este sentido, los resultados de nuestro estudio se atribuyen al efecto de la distancia de golpeo, ya que, se dan en las distancias en las cuales los deportistas, menos experimentados, no estarían tan acostumbrados a golpear (Boey y Xie, 2002; Kim et al., 2008; Lee y

Huang, 2006; Williams y Walmsley, 2000) y al tiempo de reacción, ya que, a excepción del estudio realizado por Nien et al. (2004) (quienes, en su protocolo, no incluyeron la distancia de golpeo), estas dos variables no estuvieron presentes.

Sin embargo, y en consonancia con la literatura consultada, los varones golpean más fuerte que las mujeres, confirmando la **hipótesis 4.2** en la que se afirmaba que los varones golpean más fuerte que las mujeres. Además, esta hipótesis está respaldada por los resultados obtenidos en el análisis diferencial en todas las distancias y con ambas piernas, a excepción de la distancia 2 con la pierna derecha. Li et al. (2005), también hallaron mayores fuerzas de impacto en hombres que en mujeres, aunque, estos autores, no comentan si dichas diferencias eran o no, significativas. Dichas diferencias podrían atribuirse a la mayor masa muscular de los varones, al igual que Monoley et al. (1997) sugirieron en su estudio.

En la literatura encontramos dos formas de generar grandes fuerzas de impacto: siguiendo el principio de cadena cinética o utilizando la masa corporal. Siguiendo a Dzierwiecki (2002), el comprometer una gran masa del cuerpo durante el golpeo, puede influenciar significativamente el mecanismo de la fuerza generadora del mismo. En este sentido, según Pearson (1997) y Pedzich et al. (2006), la fuerza del golpeo depende del peso del atleta ya que, una correlación estadísticamente significativa entre esos dos parámetros testificaría la capacidad de la masa corporal para aumentarla. En nuestro estudio, la fuerza de impacto y el peso del atleta, únicamente muestran una relación positiva en medallistas y no-medallistas, y en todas las distancias, con la pierna derecha, lo que no nos permite confirmar la **hipótesis 4.3** en la que se postulaba que la fuerza de golpeo dependía del peso del atleta. Estos resultados son difíciles de explicar. Falco et al. (2009), en un estudio idéntico al nuestro, excepto por la variable tiempo de reacción, hallaron una relación positiva entre la fuerza de impacto y el peso, en una muestra de sujetos promesas ($r = .28$),

donde el peso explicaba en un 32.6% de la varianza de la fuerza de impacto, mientras que en el grupo expertos, no hallaron dicha relación. Estos resultados, podrían ser debidos a la variable tiempo de reacción, como mediadora de la fuerza máxima de impacto, ya que, en nuestro estudio, el tiempo de reacción, sigue, en los no-medallistas, una relación positiva con la fuerza máxima de impacto en las distancias 1 y 2, con la pierna derecha, pero no en la distancia 3, (distancia en la que se han hallado diferencias en la fuerza máxima de impacto, entre medallistas y no-medallistas). Sin embargo, el hecho de que no existan diferencias, en esas dos distancias (1 y 2, con la pierna derecha), en el tiempo de reacción y en función del nivel de los sujetos, hace difícil establecer dicha hipótesis. Futuras investigaciones deberían estudiar la fuerza máxima de impacto en función del peso del atleta (fuerza relativa), a la hora de valorar esta variable, teniendo en cuenta que el taekwondo de competición se divide en categorías, en función del peso del deportista.

En el taekwondo competición, dos atletas se encuentran cara a cara, a una distancia de dos metros, realizando acciones ofensivas uno contra otro, con una excepcional rapidez y potencia, donde la necesidad de atacar y defender sobre el oponente puede llevar a los atletas de los deportes de combate a desarrollar habilidades perceptuales específicas para reaccionar de forma más rápida. Vieten et al. (2007) y Nien et al. (2004) afirman que el tiempo de reacción no depende tanto de la experiencia sino de las capacidades del individuo. Nuestros resultados irían en esta línea, añadiendo la altura del golpeo, estando de acuerdo con la afirmación de Su et al. (2008), en orientar a los atletas a realizar el ataque sin dar pistas, para así conseguir el punto, ya que, en nuestro estudio, los resultados no nos permiten confirmar la **hipótesis 1.3** en la que se postulaba que minimizar el tiempo de reacción era un factor necesario en este deporte debido a que el análisis diferencial realizado, para el tiempo de reacción, en función del nivel de los sujetos (medallistas y no medallistas), únicamente muestra diferencias desde la distancia 2 y 3 con la pierna izquierda.

Queremos resaltar que estas distancias coinciden, normalmente, con la pierna no dominante, y desde las distancias más “incomodas” verbalizadas por los deportistas.

Generalmente, según Tsai et al. (2004) y Nien et al. (2004), los hombres y mujeres, con un tiempo de reacción más rápido, tienen un mejor control sobre la distancia de ataque y el tiempo. Así, en función del género, Vieten et al. (2007), hallaron diferencias significativas en el tiempo de reacción, durante la ejecución de un bandal chagui. Sin embargo, en nuestro estudio, en función del género, no hay diferencia en el tiempo de reacción entre varones y mujeres ya que, el análisis diferencial, no muestra diferencias significativas con ninguna de las dos piernas, ni desde ninguna de las tres distancias planteadas. Ello no nos permite confirmar la **hipótesis 1.2** en la que se postulaba que el género varón tenía un menor tiempo de reacción que las mujeres, en consonancia con los resultados aportados por Hermann et al. (2008) o Tsai et al. (2004), quienes tampoco hallaron diferencias en función del género. Ello podría ser debido a que, tal y como informa Silverman (2006), dicha ventaja masculina en el tiempo de reacción, podría estar viéndose reducida, posiblemente, debido a la mayor participación de las mujeres el deporte. Además, Botwinick y Thompson (1966) encontraron que casi todas las diferencias entre hombres y mujeres eran debidas al retraso entre la presentación del estímulo y la contracción del músculo, lo que explicaría los resultados obtenidos por Brown et al. (2008), revelando el efecto del género, al hallar diferencias significativas en la salida de 100m de los Juegos Olímpicos del 2004.

Los estudios sobre tiempo de reacción, en los deportes de combate, han tratado de obtener conclusiones, intentado ver qué es lo que diferencia a los expertos de aquellos que no lo son para, posteriormente, intentar mejorar esas características por medio del entrenamiento o seleccionar aquellos sujetos que las posean. Mientras algunos estudios concluyen que los practicantes de los deportes de combate, y sobre todo los de mayor nivel, tienen mejor tiempo de

reacción (Fontani, 2006; Chen, 2005; Nien et al., 2004; Vieten et al., 2007), otros dicen que son similares a la población no practicante (Tang, 2001; O'Donovan et al., 2006; Harmenberg et al., 1991).

Nuestros resultados no arrojan mucha más luz a este tema, ya que en nuestro estudio, y en función del nivel de los sujetos, los medallistas reaccionan en un menor tiempo que los no-medallistas desde las distancias 2 y 3 con la pierna izquierda, pero no desde la distancia 1, ni en ninguna de las tres distancias, con la derecha, rechazando la **hipótesis 1.1**, según la cual, los medallistas tenían un mejor tiempo de reacción que los no-medallistas, ya que dichas diferencias, únicamente, se dan en dos de las seis distancias planteadas. Harmenberg et al. (1991), O'Donovan et al. (2006), Tang (2001), tampoco hallaron diferencias significativas en tiempo de reacción en función del nivel. En cambio, los estudios de Kioumourtzoglou et al. (1998), Knapp (1961) o Layton (1993), muestran un mejor tiempo de reacción, para expertos que para novicios. En la misma línea, Fontani et al. (2006), Vieten et al. (2007) o Williams y Walmsley (2000), presentan resultados similares para karate, taekwondo y esgrima, respectivamente. Nien et al. (2004) también encontraron diferencias significativas, en función del nivel, atribuyendo a las capacidades del individuo, más que a la experiencia, dichas diferencias.

Como ya hemos comentado, los resultados de nuestro estudio se atribuyen más a la experiencia que a las capacidades del individuo, ya que, el hecho de que estas diferencias sean significativas en las distancias 2 y 3 con la pierna izquierda, coincide, normalmente, con la pierna no dominante, la extremidad menos entrenada y en las distancias más "incomodas" verbalizadas los sujetos del estudio de Kim et al. (2008) o Williams y Walmsley (2000), con un protocolo similar al nuestro.

