UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE - INEF

“ANÁLISIS DEL PERFIL DE RENDIMIENTO DEL JUGADOR DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS”

TESIS DOCTORAL

DANIEL NAVAS SANZ

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

2018

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE - INEF

“ANÁLISIS DEL PERFIL DE RENDIMIENTO DEL JUGADOR DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS”

TESIS DOCTORAL

DANIEL NAVAS SANZ

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

2018

“Departamento “Salud y Rendimiento Humano”

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte – INEF

**“ANÁLISIS DEL PERFIL DE RENDIMIENTO DEL
JUGADOR DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS”**

Autor:

DANIEL NAVAS SANZ

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Directores:

Santiago Veiga Fernández

Doctor en Rendimiento Deportivo

Jesús Ramón-Llín Más

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

2018

ACTA DEL TRIBUNAL

Tribunal nombrado por el Magfco y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día.....de.....de 2018.

Presidente: D.....

Vocal: D.....

Vocal: D.....

Vocal: D.....

Secretario: D.....

Realizando el acta de defensa y lectura de la Tesis el día.....de.....de 2018.

En.....

Calificación.....

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente:

Facultad

Universidad

Secretaria:

Facultad

Universidad

Vocal 1:

Facultad

Universidad

Vocal 2:

Facultad

Universidad

Vocal 3:

Facultad

Universidad

SUPLENTE

Suplente 1:

Facultad

Universidad

Suplente 2:

Facultad

Universidad

AGRADECIMIENTOS

Llegados a este último momento, y después de varios años de mucho trabajo, esfuerzo y sacrificio, me gustaría agradecer a muchas personas el empeño y tiempo dedicado para que finalmente éste proyecto de investigación haya podido culminar de forma satisfactoria.

En primer lugar a mis directores ya que sin lugar a dudas, sin ellos no hubiera sido posible llegar a finalizar dicho trabajo. He tenido la gran fortuna de haberlos conocido y haber trabajado codo con codo con cada uno de ellos, aportándome cada uno su granito de arena y su visión de trabajo.

Gracias Santi por tus aportaciones y ayudarme en la concreción del trabajo, por orientarme en la forma adecuada y guiarme durante estos años. Sin duda he aprendido, o estoy aprendiendo, la metodología adecuada para redactar un artículo científico, trabajo previo e imprescindible para cualquier doctorando e investigador que intente aportar algo al campo científico. Tu rigurosidad, meticulosidad y exigencia me ayudan a crecer, a no conformarme y exigirme para conseguir siempre los objetivos propuestos.

Gracias Jesús, también por tus aportaciones, por tus sabios consejos en todo éste proceso largo de aprendizaje, por las horas interminables en la Universidad de Valencia pasando datos y más datos, por tu disponibilidad a cualquier hora del día los 365 días del año. Gracias por ayudarme en los peores momentos durante el transcurso de la tesis, sin duda un doctorado es una carrera de fondo,

y muchas veces se pasan momentos complicados, se agradece y mucho los consejos y aportaciones que un mentor te hace.

A Javier Pérez Tejero por ser mi profesor referente en el deporte adaptado, así como a sus aportaciones dentro de éste ámbito científico y por tu ayuda de manera indirecta.

A la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) de la Universidad Politécnica de Madrid por facilitarme los medios necesarios para la consecución de esta investigación.

Al club de Pádel “La Flota” de Murcia por facilitarme las instalaciones para poder grabar el torneo de pádel en silla de ruedas. Gracias a la organización durante el transcurso de la celebración del torneo. Reconozco que no en todas las instalaciones te dan estas facilidades y ayudas. Sé que siempre tendré una segunda casa en Murcia.

Gracias a todos los jugadores de pádel en silla de ruedas. En verdad soy consciente cuando un investigador intenta llevar a cabo un proyecto con todas las dificultades que conlleva, por ejemplo, el acceso a los deportistas. En mi caso todo lo contrario, desde el primer día sentí a todos los jugadores de pádel en silla como compañeros por encima de todo. Agradecerles su predisposición y su ayuda para poder llevar a cabo mi toma de datos.

Por último, a mis familiares, hermanos, mi sobrina Andrea, cuñados y personas más allegadas que de manera indirecta han contribuido para que consiga mi objetivo en el transcurso de éste largo trabajo. A mis padres, por aportarme desde muy pequeño los valores

de trabajo, sacrificio y constancia, que a día de hoy han significado la culminación de éste duro proyecto.

“Nada tiene tanto poder para ampliar la mente como la capacidad de investigar de forma sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida”. Marco Aurelio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	7
1.1. Discapacidad y deporte adaptado	9
1.1.1. Reseña histórica	9
1.1.2. Definición de discapacidad	10
1.1.3. Deporte adaptado a personas con discapacidad y su adherencia en los centros deportivos	11
1.1.4. Investigación en deporte adaptado	14
1.1.5. Capacidad física sobre la movilidad de las personas en silla de ruedas.....	17
1.1.6. Beneficios de la práctica de actividad física sobre los usuarios en silla de ruedas	19
1.1.7. ¿Por qué jugar a pádel en silla de ruedas?.....	20
1.2. El pádel en silla de ruedas	24
1.2.1. El Origen del pádel en silla de ruedas	24
1.2.2 La clasificación funcional en pádel en silla de ruedas.	28
1.2.3 Definición de las clases.....	32
1.2.4 Factores que determinan la clasificación.	34
1.2.5. El concepto de volumen de acción.....	34
1.2.6. La sedestación y estabilidad pélvica.	36
1.2.7. Criterios para determinar la elegibilidad bajo la regulación de la diversidad funcional mínima: “Minimal Handicap”	37
1.2.8. Características especiales de las clases.	39
1.2.9. El jugador con amputaciones de miembros inferiores.	47
1.2.10. El jugador con discapacidad en los miembros superiores.....	47
1.2.11. Influencia de la instalación en la silla de ruedas sobre la clasificación.	48
1.2.12. La silla de ruedas en el Pádel en Silla de Ruedas.	49
1.2.13. Modificaciones reglamentarias respecto al pádel a pie.....	53
1.3. Análisis biomecánico de las disciplinas deportivas en silla de ruedas.....	58
1.3.1. Análisis cinemático de los deportes en silla de ruedas.	61
1.3.2. Impacto de la clasificación funcional respecto las variables cinemáticas de los deportes de silla de ruedas.	74
1.3.3. Principales demandas cinemáticas en los deportes en silla de ruedas.....	77
1.3.4. Diferencias en las variables cinemáticas entre ganadores y perdedores en deportes en silla de ruedas.	79

1.3.5. Metodología para el estudio de análisis de movimiento en deportes de silla de ruedas.	81
1.4. Objetivos	85
1.4.1. Hipótesis.	85
1.4.2. Objetivos.	85
1.4.3. Plan de trabajo.....	86
2. MATERIAL Y MÉTODOS	88
2.1 Muestra.	90
2.2 Técnica de adquisición de datos.....	92
2.3 Modelo mecánico.....	95
2.4 Registro de datos.	97
2.4.1. Ubicación de las cámaras.	97
2.4.2. Filmación del sistema de calibración.	98
2.4.3. Filmación de los partidos.	101
2.4.4. Procesamiento de datos.	101
2.4.5. Cálculo de errores.	105
2.4.6. Validación de la técnica de adquisición de datos.	105
2. 5 Tratamiento de los datos.....	107
2.5.1. Obtención de las variables de estudio.	107
2.5.2. Tratamiento estadístico.	109
3. RESULTADOS	111
3.1. Cuantificación de las variables cinemáticas de los jugadores de pádel en silla de ruedas en competición.....	113
3.1.1. Cuantificación del volumen de carga, a través de la distancia recorrida de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.	113
3.1.2. Cuantificación del volumen de carga, a través de los giros de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.	114
3.1.3. Cuantificación del volumen de carga, a través del tiempo activo de juego de cada jugador en cada unidad de juego.	116
3.1.4. Comparación de la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido.....	117
3.1.5. Cuantificación de la intensidad de la carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido.....	118
3.2. Perfil de rendimiento de los jugadores de pádel en silla de ruedas en función de su clasificación funcional.....	121
3.2.1. Comparación de las demandas cinemáticas en función de la clasificación funcional.	122
3.2.2. Creación de zonas arbitrarias de velocidad en función de su clasificación funcional.	123