El Taekwondo también es un deporte de golpeo donde las técnicas con la pierna dominante y la no dominante se suceden alternativamente. En general,

los atletas tienen preferencia por una pierna en particular para golpear durante el entrenamiento, y según Dworak et al. (2005), generalmente, los golpes realizados con el segmento dominante producen mejores resultados, aunque no se conoce si esta preferencia existe o no en la elite del taekwondo (Tang, Chang y Nien, 2007). En función de la pierna que realiza el golpeo, los resultados de nuestro estudio, para el grupo medallistas, no muestran diferencias en la fuerza máxima de impacto, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta, mientras que, para la variable tiempo de reacción, estas diferencias se muestran significativas en la distancia 3. Ello nos permite confirmar la **hipótesis 5.1**, la **hipótesis 5.3** e **hipótesis 5.4** según las cuales, la fuerza máxima de impacto, el tiempo de movimiento y el tiempo total de respuesta no difería entre la pierna dominante y la no dominante, en el grupo medallistas y rechazar la **hipótesis 5.2**, ya que el análisis diferencial muestra diferencias, en función de la pierna que realiza la técnica, en el tiempo de reacción, desde la distancia 3. Los no-medallistas muestran estas diferencias, en las tres distancias, en el tiempo total de respuesta (compuesto por el tiempo de reacción más el tiempo de movimiento) y en la fuerza máxima de impacto, desde la distancia 1. Los resultados de nuestro estudio irían en la línea del realizado por Herman et al. (2008), Andrzewsky y Elbaum (2005), O'Donovan et al. (2006), Layton (1993), Peng (2006), Tang et al. (2007) o Zifchoch et al. (2008), en estudios con atletas de taekwondo, karate y corredores de fondo, quienes no hallaron diferencias significativas en función de la extremidad que realizaba el gesto. Así mismo, difieren de los hallados por Roi y Bianchedi (2008) con esgrimistas o el realizado por Rogowski et al. (2008) en tenistas, mostrando una asimetría en los segmentos.

Ello, sugeriría que, ciertas adaptaciones, específicas del deporte, sucederían como resultado de una practica asimétrica de la actividad deportiva, sugiriendo una ausencia de asimetrías en los practicantes de taekwondo durante la ejecución de una patada circular. Basándonos en dichos hallazgos, podríamos sugerir que los de taekwondistas de mayor nivel no parecen ser

cinemáticamente diferentes entre la pierna dominante y la no dominante. Quizá la simetría en las habilidades de golpeo sea importante para un nivel de elite en taekwondo, suponiendo una ventaja a la hora de atacar y defender. Así mismo, todo apunta a que las diferencias encontradas en nuestro estudio, bien podrían verse aumentadas con la realización de una técnica, a priori, más compleja, ya que Pedzich et al. (2006), en su estudio sobre el Yop y Dwit Chagui, con una muestra de sujetos experimentados, hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la fuerza de impacto con la pierna derecha cuando ésta, era la pierna dominante.

Los trabajos que han medido la duración de las técnicas, propias del deporte, por lo general, han concluido que una técnica de ataque directo, es más rápida que la reacción a ésta, compuesta por el tiempo de reacción y el tiempo movimiento del adversario. En nuestro estudio, y confirmando la **hipótesis 6.1**, el tiempo de reacción es mayor que el tiempo de movimiento en todas las distancias y, en la línea de los resultados aportados por Choi (1977), Hermann et al. (2008), Lee et al. (2005), así como Choi (1977). Este último concluyendo, que, un ataque, sólo se podría parar si, previamente, sabemos la técnica a realizar. Las conclusiones de Oehsen (1987), también van en la línea de la dificultad de reaccionar por parte de aquel que recibe el ataque, al igual que Iranyi (1974), quien afirma que el tiempo que se necesita para hacer un ataque es inferior al tiempo para pararlo (compuesto por el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento de la parada), por lo cual, según este autor, no se deben asociar dos respuestas diferentes a un mismo estímulo ya que, la elección de una u otra respuesta, aumentaría el tiempo de reacción. Sin embargo, bajo tres niveles de elección del target con tres variaciones de la distancia de ejecución, los esgrimistas de élite del estudio realizado por Williams y Walmsley (2000), (al igual que en nuestro estudio) fueron más rápidos en tiempo de reacción y en tiempo total de respuesta, presentando un elevado nivel de precisión. Por ello, su hipótesis de que el incremento de las alternativas podría causar un aumento en el tiempo de reacción no fue sostenida. Excepto en alguna diferencia entre la

distancia corta, en las otras dos distancias, el efecto de la distancia de movimiento no fue apreciable.

Las investigaciones en que se ha comparado el tiempo de movimiento, en función del nivel, encontramos que los de mayor nivel (frente a los de un nivel inferior) o los practicantes de este deporte (frente a los no practicantes o practicantes de otro arte marcial) obtienen mejores resultados (Falco et al., 2009; O'Donovan et al., 2008; O'Sullivan et al., 2008). Sin embargo, los resultados de nuestro estudio no muestran diferencias entre los sujetos medallistas y no medallistas, rechazando la **hipótesis 2.3** en la que se postulaba que minimizar el tiempo de movimiento era un factor necesario para la excelencia en taekwondo y la **hipótesis 2.1** según la cual, los medallistas tendrían un mejor tiempo de movimiento que los no-medallistas ya que el análisis diferencial no muestra diferencias significativas entre estos dos grupos, en consonancia con los resultados aportados por Nien et al. (2004), quienes tampoco encontraron diferencias significativas, en el tiempo de movimiento, en la realización de un bandal chagui, entre dos grupos de diferente nivel o Williams y Walmsley (2000), quienes encontraron un mejor tiempo motor en novatos que en esgrimistas de alto nivel, pese a que los segundos tenían una mejor coordinación intermuscular.

De la misma forma, no se han encontrado diferencias en el tiempo de movimiento, ni en el tiempo total de respuesta, en función del género, lo cual, no nos permiten confirmar las **hipótesis 2.2** donde se postulaba que el género varón mostraría un menor tiempo de movimiento que las mujeres, e **hipótesis 3.2** según la cual, los varones tendrían un menor tiempo total de respuesta que las mujeres, ya que los resultados, únicamente, muestran diferencias significativas en tiempo total de respuesta, desde la distancia 2, con la pierna derecha, y desde la distancia 1, con la pierna izquierda. Nuestros resultados van en la línea de los aportados por Hermann et al. (2008) o Tsai et al. (2004), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en el tiempo de

movimiento entre hombres y mujeres, aunque los varones presentaron, generalmente, tiempos de movimiento menores, al igual que los resultados obtenidos por Pieter y Heijmans (1997), así como, Sung et al. (1987), quienes también hallaron tiempos de movimiento menores en varones que en mujeres, sin discutir si esas diferencias eran o no significativas. Sin embargo, Boey y Xie (2002) hallaron tiempos de movimiento superiores en hombres que en mujeres, aunque, tampoco, discuten si estas diferencias son significativas, concluyendo que parece no haber relación entre la trayectoria y el resultado de una mayor velocidad en el golpeo. No obstante, Hong et al. (2000) muestran, que existen diferencias significativas en el tiempo de movimiento, en función del estilo y la altura de golpeo, no hallando diferencias significativas en el tiempo de movimiento, en función de la forma de preparación. Estudios futuros deberían confirmarlo.

En la línea de Nien et al. (2004), en nuestro estudio no hemos hallado diferencias significativas para el tiempo total de respuesta, en función del nivel de los sujetos. Estos resultados no nos permiten confirmar la **hipótesis 3.1** según la cual, los medallistas tendrían un menor tiempo total de respuesta que los no-medallistas, ya que los primeros, únicamente, muestran un mejor tiempo total de respuesta, desde la distancia 3 con la pierna izquierda. Por su parte, Nougier et al. (1990) compararon a dos grupos de esgrimistas de diferente nivel y pudieron comprobar que los expertos eran mejores en tiempo total de respuesta. Esta diferencia se debía fundamentalmente al tiempo motor y no al tiempo de reacción que, pese a ser menor en los expertos, no mostraba diferencias significativas.

Según los mismos autores, estos datos se deben a que los expertos tienen una mejor automatización del movimiento, corroborándolo con la alta variabilidad presentada por los sujetos no expertos, en sus tiempos de respuesta. Estos resultados no fueron replicados por Williams y Walmsley (2000), encontrando, como ya hemos apuntado, un mejor tiempo total de

respuesta en los esgrimistas de alto nivel que en los novatos. El tiempo motor era mejor en los novatos que en los esgrimistas de alto nivel, y ese tiempo motor más largo en los expertos era suplido por un por un mejor tiempo de reacción. No obstante, el aparato de Williams y Walmsley (2000) tenía un solo objetivo que tocar, mientras el de Nougier et al. (1990) constaba de seis, por lo que los resultados contradictorios son difíciles de explicar.

Tradicionalmente se ha creído que existe una alta relación entre tiempo de reacción y tiempo de movimiento (Oxendine, 1984). Es decir, un individuo con un tiempo de reacción menor sería capaz de moverse más rápido que una persona con un tiempo de reacción más lento. Mientras Guilford, (1958) y Henry (1952 y 1960), Fairclough (1952), Cooper (1956), Fitts y Posner (1968) y Drowatzky (1975) han afirmado que estas dos variables son independientes entre si, Westerlund y Tuttle (1931), Kerr (1966), Pierson y Rasch (1959), Hipple (1954), así como Godoy y Ugarte (1980), hallaron dicha correlación positiva entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento. En nuestro estudio, dicha relación es negativa, rechazando así la **hipótesis 6.2** según la cual, el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento son procesos independientes, ya que los resultados de nuestro estudio muestran una relación negativa en los sujetos no-medallistas, en todas las distancias (a excepción de la distancia 2 con la pierna derecha). En los medallistas dicha relación se da en la distancia 3 con ambas piernas y en la distancia 2 con la pierna derecha.