3.2.3. Tiempo empleado en las zonas arbitrarias de velocidad en función de la clasificación funcional.	124
3.3. Comparación de las variables cinemáticas en pádel en silla de ruedas en función del resultado.....	127
3.3.1. Comparación de la distancia recorrida a nivel de punto, juego y set.	128
3.3.2. Comparación del desplazamiento angular realizado por punto, juego y set.	128
3.3.3. Comparación de la intensidad de la carga entre ganadores y perdedores.	129
4. DISCUSIÓN	133
4.1. Cuantificación de las variables cinemáticas de los jugadores de pádel en silla de ruedas en competición.....	135
4.1.1. Cuantificación del volumen de carga, a través de la distancia recorrida de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.	135
4.1.2. Cuantificación del volumen de carga, a través de los giros de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.	139
4.1.3. Cuantificación del volumen de carga, a través del tiempo activo de juego de cada jugador en cada unidad de juego.	141
4.1.4. Comparación de la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido.	143
4.1.5. Cuantificación de la intensidad de la carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido.	145
4.2. Perfil de rendimiento de los jugadores de pádel en silla de ruedas en función de su clasificación funcional.	149
4.2.1. Comparación de las demandas cinemáticas en función de la clasificación funcional.	149
4.2.2. Creación de zonas arbitrarias de velocidad en función de su clasificación funcional.	151
4.2.3. Tiempo empleado en las zonas arbitrarias de velocidad en función de la clasificación funcional.	152
4.3. Comparación en las variables cinemáticas en pádel en silla de ruedas en función del resultado.....	154
4.3.1. Comparación de la distancia recorrida a nivel de punto, juego y set.	154
4.3.2. Comparación del desplazamiento angular realizados por punto, juego y set.	155
4.3.3. Comparación de la intensidad de la carga entre ganadores y perdedores.	157
5. CONCLUSIONES	160
6. APLICACIONES PRÁCTICAS	164
7. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	176
8. REFERENCIAS.....	180
9. ANEXOS.....	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Código de clasificación de deportistas. Fuente: adaptado de Hart (2017)	29
Figura 2. Planos de los movimientos de los jugadores de pádel en silla de ruedas (extraído del Manual de Clasificación de Pádel Adaptado en silla de ruedas, FEDDF – FEP, Málaga 2016)	35
Figura 3. Accesos a la pista de pádel (extraído del reglamento de juego del pádel, Federación Internacional de Pádel, 2017)	54
Figura 4. Representación del esquema a seguir para la concreción de los objetivos propuestos	60
Figura 5. Cronograma de trabajo de investigación	87
Figura 6. Modelo mecánico de dos puntos empleado en pádel en silla de ruedas	96
Figura 7. Localización de la cámara en la pista de pádel	98
Figura 8. Puntos de calibración de la pista de pádel	99
Figura 9. Coordenadas de los puntos de calibración	100
Figura 10. Digitalización con el programa FHOTO 23D	103
Figura 11. Estadísticos descriptivos de giros por partido (360°)	115
Figura 12. Estadísticos descriptivos de tiempo activo por partido (s)	117
Figura 13. Descriptivos estadísticos de velocidad promedio por partido (m/s)	119
Figura 14. Descriptivos estadísticos del promedio de velocidad de cada jugador en los 7 partidos (m/s)	120
Figura 15. Comparativa de velocidad angular por partido entre ganadores y perdedores (°/s)	131
Figura 16. Comparativa de cambios de giro durante el partido entre ganadores y perdedores (360°)	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características funcionales de los jugadores de clase 1	40
Tabla 2. Características funcionales de los jugadores de clase 2	42
Tabla 3. Características funcionales de los jugadores de clase 3	44
Tabla 4. Características funcionales de los jugadores de clase 4	46
Tabla 5. Comparativa de distancia recorrida en diferentes deportes (m)	65
Tabla 6. Comparativa del promedio de velocidad en diferentes deportes (m/s)	68
Tabla 7. Comparativa de duración de partido en diferentes deportes	73
Tabla 8. Características de los jugadores de pádel en silla. Media de valores	90
Tabla 9. Cálculo de validez del cálculo de coordenadas del sistema sobre puntos conocidos	106
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de distancia de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo (m)	114
Tabla 11. Estadísticos descriptivos de giros realizados de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo (360°)	115
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de tiempo de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo (s)	116
Tabla 13. Estadísticos descriptivos de tiempo de cada jugador por partido (s)	118
Tabla 14. Estadísticos descriptivos del promedio de velocidad de cada jugador por partido (m/s)	118
Tabla 15. Prueba K-S normalidad	121