Sin embargo, una de las limitaciones del estudio es la imposibilidad de comparar los resultados obtenidos debido a la disparidad de métodos, y procedimientos, utilizados en otras investigaciones. Otra limitación es la muestra utilizada en nuestro estudio, pues los resultados no pueden ser extrapolados al total de la población. No obstante, creemos conveniente seguir con métodos de evaluación objetiva que abarquen la totalidad de la acción a realizar, como es el caso de la presente investigación. Estudios futuros deberían incluir, además, un mayor número de alternativas en el tiempo de reacción, así

como la colocación de acelerómetros en los puntos articulados de la pierna de golpeo o la utilización de cámaras de alta velocidad para saber como los segmentos corporales interactúan durante la realización técnica, y estudiarla siguiendo el principio de cadena cinética y qué consecuencias tiene, en el lance luctatorio, en función de la técnica realizada. Serían necesarios nuevos estudios que relacionen el impulso generado contra el suelo, con el tiempo de reacción, la fuerza de impacto y el peso del atleta. Una última limitación del estudio sería la utilización de una única técnica ya que quizá, al ser, el Bandal Chagui, la técnica más utilizada en combate, los deportistas tienen un gran control en la utilización de la misma y siguen el principio de cadena cinética para la realización de la misma o bien, utilizan el peso para generar una mayor fuerza de impacto y las diferencias exhibidas en esta técnica sean menores que si la realización de la misma fuese otra. Siguiendo Pedzich et al. (2006), ello podría ser debido a que el bandal chagui es la técnica más utilizada en un combate de taekwondo (Boey y Xie, 2002; Lee, 1983; Lee, Chin y Liu, 2005; Lee y Huang, 2006; Kim y Kim, 1997; Nien et al., 2004; Roh y Watkinson, 2002). Quizá, si estudiásemos otra acción, los sujetos con mayor destreza técnica, obtendrían mejores resultados en las patadas más complejas frente a posibles no diferencias en las patadas más sencillas, como es el caso de nuestro estudio. Así mismo, sería interesante estudiar la importancia de seguir un patrón de lanzamiento que responda a un modelo próximo-distal de interacción segmentaria, utilizando el principio de cadenas cinéticas (Kim y Kim, 1997; Putnam, 1991) en función de si existe blanco de impacto o no, ya que el taekwondo es un deporte dinámico, donde el blanco de golpeo esta en continuo movimiento y no todas las acciones realizadas impactan en el mismo. Así mismo, sería interesante estudiar el impulso que generan los sujetos a la hora de levantar el pie del suelo, para así, saber si los sujetos que utilizan un mayor tiempo para reaccionar lo utilizan para generar un mayor impulso.

Según los resultados de esta investigación se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- 1.- El sistema es capaz de obtener datos objetivos del rendimiento mecánico, permitiendo diferenciar a los sujetos en función del nivel y del género, siendo una herramienta útil en el entrenamiento.
- 2.- Los medallistas muestran una mayor fuerza de impacto desde la distancia 3, con ambas piernas y desde distancia 1, con la izquierda, un mejor tiempo de reacción que los no-medallistas, desde las distancias 2 y 3 y un mejor tiempo total de respuesta desde la distancia 3, con la pierna izquierda.
- 3.- No existen diferencias entre medallistas y no-medallistas en tiempo de movimiento.
- 4.- Varones golpean con una mayor fuerza de impacto que las mujeres desde todas las distancias, excepto desde la distancia 2, con la pierna izquierda y, en un menor tiempo total de respuesta, desde la distancia 1.
- 5.- El género no influye en el tiempo de reacción ni en el tiempo de movimiento.
- 6.- Los medallistas muestran una asimetría, en el tiempo de reacción, desde la distancia 3, mientras los no-medallistas muestran una asimetría, en el tiempo de reacción, desde la distancia 3 y en la fuerza de impacto, desde la distancia 1.
- 7.- En el género mujer no existen diferencias entre la pierna dominante y no-dominante.
- 8.- La distancia es un factor a tener en cuenta en la realización de una patada circular o Bandal Chagui.
- 9.- El tiempo de reacción es mayor que el tiempo de movimiento, siguiendo una relación negativa entre ambos.
- 10.- En el género varón, el peso tiene una relación positiva con la fuerza máxima de impacto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, J., Paas, F., Buekers, M., Wuyts, I., Spijkers, W. y Wallmeyer, P. (1999). Gender differences in choice reaction time: evidence for differential strategies. *Ergonomics*, 42, 327.
- Adrian, M. y Cooper, J. (1995). *Biomechanics of human movement*. Dubuque, IA: Brown and Benchmark.
- Ahn, B. (1985). Kinematic and Kinetic Analyses of Tae Kwon Do kicking motions. Unpublished Masters Thesis, Purdue University.
- Ando, S., Kida, N. y Oda, S. (2002). Practice effects on reaction time for peripheral and central visual fields. *Perceptual and Motor Skills*, 95(3), 747-752.
- Andrzejewski, X. y Elbaum, L. (2005). Biomechanical analysis of the front kick with the dominant and non-dominant limb in the shito-ryu style of Karate. *Proceedings of XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Beijing, China, 843.
- Arellano, R. y Oña, A. (1987). La atención selectiva en la eficacia motora. Efecto diferencial de la investigación sobre expectativas atencionales en la salida de natación. *Revista Motricidad Unisport*, 1 (0).
- Asami, T. (1983) Analysis of powerful ball kicking. In, Matsui, H., Kobayashi, K. (Eds.) *Biomechanics XIII-B, Human Kinetics*, Champaign, Illinois, 695-700.
- Baagrev, V.V. y Trachimovitch, M.A. (1981). Some peculiarities in the measurement of dynamic pressures in biomechanics. *Biomechanics*. VII-A, 511-513.
- Balius, X., Angulo, R., y Kinzler, S. (1993). *Biomecánica: Cinemática y Dinámica de las 5 Técnicas más frecuentes en competición en taekwondo*. Revista/Libro Libros C.O.E.: Taekwondo. Cap. 4, 39-46, Editor: COE, Madrid.
- Barral, J. y Debu, B. (2004). Aiming in adults: Sex and laterality effects. *Laterality: Assymetries of Body, Brain and Cognition*, 9(3). 299-312.
-

-
- Barthélémy, S., y Boulinguez, P. (2001). Manual reaction time asymmetries in human subjects: the role of movement planning and attention. *Neuroscience Letters*, 315(1), 41-44.
- Barthélémy, S., y Boulinguez, P. (2002). Orienting visuospatial attention generates manual reaction time asymmetries in target detection and pointing. *Behavioral Brain Research*, 133(1), 109-116.
- Bashore, T. R. y Ridderinkhof, K.R. (2002). Older age, traumatic brain injury, and cognitive slowing: some convergent and divergent findings. *Psychological Bulletin*, 128(1), 151.
- Beis, K., Tsaklis, P., Pieter, W. y Arabatzidis, G. (2001). Taekwondo competition injuries in Greek young and adult athletes. *European Journal of Sports Traumatology*, 23, 130-136.
- Beraud, P. y Gahery, Y. (1995). Relationships between the force of voluntary leg movements and the associated postural muscles. *Neuroscience letters*, 194(3), 177-180.
- Bernstein, N. (1967). *The coordination and regulation of movements*. New York: Pergamon Press.
- Bloch, H., Chemama, R., Gallo, A., Leconte, P., Leny, J.F., Postel, J., Moscovici, S., Reuchlin, M., y Vurpillot, E. (1996). *Diccionario de Psicología*, Madrid: Ediciones del Prado. Edición española adaptada por J. Carboles, T. Palomo, A. Blanco, A. Becerra, J. Hernández, J. Azaola, L. García, M. Carranza y D. Casalis. (Original: Larousse, 1992 de la edición francesa).
- Blum, H. (1977). Physics and the art of kicking and punching. *American Journal of Physics*, 45(1), 61-64.
- Boey, L. W. y Xie, W. (2002). Experimental investigation of turning kick performance of Singapore National Taekwondo players. *Proceeding of the 20th International Symposium on Biomechanics in Sports*. Cáceres, Spain, 302-305.
- Bompa, T. (1999). *Theory and methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
-

-
- Boring, E. G. (1978). *Historia de la psicología experimental*. México: Trillas. (Edición original 1950).
- Botwinick, J. (1966). Cautiousness in advanced age. *Journal of Gerontology*, 21, 347-353.
- Botwinick, J. y Thompson, L.W. (1966). Premotor and Motor Components of reaction Time. *Journal of Experimental Psychology*, 71(1), 9-15.
- Boulinguez, P. y Barthélémy, S. (2000). Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. *Brain and Cognition*, 44(3), 653-661.
- Brebner, J. T. (1980). Reaction time in personality theory. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York, pp. 309-320.
- Brebner, J. T. y Welford, A.T. (1980). Introduction: an historical background sketch. In Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York, pp. 1-23.
- Broadbent, D. E. 1971. *Decision and Stress*. Academic Press, London.
- Brown, A., Kenwell, Z., Maraj, B., y Collins, D. (2006). "Go" signal intensity influences the sprint start. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1142-1148.
- Brunet, R., Keller, S., y Moreaux, D. (1995). Effet de l'effort sur le temps de réponse simple et de choix en situation d'escrime. *Science & Sport*, 10, 215-217.
- Bryden, P. (2002). Pushing the limits of task difficulty for the right and left hands in manual aiming. *Brain and Cognition*, 48(2-3), 287-291.
- Buchsbaum, M. y Callaway, E. (1965). Influence of respiratory cycle on simple RT. *Perceptual and Motor Skills*, 20, 961-966.
- Bunn, J.W. (1972). *Scientific Principles of Coaching*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Cavanagh, P. R., y Landa, J. (1976). A biomechanical analysis of the karate chop. *The Research Quarterly*, 47, 610-618.
-