Tabla 16. Estadísticos descriptivos para las variables cinemáticas durante un torneo de pádel en silla	122
Tabla 17. Zonas arbitrarias de velocidad (m/s) para los jugadores de pádel en silla	124
Tabla 18. Zonas arbitrarias de velocidad (%)	126
Tabla 19. Descriptivos y estadísticos de contraste de las variables cinemáticas en función del resultado por punto, juego y set (m)	127
Tabla 20. Descriptivos y estadísticos de contraste de distancia recorrida en función del resultado por punto, juego y set (m)	128
Tabla 21. Descriptivos y estadísticos de contraste de giros en función del resultado por punto, juego y set (360°)	129
Tabla 22. Pruebas de normalidad en función del resultado	130
Tabla 23. Descriptivos y estadísticos de contraste del promedio de velocidad en función del resultado (m/s)	123

LISTADO DE ABREVIATURAS

ACSM: colegio americano de medicina del deporte

CIDDM: clasificación internacional de deficiencias, discapacidades y minusvalías

CPE: comité paralímpico español

DLT: direct, lineal, transformation

EPC: comité paralímpico europeo

FCT: federación catalana de tenis

FEDC: federación española de deportes para ciegos

FEDDF: federación española de deportes de personas con discapacidad física

FEDDI: federación española de deportes para discapacitados intelectuales

FEDM: federación española de deportes para minusválidos

FEDMF: federación española de deportes para minusválidos físicos

FEP: federación española de pádel

FIP: federación internacional de pádel

ITF: federación internacional de tenis

IPC: comité paralímpico internacional

ISMWSF: federación internacional de deportes en silla de ruedas de Stoke Mandeville

ISOD: federación internacional de deportes para personas con discapacidad física

IWTA: asociación internacional de tenis en silla de ruedas

IWTF: federación internacional de tenis en silla de ruedas

JJO: juegos olímpicos

JJP: juegos paralímpicos

VA: velocidad alta

VB: velocidad baja

VM: velocidad media

VMA: velocidad muy alta

VMB: velocidad muy baja

RESUMEN

El principal objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el perfil de rendimiento del jugador de pádel en silla de ruedas. Dicho análisis se fundamenta en tres aspectos diferenciados: 1: cuantificar las variables cinemáticas de los jugadores de pádel en silla de ruedas en competición, 2: examinar el perfil de rendimiento de los jugadores en función de su clasificación funcional y 3: comparar las variables cinemáticas en función del resultado. La muestra de sujetos fue de 22 jugadores profesionales con una media de edad de 40 ± 8 años (once parejas masculinas), analizados durante 7 partidos en el primer torneo del circuito de pádel en silla en 2015 celebrado en el centro deportivo “Nueva Flota” de Murcia. El análisis biomecánico se realizó mediante un sistema fotogramétrico en dos dimensiones que permitió calcular, aplicando algoritmos basados en el procedimiento de la DLT (Abdel-Aziz y Karara, 1971), las coordenadas (x, y) que definían la posición de las ruedas de los jugadores sobre el campo de juego. La filmación de los partidos se llevó a cabo mediante dos cámaras de vídeo, ubicadas encima de cada pared frontal, con una frecuencia de muestreo de cinco fotogramas por segundo.

La distancia recorrida y giros realizados por los jugadores durante los partidos, tuvo un valor promedio de $729,60 \pm 369,90$ m y $238,45 \pm 129,45$ giros, respectivamente, llegando a un máximo de 1456,61 m y 427,88 giros. El promedio de distancia recorrida y de giros realizados por punto fue de $6,38 \pm 6,41$ m y $2,10 \pm 2,20$ giros llegando a un máximo de 53,40 m y 15,17 giros. El tiempo activo de juego (sin contar el tiempo de descanso entre punto y punto) por partido fue de $1128,91 \pm 583,04$ s (19 minutos), y de $9,90 \pm 8,03$ s por punto. Dichos registros suponen que los jugadores de pádel en silla profesionales permanecen el 28,72% en tiempo activo, mientras que el 71,28% corresponde al tiempo pasivo obteniendo por ello una ratio de trabajo - descanso de 1 - 4,15. La velocidad promedio de los jugadores

de pádel en silla de ruedas fue de $0,53 \pm 0,48$ m/s por jugada, llegando a máximas de 3,46 m/s por punto. Estos resultados obtenidos en cuanto a la distancia y velocidad de los jugadores fueron menores respecto a otras disciplinas en silla de ruedas, posiblemente debido a las dimensiones de la pista y a que los jugadores de pádel portan una pala. A pesar de ello, el tiempo total de juego en pádel en silla de ruedas fue muy similar al tenis y pádel convencional así como, al tenis en silla de ruedas. Por último, cabe destacar que los valores de tiempo activo de los jugadores analizados fueron prácticamente el doble que en tenis en silla probablemente debido a la existencia del juego con paredes.

La clasificación funcional de los jugadores de pádel en silla tuvo una alta influencia en las distancias ($H = 22,40$; $p < 0,001$), los giros ($H = 27,80$; $p < 0,001$), y la velocidad media ($H = 11,10$; $p < 0,01$) realizada por punto, aunque no sobre la velocidad máxima alcanzada ($H = 7,56$; $p < 0,056$). Los jugadores del grupo funcional IV recorrieron las mayores distancias y realizaron el mayor número de giros seguidos de los jugadores del grupo funcional I, II y del grupo funcional III. En cuanto a las velocidades medias desarrolladas, los jugadores del grupo II, obtuvieron los mayores valores seguidos del grupo IV, grupo I y, por último, los jugadores del grupo III. Respecto a la velocidad máxima, los jugadores de los grupos funcionales más altos (III y IV) obtuvieron velocidades máximas más elevadas respecto los del grupo II y I. Al contrario que en otras disciplinas en silla de ruedas, un alto grado en la clasificación funcional (de I a IV), no parece implicar un aumento en las variables cinemáticas desarrolladas, siendo más relevante otros factores como la cantidad de años en silla de ruedas o de práctica deportiva en silla de ruedas. La clase funcional de los jugadores de pádel en silla también influyó en el porcentaje de tiempo empleado en las diferentes zonas arbitrarias de velocidad ($\chi^2_9 = 36,80$, $p < 0,001$, $V = 0,055$). Los jugadores de pádel en silla de ruedas permanecen un 66% de tiempo de juego activo en zonas de muy baja velocidad, un 30% en zonas de baja velocidad, un 3% en zonas moderadas y un 0,05%

en zonas altas de velocidad. Los jugadores del grupo funcional I son quienes permanecen durante un mayor % de tiempo en zonas de baja y moderada velocidad mientras que el resto de grupos permanecen más tiempo en zonas de muy baja y baja velocidad.

Por último, respecto a la comparativa de las variables cinemáticas en función del resultado, las duplas perdedoras, de forma significativa recorrieron mayores distancias ($Z=-3,92$; $p<0,001$), realizaron más giros ($Z=-4,87$; $p<0,000$) y más cambios de sentido tanto positivos ($Z=-4,9$; $p<0,001$), como negativos ($Z=-5,4$; $p<0,001$) por punto, que las parejas ganadoras, no sucediendo lo mismo en las unidades por juego ni por set. Además, todas las distancias y giros fueron ejecutados significativamente a una mayor velocidad tanto lineal ($Z=-5,10$; $p<0,000$), como angular ($Z=-4,1$; $p<0,001$) por parte de las duplas perdedoras. Se observa como las duplas ganadoras utilizan la táctica de mover al rival creando mayores espacios para conseguir una situación favorable al crear más fatiga en sus adversarios. Este hecho, se manifiesta, al observar como los jugadores ganadores permanecieron de forma significativa ($\chi^2_2 = 604,19$, $p < 0,001$, $V = 0,055$) un mayor porcentaje de tiempo parados (14,2%), respecto a las parejas perdedoras (10,2%), que estuvieron un mayor porcentaje de tiempo en movimiento, repercutiendo negativamente en su rendimiento.