-
- Chamberlain, C. J., y Coelho, A. J. (1993). The perceptual side of action: Decision-making in sport. In J. L. Starkes, & F. Allard (Eds.), *Cognitive issues in motor expertise* (pp. 135–157). Amsterdam: Elsevier.
- Chang, R. S. (1997). An investigation of taekwondo round-kick. Unpublished master thesis. Taipei Physical Education College, Taiwan.
- Chen, F., Kikkawa, M. y Guo, Q. (2005). The analysis on the reaction time under the stimulus of different difficulty. ISBS Beijing, China, 181-82.
- Chiu, P.H., Wang, H.H. y Chen, Y.C. (2007). Designing a Measurement System for Taekwondo Training. En Menzel, H.J. y Chagas, M.H. (eds.), *Proceedings of the 25th International Symposium on Biomechanics in Sports* (p. S619). Ouro Preto.
- Cho, J.W. (1988). A study on the physical performance in children, *WTF Taekwondo*, 8 (4), 34-39. Seoul, Korea.
- Chun (1976). *Taekwondo: the Korean Martial Art*. Eds. Harper & Row, New York, 164-172.
- Choi, H.H. (1977). Geschwindigkeit und Reflex. En: Taekwondo. Dreieich bei Frankfurt: Budo-Verlag Sport-Rhode, p. 27-29.
- Choi, H.H. (1988). Taekwon-Do. Russia: International Taekwon-Do Federation.
- Chun, R. (1976). *Taekwondo: The Korean Martial Art*. New York: Harper Collins.
- Clarke, H.H. y Glines, D. (1962). Relationships of Reaction, Movement, and Completion Times to Motor, Strength, Anthropometric, and Maturity Measures of 13-Year-Old Boys. *Research Quarterly*, 33, 194-201.
- Collins, M. W., Field, M., Lovell, M.R., Iverson, G., Johnston, K.M., Maroon, J., y Fu, F.H. (2003). Relationship between post concussion headache and neuropsychological test performance in high school athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(2), 168-174.
- Conkel, B.S., Braucht, J., Wilson, W., Pieter, W., Taaffe, D., y Fleck, S.J. (1988). Isokinetic torque, kick velocity and force in taekwondo. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(2), S5.
-

-
- Crespo, A., Fernández, J.L., y Menéndez, F. (1993). Tiempos de reacción. Madrid: UNED.
- Cruz, J. (1997). Psicología del deporte. Madrid: Editorial Síntesis, S.A., 2, 43-74.
- Dane, S. y Erzurumluoglu, A. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal of Neuroscience*, 113(7), 923-929.
- Davies, G.J., Heiderscheit, B.C., Schulte, R., Manske, R., y Neitzel, J. (2000). The scientific and clinical rationale for the integrated approach to open and closed kinetic chain rehabilitation, *Orthop Phys Ther Clin North Am* 9 , 247-267.
- Davranche, K., Audiffren, M. y Denjean, A. (2006). A distributional analysis of the effect of physical exercise on a choice reaction time task. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 323-330.
- Deary, I. J., Der, G. y Ford, G. (2001). Reaction times and intelligence differences: A population-based cohort study. *Intelligence* 29(5): 389.
- Degtjarow IP, Dsherojan GO. [Faktoren-Analyse der Schnelligkeitseigenschaften von Boxern]. *Theorija i praktika fisitscheskoi kultury* 1971; 6. [Traducción del ruso al alemán por Tschiene P. En: Helmut Nickel (Ed.) *Kampfsport II-Sportwissenschaftliche Beiträge zum Boxen, Fechten, Judo und Ringen*. En Beihefte zu Leistungssport, 19. Deutscher Sportbund; 1979. p. 6-14].
- Der, G., y Deary, I.J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom health and lifestyle survey. *Psychology and Aging*, 21(1), 62-73.
- Devienne, M.F., Audiffren, M., Ripoll, H. y Stein, J.F. (2000). Local muscular fatigue and attentional processes in a fencing task. *Perceptual and Motor Skills*, 90, 315-318.
- Donders, F. C. (1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, 30, 412-431. (Edición original 1868-1869)
-

-
- Dos Anjos, L.A. y Adrian, M.J. (1986). Ground reaction forces during soccer kicks performed by skilled and unskilled subjects. *Revista Brasileira de Cienias do Esporto (abstract)*. Sao Paulo, Brazil.
- Draganich, L. F., Jaeger, R.J. y Kralj, A.R. (1989). Coactivation of the hamstrings and quadriceps during extension of the knee. *Journal of Bone Joints Surg. Am*, 74, 1075-1081.
- Drowatzky, J.N. (1975). Motor learning principles and practices. Minneapolis. Minnesota: Burgess, Publyshing Company, 2nd edition.
- Dworak, L.B., Oziwiecki, K., y MClczynski, J. (2005). Characteristics of kinematics and kinetics of strokes in karate - Biomechanical approach. *Proceedings of XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Beijing, China, 109-112.
- Dziewiecki K. (2002). Dependency between kinematic and kinetic parameters of strokes in fighting sports. *PhD thesis. University School of Physical Education, Poznan*. In Polish.
- Emmermacher, Witte, K., Bystryzycki, S., y Potenberg, J. (2007). Different variations of the karate technique Mawashi-geri. *Proceedings of XXV International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brazil, 289-292.
- Etnyre, B. y Kinugasa, T. (2002). Postcontraction influences on reaction time (motor control and learning). *Research Quaterly for Exerciseand Sport*, 73(3), 271-282.
- Falco, C., Alvarez, O., Castillo, I., Estevan, I., Martos, J., Mugarra, F., y Iradi, A. (2009). Influence of the distance in a roundhouse kick's execution time and impact force in Taekwondo. *Journal of Biomechanics*, 42(3), 242-248.
- Feld, M.S., McNair, R.E. y Wilk, S.R. (1979). The physics of Karate. *Scientific American*, 240(4), 150-158.
- Fieandt, K., Huhtala, A., Kullberg, P. y Saarl, K. (1956). Personal tempo and phenomenal time at different age levels. Reports from the Psychological Institute, No. 2, University of Helsinki.
-

-
- Fitts, P.M. y Posner, M.I. (1967). *The human performance*. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, California.
- Fleisig, G.S., Barrentine, S.W., Escamilla, R.F., y Andrews, J.R. (1996). Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sports Medicine*, 21, 421-437.
- Fontani, G., Lodi, L., Felici, A., Migliorini, S. y Corradeschi, F. (2006). Attention in athletes of high and low experience engaged in different open skill sports. *Perceptual and Motor Skills*, 102(3), 791-805.
- Freeman, G. L. (1933). The facilitative and inhibitory effects of muscular tension upon performance. *American Journal of Psychology*, 26, 602-608.
- Froeberg, S. (1907). The relation between the magnitude of stimulus and the time of reaction. *Archives of Psychology*, No. 8.
- Gablewiczowa, M^a. (1972). Problema de la rapidez de decisión dentro del deporte. Madrid: Instituto Nacional de Educación Física. Centro de investigación, documentación, e información. Delegación Nacional de Educación Física y Deportes. 122/72-CT. (Original: *Cultura Fizyczna*, 26,3, pp. 103-105).
- Galton, F. (1899). On instruments for (1) testing perception of differences of tint and for (2) determining reaction time. *Journal of the Anthropological Institute* 19: 27-29.
- García, J. M., Martín, R, Navarro, M. y Ruiz, J. A. (1998). *La velocidad, la mejora del rendimiento en los deportes de velocidad*. Madrid: Gymnos editorial deportiva, S.L.
- Godoy, J.D. y Ugarte, J. (1980). Tiempo de reacción y movimiento de extremidades en deportistas. *Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte* 26, 26-28.
- Gottesman, D.T. (1964). Relationships between Cattell's Sixteen personality factor questionnaire and physique, structure, strength and motor traits of college men. *Presented to the school of Heath Physical Education and Recreation and the Graduate School of the University of Oregón*. Tesis doctoral.
-

-
- Gottsdanker, R. (1975). The attaining and maintaining of preparation. Pages 33-49 in P. M. A. Rabbitt and S. Dornic (Eds.), *Attention and Performance*, Vol. 5. London, Academic Press.
- Grosser, M. (1992). *Entrenamiento de la velocidad. Fundamentos, métodos y programas*. Ediciones Martínez Roca, S.A. (Original: Schnelligkeits training. Munich. 1991. Traducción de S. Wolfgang., e I. Lledó).
- Guilford, J.B. (1958). A system of psychomotor abilities, *American Journal of Psychology*, 71, 164-174.
- Gutiérrez, M. y Soto, V. M. (1992) Análisis biomecánico de la cadena cinética implicada en el golpeo en el Fútbol con el empeine interior del pie. *Archivos de medicina del deporte*, 12(34), 165-171.
- Gutiérrez, A., González-Gross, M., Delgado, M. y Castillo, M.J. (2001). Three days fast in sportsmen decrease physical work capacity but not strength or perception-reaction time. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 11(4), 420.
- Harmenberg, J., Ceci, R., Barvestad, P., Hjerpe, K. y Nyström, J. (1991). Comparison of different test of fencing performance. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 573-576.
- Hazel, C. A. (1995). The efficacy of sports vision practice and its role in clinical optometry. *Clinical and Experimental Optometry*, 78, 98-105.
- Heijmans, J., Pieter, W. y Bercades, L. T. (2000). Anthropometric determinants of kick force in Junior Olympic taekwondo athletes. World Congress on Combat Sports and Martial Arts, University de Picardie Jules Verne, Faculte de Sciences du Sport, Amiens, France.
- Henry, FM. (1952). Independence of Reaction and Movement Times and Equivalence of Sensory Motivators of Faster Response. *Research Quarterly*, 23, 43-53.
- Henry, F. M., y Rogers, E. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31,448-458.
-