ABSTRACT

The main objective of the present research was to determine the performance profile of the wheelchair padel player. This analysis is based on three different aspects: (I) to quantify the kinematic variables of wheelchair padel players in competition, (II) to examine the performance profile of the players according to their functional classification and (III) to compare the kinematic variables depending on the result. The sample of subjects was 22 professional players with an average age of 40 ± 8 years (eleven male couples), analyzed during 7 matches in the first tournament of the wheelchair padel circuit in 2015 held at the "Nueva Flota" sports center in Murcia. The biomechanical analysis was performed using a two-dimensional photogrammetric system that allowed calculating, applying algorithms based on the DLT procedure (Abdel-Aziz and Karara, 1971), the coordinates (x, y) that defined the wheel's position of the players on the field match play. The filming of the matches was carried out by means of two video cameras, located above each front wall, with a sampling frequency for the data processing of five frames per second.

The distance traveled and turns made by the players during the matches, had an average value of 729.60 ± 369.90 m and 238.45 ± 129.45 turns, respectively, reaching a peak of 1456.61 m and 427.88 turns. The average distance traveled and turns made per rally was 6.38 ± 6.41 m and 2.10 ± 2.20 turns reaching a peak of 53.40 m and 15.17 turns. The active playing time (without counting the rest time between rally and rally) per match was 1128.91 ± 583.04 s (19 minutes), and 9.90 ± 8.03 s per rally. These records suppose that professional wheelchair padel players remain 28.72% in active time, while 71.28% corresponds to the passive time, obtaining therefore a work - rest ratio of 1 / 4.15. The average speed of wheelchair padel players was 0.53 ± 0.48 m / s per rally, reaching peak of 3.46 m / s per rally. These results obtained regarding the distance and speed of the players were lower compared

to other wheelchair disciplines, possibly due to the dimensions of the court and the players holding a racquet. Despite this, the total time in wheelchair padel was very similar to conventional tennis and padel as well as wheelchair tennis. Finally, note that the asset values of the analyzed active time players were almost double that in wheelchair tennis probably due to the existence of the game with walls.

The functional classification of wheelchair padel players had a high influence on the distance traveled ($H = 22.40$, $p < 0.001$), the turns ($H = 27.80$, $p < 0.001$), and the average speed ($H = 11.10$, $p < 0.01$) performance per rally, although not on the peak velocity ($H = 7.56$, $p < 0.056$). The players of functional group IV covered the greatest distances and performed the highest number of turns followed by the players of functional group I, II and functional group III. In respect of the average speeds developed, the players of group II, obtained the highest values followed by group IV, group I and, finally, the players of group III. Regarding the peak velocity, the players of the highest functional groups (III and IV) obtained higher peak velocities compared to those of group II and I. Unlike other wheelchair disciplines, a high degree in functional classification (from I to IV), does not seem to imply an increase in the kinematic variables developed, being more relevant other factors such as the number of years in wheelchairs or of sport practice in wheelchair. The functional class of wheelchair padel players also influenced the percentage of time spent in the different arbitrary speed zones ($\chi^2_9 = 36.80$, $p < 0.001$, $V = 0.055$). Wheelchair padel players remain active 66% of active time in very low speed zones, 30% in low speed zones, 3% in moderate zones and 0.05% in high speed zones. The players of the functional group I are those who stay for a greater percentage of time in low and moderate speed zones while the rest of the groups stay more time in very low and low speed zones.