-
- Heller, J., Peric, T., Dlougà, R., Kohlicova, E., Melichna, J., Novàkova, H. (1998). Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *Journal of Sports Sciences*, 16, 243-249.
- Hermann, G., Scholz, M., Vieten, M., y Kohloeffel, M. (2008). Reaction and performance time of Taekwondo top-athletes demonstrating the baldung-chagui. *Paper presented in the International Symposium on Biomechanics in Sport (ISBS)*, 416-419. Seoul, Korea.
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 4: 11-26.
- Hong, Y., Hing K.L. y Luk, T.C.J. (2000). Biomechanical Analysis of Taekwondo Kicking Technique, Performance & Training Effects. *SDB Research Report*, 2, 1-29.
- Horrey, W. J. y Wickens. C. D. (2006). Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Human Factors*, 48(1), 196.
- Houlston, D. R. y Lowes, R. (1993). Anticipatory cue-utilization processes amongst expert and nonexpert wicketkeepers in cricket. *International Journal of Sport Psychology*, 24, 59-73.
- Hsieh, S. (2002). Tasking shifting in dual-task settings. *Perceptual and Motor Skills*, 94(2), 407.
- Hsu, C-L. (2007). Technical Analysis of Golden Medal Winners in the Female Taekwondo Competition of the 15th Asian Game. Master Thesis. etd-0726107-151415.pdf. Statistics Department Coaching Science
- Hultsch, D. F., MacDonald, S.W. y Dixon, R.A. (2002). Variability in reaction time performance of younger and older adults. *The Journals of Gerontology, Series B* 57(2), 101.
- Hwang, I. (1987). Analysis of the kicking leg in taekwondo. En Terands, J., Gowitzki, B.A. y Holt, L.E. (eds.), *Proceedings of the 5th International Symposium of Biomechanics in Sports*, 39-47. Athens.
-

-
- Iranyi, P. (1973). Probleme der Automatisierung beim Fechttraining (Problemas de automatización en el entrenamiento de esgrima). *Leistungssport* 3(2), 114-118 (Traducción en: Novedades en Esgrima I. Madrid: Instituto Nacional de Educación Física y Deportes;1974: 1933-1941).
- Jevas, S. y Yan, J.H. (2001). The effect of aging on cognitive function: a preliminary quantitative review. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, A-49.
- Joch, W., Fritsche, P. y Krause, I. (1981). Biomechanical analysis of boxing. *Biomechanics*. VII-A, 343-349.
- Johanson, A.M. (1922). The influence of incentive and punishment upon reaction time. *Arch. Ps. N.Y.*, 254.
- Joon, S.N. (1987). An analysis of the dynamics of the basic Taekwondo kicks. *U.S. Taekwondo Journal*, 4(2), 10-15.
- Kapandji, I.A. (1982). *The Physiology of the Joints*. 5th ed. New York, NY:Churchill Livingstone.
- Kashihara, K. y Nakahara, Y. (2005). Short-term effect of physical exercise at lactate threshold on choice reaction time. *Perceptual and Motor Skills*, 100(2), 275-281.
- Kazemi, M. y Pieter, W. (2004). Injuries at a Canadian National Taekwondo Championships: a prospective study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 5, 5-22.
- Kelso, J.A.S. (1982). Concepts and issues in human motor behavior: Coming to grips with the jargon. In J.A.S. Kelso (ed.), *Human Motor Behavior* (pp.21-58). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Assoc. Inc.
- Kemp, B. J. (1973). Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off condition. *Developmental Psychology* 8: 268-272.
- Kim, C. (1991) Kinematic analysis of Taekwondo dolryochagi. PhD Thesis, University of Korea.
- Kim, K. P. (1998). A study on development upon the age and globalization of Korea Taekwondo. *Korea Journal Sports Science*. 7, 21-38.
-

-
- Kim, Y. (2002). Effect of Practice on Pattern Changes: Roundhouse kick in Taekwondo. Tesis doctoral no publicada. Texas Christian University. Texas.
- Kim, Y. K. y Hinrichs, R. N. (2006). Biomechanical classification of Taekwondo kicks. 30th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics.
- Kim, Y. I. y Kim, H. R. (1997). A study of kicking techniques of female Taekwondo players. *Korea Journal Sports Science*, 6, 89-100.
- Kim, S. B. y Kim, J. S. (1997). Analysis of the anatomical kinematics at the joints during the roundhouse kick in Taekwondo. *Korean Journal of Physical Education*. 36, 348-360.
- Kim, H.S., y Petrakis, E. (1998). Visuoperceptual speed of karate practitioners at three levels of skill. *Perceptual and motor skills*, 87, 96-98.
- Kim, J.W., Yenuga, S.S., y Kwon, Y.H., (2008). The effect of target distance on trunk pelvis, and kicking leg kinematics in Taekwondo round house kick. *Paper presented in the International Symposium on Biomechanics in Sport (ISBS)*, 742. Seoul, Korea.
- Kioumourtzoglou, E., Kourtessis, T., Michalopoulou, M., & Derri, V. (1998). Differences in several perceptual abilities between experts and novices in basketball, volleyball and water-polo. *Perceptual and Motor Skills*, 86, 899-912.
- Knapp, B. (1961). Simple reaction times of selected top-class sportsmen and research students. *Research Quarterly*, 32, 409-411.
- Kohfeld, D. L. (1971). Simple reaction time as a function of stimulus intensity in decibels of light and sound. *Journal of Experimental Psychology*, 88, 251-257.
- Koslow, R.E. (1985). Peripheral reaction time and depth perception as related to ball color. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 125-143.
- Kreighbaum, E. y Barthels, K.M. (1996). Throwlike and pushlike movement patterns. In: *Biomechanics: A Qualitative Approach for Studying Human Movement*. 4th ed. Boston, MA: Allyn and Bacon, 335-354.
-

-
- Kroll, W. (1973). Effects of local muscular fatigue due to isotonic and isometric exercise upon fractionated reaction time components. *Journal of Motor Behavior*, 5, 81-93.
- Kukiwon (1995). *The manual of Taekwondo*. Seoul, Korea: Korea Taekwondo Association.
- Labajos, A. (1985). Un enfoque científico en la preparación física del futbolista. *Cuadernos del Entrenador*, 23, 50-52.
- Lajoie, Y. y Gallagher, S.P. (2004). Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 38(1), 11-25.
- Laming, D.R.J. (1968). *Information Theory of Choice-Reaction Times*. Academic Press, London.
- Landeo, R. y McIntosh, A.S. (2007). Fast front kick: Gaining insights beyond the data. *Proceedings of XXV International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brazil, 298-301.
- Landers D.M., Boutcher S.H., y Wang M.Q. (1986). A Psychobiological Study of Archery Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 236-44.
- Layton, C. (1993). Speed of technique and age in Shotokan karateka. *Perceptual and Motor Skills*, 76(3), 1001-1002. (a)
- Layton, C. (1993). Reaction plus movement-time and sidedness in Shotokan Karate students. *Perceptual and Motor Skills*, 76(3), 765-766. (b)
- Lee, S.K. (1983). Frequency analysis of the Taekwondo techniques used in a tournament. *Journal of Taekwondo*, 46, 122-130.
- Lee, J. B. (1998). A study of kicking techniques of advanced Korea Taekwondo players. *Coach Field Reports*. Seoul, Korea: Korea Sports Research Institutes.
- Lee, J.D., Caven, B., Haake, S., y Brown, T.L. (2001). Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway. *Human Factors*, 43(4), 631.
-

-
- Lee, C.L., Chin, Y.F., y Liu, Y. (2005). Comparing the Difference between Front-leg and Back-leg Round-house Kicks Attacking Movement Abilities in Taekwondo. *Proceedings of XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Beijing, China, 877-880.
- Lee, C.L. y Huang, C. (2006). Biomechanical análisis of back kicks attack movement in taekwondo. *Proceeding of XXIV Internacional Symposium on Biomechanics in Sports*, Salzburg, Austria, 1-4.
- Lee, C.H., Lee, Y.J., y Cheong, C.C. (2005). A kinematical analysis of the Taekwondo ap Chagui. *Proceedings of XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Beijing, China, 595-597.
- Lee, C., Ho, W. y Chen, A. (2006). The new design of movable target dummy devide for taekwondo. *Journal of Biomechanics*, 39(1), 61.
- Lee, J.B., Matsumoto, T., Toman, T., Yamauchi, M., Taimura, A., Kaneda, E., Ohwatari, N. y Kosaba, M. (1999). Coactivation of the Flexor Muscles as a Synergist with the Extensors during Ballistic Finger Extension Movement in Trained Kendo and Karate Athletes. *International Journal for Sports Medicine*, 20, 7-11.
- Lenzenweger, M. F. (2001). Reaction time slowing during high-load, sustained-attention task performance in relation to psychometrically identified schizotypy. *Journal of Abnormal Psychology*, 110, 290.
- Levitt, S. y Gutin, B. (1971). Multiple choice reaction time and movement time during physical exertion. *Research Quarterly*, 42, 405-410.
- Li, Y., Yan, F, Zeng, Y., y Wang, G. (2005). Biomechanical analysis on roundhouse kick in taekwondo. *Proceedings of XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Beijing, China, 391-394.
- Liu, Y. y Wang, N. (2002). The effect of karate stance on attack-time: part I – Jab. *Proceedings of XX International Symposium on Biomechanics in Sports*, 210-213. Cáceres, España.
- Luce, R. D. (1986). *Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization*. Oxford University Press, New York.
-