Finally, according to the comparison of the kinematic variables depending on the result, the losing couples significantly traveled greater distances ($Z = -3.92$, $p < 0.001$), made more turns ($Z = -4.87$; $p < 0.000$) and more changes of direction both positive ($Z = -4.9$, $p < 0.001$), and negative ($Z = -5.4$, $p < 0.001$) per rally, than the winning couples, not happening the same in units per game or per set. In addition, all distances and turns were executed significantly at a higher linear speed ($Z = -5.10$, $p < 0.000$), as angular velocity ($Z = -4.1$, $p < 0.001$) by the losing couples. It is observed how the winning couples use the tactics of moving the opponent creating greater spaces to get a favorable situation by creating more fatigue in their opponents. This fact is manifested by observing how the winning players remained significantly ($\chi^2 = 604.19$, $p < 0.001$, $V = 0.055$) a higher percentage of time standing (14.2%), compared to losing couples (10.2%), which had a higher percentage of time in movement, negatively affecting their performance.

1.Introducción y Objetivos

1.1. DISCAPACIDAD Y DEPORTE ADAPTADO

1.1.1. Reseña histórica

Los primeros antecedentes deportivos de la actividad física adaptada tuvieron cabida como tal a mediados de los años 70 en todo el mundo, mientras que en nuestro país empezó a desarrollarse a partir de la década de los 90 coincidiendo con el éxito paraolímpico de Barcelona de 1992. A nivel internacional, el deporte adaptado proliferó tras la II Guerra Mundial, originado por las secuelas de muchos de los combatientes, soldados que acabaron con una discapacidad y que fueron recibidos como héroes en sus respectivos países. Este fenómeno tuvo su origen a finales de los años 40, especialmente en Inglaterra y EEUU (Pérez, 2003a). En Inglaterra, concretamente en el Hospital Stoke Mandeville, a través del doctor Sir Ludwig Guttman, médico rehabilitador, quien descubrió los beneficios de la práctica deportiva para aquellos “veteranos de guerra” en su proceso de rehabilitación física, y, sorprendentemente, los beneficios psicológicos, socioafectivos y de inserción social. En 1948, coincidiendo con la apertura de los Juegos Olímpicos (JOO) de Londres, se celebraron en Stoke Mandeville los primeros juegos organizados específicamente para personas con discapacidad. Del mismo modo, y, derivados de aquellos, los primeros Juegos Paralímpicos (JJPP) fueron celebrados en Roma en 1960, coincidiendo igualmente con los Juegos Olímpicos celebrados en dicha ciudad. En dichos Juegos, compitieron 23 países con aproximadamente 400 atletas en 8 deportes, 6 de los cuales aún están incluidos actualmente en el programa de competición de estos juegos (el tiro con arco, la natación, la esgrima, el baloncesto, el tenis de mesa y el atletismo) (Pérez, 2003a). Aquel fue el origen del deporte adaptado a personas con discapacidad tal y como lo conocemos actualmente, si bien desde aquel tiempo, este ámbito no ha dejado de evolucionar en cuanto a las estructuras que lo gobiernan, modalidades deportivas y procesos de integración (Pérez et al., 2013). En nuestro

país fue a mediados de los años 70 cuando se instituyó la Federación Española de Deporte para Minusválidos (FEDM), aunque pronto se disgregó en federaciones según la discapacidad, como por ejemplo la Federación Española de Deportes para Minusválidos Físicos (FEDMF), la Federación Española de Deportes para Ciegos (FEDC) o la Federación Española de Deportes para Discapacitados Intelectuales (FEDDI) (Pérez, 2003a).

1.1.2. Definición de discapacidad

Según la OMS en su Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDIM), publicada en 1980 (OMS, 1980), entiende como discapacidad, aquella debida a una deficiencia, hace referencia a la restricción o ausencia de la capacidad para realizar una actividad en la forma habitual para un ser humano. Se trata pues, de una limitación funcional o una restricción de ciertas aptitudes que poseen la mayoría de las personas y refleja una alteración a nivel individual. Puede afectarse la capacidad para hablar, escuchar, ver, moverse, comportarse, etc.