-
- Luchies, C. W., Schiffman, J., Richards, L.G., Thompson, M.R., Bazuin, D. y DeYoung, A.J. (2002). Effects of age, step direction, and reaction condition on the ability to step quickly. *The Journals of Gerontology*, 57(4), M246.
- Marshall, W. H., Talbot, S.A. y Ades, H.W. (1943). Cortical response of the anaesthetized cat to gross photic and electrical afferent stimulation. *Journal of Neurophysiology* 6: 1-15.
- Martinez de Quel, O. (2003). *Tiempo de reacción en karate*. Tesis no publicada. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Masanobu, A. y Choshi, K. (2006). Contingent muscular tension during a choice reaction task. *Perceptual and Motor Skills*, 102(3), 736-747.
- Matsushita, M. (1989). The impact force and arm movement in karate punch. *Japan Journal Sports Science*, 8(7), 478-484.
- Mazlan, M.S.N., Osman, A.N.A., Usman, J., y Wan Abas, W.A.B. (2007). Postural Differences in Turning Kick Vs Back Thrust Kick Among Taekwon-do players: Dominant Leg. *Proceedings of XXV International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brazil, 297.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. y Katch, V.L. (2004). *Fundamentos de fisiología del ejercicio*. (2ªed.). Madrid: McGraw-Hill.
- McLeod, P. (1987). Visual reaction time and high-speed ball games. *Perception*, 16, 49-59.
- Menéndez, F.J. y Sanz, M.T. (1999). Tiempo de reacción en deportistas. En: López de la Llave A, Pérez-Llantada MC, Buceta JM, editores. *Investigaciones breves en psicología del deporte*. Madrid: Ed. Dykinson, p. 21-23.
- Miller, J. O. y Low. K. (2001). Motor processes in simple, go/no-go, and choice reaction time tasks: a psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 27: 266.
- Mizerski, M. (1975). Zum Einfluss des Aufwärmens auf die Veränderungen der Schlagschnelligkeit des Boxers. *Sport Wyczynowy* 1975; 10. [Traducción del ruso al alemán por Lempart R. En: Helmut Nickel (Ed.) *Kampfsport II*-
-

-
- Sportwissenschaftliche Beiträge zum Boxen, Fechten, Judo und Ringen. *En Beihefte su Leistungssport*, 19, p. 15-19].
- Molina-García, J., Castillo, I., Pablos, C. y Queralt, A. (2007). La práctica de deporte y la adiposidad corporal en una muestra de universitarios. *Apunts, Educación Física y Deportes*, 3, 23-30.
- Moloney, K., Pieter, W. y Bercades, L. T. (1997). The influence of the kihap on kicking force in taekwondo. In: *ICHPER.SD 40th World Congress Proceedings*, Seoul, Korea: Kyunghee University, P301.
- Moreaux, A., Christov, C. y Marini, J.F. (1987). Un outil d'évaluation et de suivi des qualités perceptivo-motrices de l'escrimeur. *Science et motricite*, 1, 53-55.
- Morehouse, L.E. y Cooper, J.M. (1950). *Kinesiology*. London: Kinipton.
- Morehouse, E. L. y Miller, T. A. (1980). Fisiología del ejercicio. Buenos Aires: Editorial El Ateneo. (Original: Pshisiology of exercise seventh edition 1976. Traducido por Mario Merino).
- Mori, R., Ohtani, Y. y Imanaka, K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Sciences*, 21, 213-230.
- Nakamura, H. (1934). An experimental Study of Reaction Time of the Start in Running a Race. *Research Quarterly*, 5, 33-45.
- Neal, R. y Landeo, R. (1998). Segmental interaction in taekwondo's bandal chagui. North American Congress on Biomechanics. Canadian Society for Biomechanics - American Society of Biomechanics. University of Waterloo. Waterloo, Ontario, Canada. August 14-18, [asb-biomech.org/onlineabs/NACOB98/218/](http://biomech.org/onlineabs/NACOB98/218/)
- Nettelbeck, T. (1973). Individual differences in noise and associated perceptual indices of performance. *Perception*, 2, 11-21.
- Nettelbeck, T. (1980). Factors affecting reaction time: Mental retardation, brain damage, and other psychopathologies. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York, pp. 355-401.
-

-
- Nien, Y.H., Chang, J.S., y Tang, W.T. (2007). The kinematics of target effect during roundhouse kick in elite Taekwondo athletes. *Journal of Biomechanics*, 40(S2), S781.
- Nien, Y. H., Chuang, L. R. y Chung, P. H. (2004). The design of force and action time measuring device for martial arts. *International Sport Engineering Association*, 2, 139-144.
- Nickerson, R. S. (1972). Binary-classification reaction times: A review of some studies of human information-processing capabilities. *Psychonomic Monograph Supplements* 4: 275-318.
- Noble, C. E., Baker, B. L. y Jones, T. A. (1964). Age and sex parameters in psychomotor learning. *Perceptual and Motor Skills*, 19, 935-945.
- Nougier, V., Stein, J. y Azemar, G. (1990). Covert orienting of attention and motor preparation processes as a factor success in fencing. *Journal of Human Movement Studies*, 19, 251-272.
- Oehsen, E.V. (1987). Ein Beitrag zur Erforschung der Reaktionszeit-Mechanismen im Karatekampf. *Sportwissenschaft*, 17, 71-82.
- Olivé, R. (2005). Estudio de la cadera del practicante de Taekwondo. Tesis, U. Barcelona.
- O'Donovan, O., Cheung, J., Catley, M., McGregor, A.H. y Strutton, P.H. (2006). An Investigation of Leg and Trunk Strength and Reaction Times of Hard-Style Martial Arts Practitioners. *Journal of Sports and Medicine, CSSI*, 5-12.
- O'Sullivan, D., Chung, Ch., Lee, K., Kim, E., Kang, S., Kim, T. y Shin, I. (2008). Measurement and comparison of Taekwondo and yongmudo turning kick impact force for two target heights. En Kwon, Y-H., Shim, J., Shim, J.K. y Shim, I-S. (eds.), *Proceeding of the 26th International Symposium on Biomechanics in Sports*, Seoul, Korea, 525-528.
- Oxendine, J.B. (1984) *Psychology of motor learning*. New Jersey: 2nd edition. Prentice-hall, Inc. Engleood Cliffs, 07632.
-

-
- Palmitier, R. A., An, K.N., Scott, S.G. y Chao, E.Y. (1991). Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Medicine*, 11, 402-413.
- Panayiotou, G. y Vrana, S.R. (2004). The role of self-focus, task difficulty, task self-relevance, and evaluation anxiety in reaction time performance. *Motivation and Emotion*, 28(2), 171-196.
- Park, Y. J. (1990). *A biomechanical analysis of taekwondo front-kicks* : University Microfilms International.
- Park, Y.H. y Gerrard, J. (1999). *The ultimate reference guide to the world's most popular martial art taekwondo*. Checkmark Books.
- Pearson, J. N. (1997). *Kinematics and kinetics of the Taekwondo turning kick*. Unpublished Bachelor Degree Dissertation, University of Ontago, Dunedin. New Zealand.
- Pedzich, W., Mastalerz, A., y Urbanik, C. (2006). The comparison of the dynamics of selected leg strokes in taekwondo WTF. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 8(1), 1-9.
- Peng, C.T. (2006). The difference of strength and the speed, balance between the dominant and non-dominant leg during the roundhouse kick of tae kwon do athletes. Tesis doctoral no publicada. National College of Physical Education. Taiwan.
- Perruchet, P., Cleeremans, A. y Destrebecqz, A. (2006). Dissociating the effects of automatic activation and explicit expectancy on reaction times in a simple associative learning task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 32(5), 955-966.
- Piéron, H. (1920). Nouvelles recherches sur l'analyse du temps de latence sensorielle et sur la loi qui relie ce temps a l'intensité de l'excitation. *Année Psychologique*, 22, 58-142.
- Pieron, H., Chocholle, R. y Leplat, J. (1969). *Traité de Psychologie expérimentale II sensation et motricité*. París: Presses Universitaires de France, dexième éditions, 6.
- Pierson, W.R. (1956). Comparison of fencers and non-fencers by psychomotor,
-

-
- space perception and anthropometric measures. *Research Quarterly*, 27, 90-96.
- Pierson, W.R. (1959). The relationship of movement time and reaction time from childhood to senility. *Research Quarterly*, 30 (2), 227-231.
- Pieter, W., Bercades, L. T., y Heijmans, J. (1998). Injuries in young and adult Taekwondo athletes. *Kinesiology*, 30, 22-30.
- Pieter, W. y Heijmans, J. (1997). *Scientific coaching for Olympic taekwondo*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Pieter, W. y Heijmans, J. (2003) Training & Competition in Taekwondo. *Journal of Asian Martial Arts*, 12 (1), 9-23.
- Pieter, W., Moloney, K. y Berendes, L. T. (2002). The effect of the kihap on kicking force in Junior Olympic taekwondo athletes. *Journal of Martial Arts Studies* (in press).
- Pieter, F. y Pieter, W. (1995). Speed and force in selected Taekwondo techniques. *Biology of Sport*, 12(4), 257-266.
- Pieter, W., Van Ryssegem, G., Lufting, R., y Heijmans, J. (1995). Injury situation and injury mechanism at the 1993 European Taekwondo Cup. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 1-24.
- Pieter, W. y Zemper, E.D. (1999). Injuries in adult American Taekwondo athletes. In *Proceedings of Fifth IOC World on Sport Sciences*, Sydney. Australia.
- Philip, P., Taillard, J., Sagaspe, P., Valtat, C., Sanchez-Ortuno, M., Moore, N. Charles, A. y Bioulac, B. (2004). Age, performance, and sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 13(2), 105-110.
- Phillips, S. (1985). Invariance between segments during a kicking motion. In Matsui, H., & Kobayashi, K. (eds), *Biomechanics. Human Kinetics: Illinois*, 688-694.
- Putnam, C.A. (1983). Interaction between segments during a kicking motion. In M. Matsui & k. Kobayashi (Eds.), *Biomechanics VIII-B: Proceedings of the*
-

-
- Eighth International Congress on Biomechanics* (pp. 688-694). Champaign, IL: Human Kinetics
- Putnam, C. A. (1991). A segment interaction of analysis of proximal-to-distal sequential segment motion patterns. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23, 130-144.
- Putnam, C.A. (1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: description and explanations. *Journal of Biomechanics*, 26, 125-135.
- Rahnama, N., Lees, A. y Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics* 48, 1568-1575.
- Rasch P.J., y Pierson W.R. (1963). Reaction and Movement Time of Experienced Karateka. *Research Quaterly*, 34, 242-3.
- Rasch, P.J., Pierson, W.R., O'Connell, E.R., y Hunt, M.B. (1961). Response Time of Amateur Wrestlers. *Research Quarterly*, 32, 416-419.
- Redfern, M.S., Muller, M., Jennings, J.R., y Furman, J.M. (2002). Attentional dynamics in postural control during perturbations in young and older adults. *The Journals of Gerontology, Series A*, 57(8), B298.
- Redondo, R.M. (1999). Estudio del tiempo de reacción en jugadores de fútbol. En: López de la Llave A, Pérez-Llantada MC, Buceta JM, editores. Investigaciones breves en psicología del deporte. Madrid: Ed. Dykinson, p. 29-32.
- Reuleaux, F. (1875). Theoretische Kinematik- Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens, Verlag Vieweg Braunschweig.
- Richard, C. M., Wright, R.D., Prime, S.L., Shimizu, U. y Vavrik, J. (2002). Effect of a concurrent auditory task on visual search performance in a driving-related image-flicker task. *Human Factors*, 44(2), 108.
- Río, F.J. (1999). Tiempo de reacción y velocidad de desplazamiento en niños. En: López de la Llave A, Pérez-Llantada MC, Buceta JM, editores.
-

-
- Investigaciones breves en psicología del deporte. Madrid: Ed. Dykinson, p. 25-7.
- Ripoll, H. (1991). The understanding-acting process in sport: The relationship between the semantic and the sensorimotor visual function. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 221-243.
- Ripoll, H., Kerlirzin, Y., Stein, J. y Reine, B. (1995). Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations. *Human Movement Science*, 14, 325-349.
- Rivadeneira, M.L., y Sicilia, A. (1995). Tiempo de reacción. Bases perceptivo-motrices y posibilidades de optimización. Revisión. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 9(3), 11-18.
- Roberts, E. M., Zernicke, R. F., Youm, Y., y Huang, T.C. (1974). Kinetic Parameters of Kicking. *Paper presented at Biomechanics IV: Proceedings of the Fourth International Seminar on Biomechanics*. Baltimore: University Park Press, 157-162.
- Robertson, D.G.E. y Mosher, R.E. (1985). Work and power of the leg muscles in soccer kicking. In *Biomechanics IX-B*. Eds: Winter, D.A., Norman, R.W., Wells, R.P., Hayes, K.C., and Patla, A.E. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 533-538.
- Robinson, E. S. (1934). Work of the integrated organism. In C. Murchison (Ed.), *Handbook of General Experimental Psychology*, Clark University Press, Worcester, MA.
- Robinson, M. C. y Tamir, M. (2005). Neuroticism as mental noise: a relation between neuroticism and reaction time standard deviations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 89(1), 107-115.
- Roca i Balasch, J. (1983). Tiempo de reacción y deporte. Barcelona: Catalunya. Generalitat. Departament de la Presidencia. Institut Nacional d'Educació Física.
-

-
- Rogowski, I., Ducher, G., y Brosseau, O. (2008). Asymmetry in volume between dominant and nondominant upper limbs in young tennis players. *Pediatric Exercise Science*, 20(3), 263-272.
- Roh, J.O. y Watkinson, E.J. (2002). Video analysis of blows to the head and face at the 1999 World Taekwondo Championships. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 42(3), 348-53.
- Roi, G.S. y Bianchedi, D. (2008). The Science of Fencing: Implications for Performance and Injury Prevention. *Sports Medicine*. 38(6), 465-481.
- Roosen, A, Compton, G. y Szabo, A. (1999) A device to measure choice reaction time in karate. *Sports Engineering*, 2, 49-54.
- Rose, S.A., Feldman, J.F., Jankowski, J.J. y Caro, D.M. (2002). A longitudinal study of visual expectation and reaction time in the first year of life. *Child Development*, 73(1), 47.
- Roosen, A. y Pain, M.T.G. (2006). Impact timing and stretch in relation to foot velocity in a Taekwondo kicking combination. *Journal of Biomechanics*, 49, S562.
- Salvatore, C., Tessitore, A., Ammendolia, A. Cortis, C., Lupo, C. y Capranica, L. (2007). Nacional análisis de olímpico taekwondo competiciones. 12th Annual Congress of the ECSS, Jyväskylä, Finland.
- Sanders, A. F. (1998). *Elements of Human Performance: Reaction Processes and Attention in Human Skill*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey.
- Schweitzer, K. (2001). Preattentive processing and cognitive ability. *Intelligence*, 29, 2, p. 169.
- Sears, C.M. (1988). Contextual inference effects as a function of age. Tesis Doctoral. California State University. Long Beach, 1-79. (Microform Publications 1-75-78).
- Serina, E. R. y Lieu, D. K. (1991). Toracic injury potential of basic competition Taekwondo kicks. *Journal Biomechanics*, 24(10), 951-960.
-

-
- Sidthilaw, S. (1997). Kinetic and Kinematic Analysis of Thai Boxing Roundhouse Kicks. Unpublished Doctoral Thesis, University of Oregon.
- Silverman, I. (2006). Sex differences in simple visual reaction time: a historical meta-analysis (sports events). *Sex Roles: A Journal of Research*, 54(1-2), 57-68.
- Sjoberg, H. (1975). Relations between heart rate, reaction speed, and subjective effort at different work loads on a bicycle ergometer. *Journal of Human Stress*, 1, 21-27.
- Slater-Hammel, A.T. (1953). Initial Body Position and Total Body Reaction Time. *Research Quarterly*, 24, 91-96.
- Slater-Hammel, A.T. (1955). Comparisons of Reaction-Time Measures to a Visual Stimulus and Arm Movement. *Research Quarterly*, 27, 470-9.
- Slater-Hammel, A.T., Cole, S., y Wels, W.T. (1973). Effect of duration of preparatory and response signal upon reaction time. Madrid: III Congreso Mundial de la sociedad Internacional de Psicología del Deporte. Delegación Nacional EF y Deportes. INEF.
- Slater-Hammel, A. T., y Stumpner, R. L. (1950). Batting reaction time. *The Research Quarterly*, 21, 353- 356.
- Smith, M.S., Dyson, R.J., Hale, T. y Janaway, L. (2000). Development of a boxing dynamometer and its punch force discrimination efficacy. *Journal of Sports Science*, 18, 445-450.
- Sørensen, H., Zacho, M., Simonsen, E.B., Dyhre-Poulsen, P, y Klausen, K. (1996). Dynamics of Martial Arts high front pick. *Journal Sports Science*, 14(6), 483-95.
- Soriano, J. (1999). Ansiedad-rasgo en el deporte: implicaciones sobre el tiempo de reacción, la frecuencia respiratoria y la activación de los deportistas. En: López de la Llave A, Pérez- Llantada MC, Buceta JM, editores. Investigaciones breves en psicología del deporte. Madrid: Ed. Dykinson, p. 33-37.
- Southard, D. (1998). Mass and velocity: control parameters for throwing patterns. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69, 355-367.
-

-
- Steindler, A. (1955). *Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions*. Springfield, Charles C. Thomas Publisher.
- Steindler, A. (1977). *Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions*. Springfield, Charles C. Thomas Publisher.
- Sternberg, S. (1969). Memory scanning: Mental processes revealed by reaction time experiments. *American Scientist* 57: 421-457.
- Su, T.Y., Chin, Y.F. y Ho, W.H. (2008). The characteristics of Double Kick in the Air during active and passive attack for elite Tae-Kwon-Do athletes. En Kwon, Y-H., Shim, J., Shim, J.K. y Shim, I-S. (eds.), *Proceedings of the 26th International Symposium on Biomechanics in Sports* (p. 649-651), Seoul, Korea.
- Sung, N., Lee, S., Park, H. y Joo, S. (1987). An analysis of the dynamics of the basic taekwondo kicks. *US Taekwondo Journal*, 5(2), 10-15.
- Szinnai, G., Schachinger, H., Arnaud, M.J., Linder, L. y Keller, U. (2005). Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. *The American Journal of Physiology*, 289(1), R275-280.
- Takahashi, M., Nakata, A., Haratani, T., Ogawa, Y. y Arito, H. (2004). Post-lunch nap as a worksite intervention to promote alertness on the job. *Ergonomics*, 47(9), 1003-1013.
- Tang, H.W. (2001). A Comparative Analysis of the Kinetics and Kinematics of Five Different Roundhouse Kicks in Taekwondo. Unpublished Master Thesis.
- Tang, W.T., Chang, J.S., y Nien, Y.H. (2007). The kinematics characteristics of preferred and non-preferred roundhouse kick in elite taekwondo athletes. *Journal of Biomechanics*, 40(S2), 780.
- Teichner, W.H. y Krebs, M.J. (1974). Laws of visual choice reaction time. *Psychological Review* 81: 75-98.
- Trimmel, M., and Poelzl, G. (2006). Impact of background noise on reaction time and brain DC potential changes of VDT-based spatial attention. *Ergonomics*, 49(2), 202-209.
-

-
- Tsai, Y. J. (1999). Biomechanics analysis of taekwondo axe kick. Unpublished master thesis. National Taiwan Normal University, Taiwan.
- Tsai, Y.J., Gu, G.H., Lee, C.J., Huang, C.F., y Tsai, C.L. (2005). The biomechanical analysis of the Taekwondo front-leg axe-kick. *Proceedings of XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Beijing, China, 437-440.
- Tsai, Y.J., Huang, C.F., y Gu, H. (2007). The kinematic analysis of Spin-Whip kick of Taekwondo in elite athletes. *Journal of Biomechanics*, 40(S2).
- Tsai, Y.J., Lee, S.P., y Huang, C. (2004). The biomechanica analysis of Taekwondo axe-kick in senior high school athletic. *Proceedings of XXII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ottawa, Canada, 453-456.
- Tudela, P. (2000). Psicología experimental. Tomo I. Madrid: UNED, 5ª reimpresión
- Turvey, M.T., Fitch, H.L., y Tuller, B. (1982). The Bernstein perspective: I. The problems of degrees of freedom and context-conditioned variability. In J.A.S. Kelso (Ed.). *Human Motor Behavior* (pp.239-252). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Association, Inc.
- Tweit, A.H., Gollnick, P.D. y Hearn, G.R. (1962) Effect of Training Program on Total Body Reaction Time of Individuals of Low Fitness. *The Research Quarterly*, 34, 508-513.
- Ulrich, B., Thelen, E. y Niles, D. (1990) Perceptual determinants of action: Stair-climbing choices of infants and Toddlers. In: *Advances in Motor Research*. Eds: Clark, J. and Humphrey, J. New York: AMS Press, 1-15.
- Underwood, B. J. (1977). *Psicología experimental*. México: Editorial Trillas, capítulo 7. (Original: *Experimental Psychology*, Appleton Century Crofrs, 1966).
- Van den Berg, J. y Neely, G. (2006). Performance on a simple reaction time task while sleep deprived. *Perceptual and Motor Skills*, 102(2), 589-600.
- Vasterling, J. J. (2006). Neuropsychological outcomes of Army personnel following deployment to the Iraq War." *JAMA, The Journal of the American Medical Association* 296(5): 519-530.
-

-
- Vieten, M., Scholz, M., Kilani, H., y Kohloeffel, M. (2007). Reaction time in taekwondo. *Proceedings of XXV International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brazil, 293-296.
- Vos, J. A. (1996). Velocity and force of some karate arm movements. *Nature*, 221, 89-90.
- Vos, J. A., y Binkhorst, R. A. (1966). Velocity and force of some karate arm-movements. *Nature*, 211, 89-90.
- Walilko, T.J., Viano, D.C. y Bir, C.A. (2005). Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the FACE. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 710-719.
- Walker, J.D. (1975). Karate Strikes. *American Journal of Physics*, 43 (10), 845-849.
- Walker, J. (2003). *Self-defence techniques and tactics*. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Weiss, A.D. (1965). The locus of reaction time change with set, motivation, and age. *Journal of Gerontology*, 20, 60-64.
- Welford, A. T. (1968). *Fundamentals of Skill*. Methuen, London.
- Welford, A.T. (1980). Choice reaction time: Basic concepts. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York, pp. 73-128.
- Wells, G. R. (1913). The influence of stimulus duration on RT. *Psychological Monographs*, 15, 1066.
- Westerlund, J.H. y Tuttle, W.W. (1931). Relationship Between Running Events in Track and Reaction Time. *Research Quarterly*, 2, 95-100.
- Wilk, S.R., McNair, R.E. y Feld, M.S. (1983). The Physics of karate. *American Journal of Physics*, 51 (9), 783-790.
- Williams, A. M., Davids, K. y Williams, J. G. (1999). Visual perception and action in sport. London: E & FN Spon.
- Williams, A. y Elliott, D. (1999). Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(4), 362-375.
-

-
- Williams, A. y Grant, A. (1999). Training perceptual skill in sport. *International Journal Sport Psychology*, 30, 194-220.
- Williams, L.R.T. y Walmsley, A. (2000). Response amendment in fencing: differences between elite and novice subjects. *Perceptual and motor skills*, 91, 131-142.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Wood, J. M. y Abernethy, B. (1997). An assessment of the efficacy of sports vision training programs. *Optometry and Vision Science*, 74, 646-659.
- Witte, K., Emmermacher, P., Bystrzycki, S., y Potenberg, J. (2007). Movement structures of round kicks in karate. *Proceedings of XXV International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brazil, 302-305.
- Woodworth, R. S. y Schlosberg, H. (1954). *Experimental Psychology*. Henry Holt, New York.
- Yandell, K.M. y Spirduso, W.W. (1981). Sex and Athletic Status as Factors in Reaction Latency and Movement Time. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 9, 495-504.
- Yonas, A, y Hartman, B. (1993) Perceiving the affordance of contact in 4- and 5-month old infants. *Child Development* 64, 298-308.
- Yoon, D. (1986). Kinematic analysis of series motion of Taekwondo apchagi and dolyochagi. PhD Thesis. University of Sungkuenkwan.
- Yoshihuku, Y. (1984). The sparring technique of punch movement. *Japan Journal Sports Science*, 3(3), 188-198.
- Youngen, L.A. (1959). Comparison of Reaction and Movement Times of Women Athletes and Nonathletes. *Research Quarterly*, 30, 349-55.
- Zar, A., Gilani, A., Ebrahim, Kh y Gorbani, M. (2008). A survey of the physical fitness of the male taekwondo athletes of the Iranian National Team. *Physical Education and Sport*, 6(1), 21-29.
- Zatziorski, V. (1989). *Metrología Deportiva*. Moscú: Planeta.
-

Zemper, E.D. y Pieter, W. (1989). Injury rates during the 1988 US Olympic Team Trials for Taekwondo. *British Journal of Sport Medicine*, 23, 161-6.

Zifchock RA, Davis I, Higginson J, McCaw S, Royer T. (2008). Side-to-side differences in overuse running injury susceptibility: A retrospective study. *Human Movement Science*, 27(6), 888-902.

ANEXO 1

ESTUDIO DE LA MECÁNICA DEL BANDAL CHAGUI Y EL RENDIMIENTO DEPORTIVO.



Desde la Universitat de València se está realizando un estudio sobre el Taekwondo y el Rendimiento Deportivo. Como deportista, nos interesa conocer tu ejecución técnica. MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN.

CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

NOMBRE: _____

El/la abajo firmante declara que:

Participa voluntariamente en esta investigación y en cualquier momento es libre de abandonarla, si así lo cree conveniente.

Se le ha informado sobre los propósitos de la investigación y las condiciones en que se deben hacer las entrevistas y contestar los cuestionarios.

El equipo de investigación por su parte:

Mantendrá el anonimato de las personas que participen en la investigación y la confidencialidad de los datos que se deriven. Informará al participante de los resultados de la investigación, una vez que ésta finalice.

Firma del/a participante

Investigador responsable.

_____, a _____ de _____ del 2008

DATOS GENERALES DEL SUJETO

Género:

Estado Civil:

Edad:

Nivel de estudios:

Categoría por peso:

Años de práctica:

Horas de entrenamiento por semana:

Años compitiendo:

Principales logros:

Peso:

Talla:

Talla miembro inferior (L):

Altura del sensor:

Anchura piernas posición de combate:

Distancia diagonal hasta sensor:

Pierna dominante:

Distancia 1 ($L - L/3$).

Distancia 2 (L).

Distancia 3 ($L + L/3$).

- | | | |
|--|-----|-----|
| - Posee alguna deficiencia visual | SI | NO |
| - Ha padecido alguna lesión en las extremidades inferiores | SI | NO |
| - Distancia preferida para la ejecución técnica: | 1 | 2 3 |
| - Pierna preferida para la ejecución técnica | Der | Izq |