Esta definición se centra en el individuo y sus limitaciones, es decir, en las consecuencias de las enfermedades, ofreciendo soluciones médicas (prevención o cura/adaptación) pero sin contemplar soluciones sociales (aceptación de la diferencia, igualdad de derechos, etc.). Por ello, hoy en día, esta situación está cambiando y está comenzando a considerarse que cualquier discapacidad es parte y ejemplo de la propia diversidad de la humanidad (OMS, 2001). Es por ello que la Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías ha sido revisada y sustituida por la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (OMS, 2001).

En esta nueva clasificación desaparece el término “minusvalía” por su marcado carácter peyorativo, el cual es sustituido por la expresión “restricciones en la participación”,

que hace referencia a los problemas que puede experimentar un individuo para implicarse en situaciones vitales, las cuales vienen determinadas por la comparación de la participación de esa persona con la participación esperable de una persona sin discapacidad en esa cultura o sociedad. Finalmente, la discapacidad se define ahora como un término genérico que incluye déficits, limitaciones en la actividad (dificultades que un individuo puede tener para realizar actividades) y restricciones en la participación.

1.1.3. Deporte adaptado a personas con discapacidad y su adherencia en los centros deportivos

Se entiende por deporte adaptado, aquella práctica deportiva que es susceptible de ser modificada para posibilitar la participación de las personas con alguna discapacidad. El deporte adaptado engloba las prácticas deportivas de personas con diferentes discapacidades, tanto intelectual, física, sensorial o de otro tipo (Reina, 2010).

Las personas con discapacidad física, si les afecta a los miembros inferiores, deben recurrir frecuentemente a una silla de ruedas para poder desplazarse. Sin embargo, siguiendo los criterios que se establezcan para cada caso particular, casi todas las personas pueden encontrar alguna modalidad de actividad física o práctica deportiva adaptada a sus capacidades.

El origen del deporte en las personas con discapacidad se remonta al ejercicio terapéutico y la rehabilitación física, aunque con el tiempo se ha ido convirtiendo en una actividad recreativa y de competición que se ha ido desligando de su sentido terapéutico original (Reina, 2014). En el deporte adaptado de competición, las personas con discapacidad practican los mismos deportes que las personas sin discapacidad, como por ejemplo en el pádel en silla de ruedas pero con dos particularidades:

- Adaptación de los reglamentos, de las pruebas o de los útiles necesarios para su práctica, en función de la discapacidad.
- Necesidad de una clasificación funcional previa, para agrupar a los deportistas con el mismo grado de discapacidad y evitar la competición desigual.

Probablemente, el máximo exponente del deporte adaptado de competición lo representan los Juegos Paralímpicos los cuales se realizaron por primera vez en el año 1960, en la ciudad de Roma, aunque no fue hasta el año 1988, con la VIII Paralimpiada de Seúl (Corea), cuando los Juegos Paralímpicos se celebraron en las mismas instalaciones y con el mismo rango que los Juegos Olímpicos. El número de atletas participantes en los Juegos Paralímpicos se ha incrementado desde los 400 atletas (de 23 países) en Roma 1960, hasta los 4350 atletas (176 países) en Rio 2016 (Paulson y Goosey-Tolfrey, 2017).

A nivel internacional existen varias organizaciones que gestionan y organizan el deporte adaptado de competición. El máximo organismo internacional es el Comité Paralímpico Internacional (IPC), el cual integra deportes adaptados a personas con diferentes tipos de discapacidad (física, sensorial e intelectual). A nivel europeo es el Comité Paralímpico Europeo (EPC) y a nivel estatal el Comité Paralímpico Español (CPE).

En el caso concreto del deporte adaptado a personas con discapacidad física, existen también varias organizaciones internacionales que lo gestionan como son la Federación Internacional de Deportes para Personas con Discapacidad Física (ISOD), y la Federación Internacional de Deportes en silla de ruedas de Stoke Mandeville (ISMWSF), a las cuales está afiliada la Federación Española de Deportes de Minusválidos Físicos (FEDMF).

En la actualidad, los organismos e instituciones tanto públicas como privadas van adecuando sus programas físico - deportivos a esta población. Los centros de ocio e

instalaciones deportivas deben diseñar programas de ejercicios personalizados para tener una opción más atractiva orientada a la mejora de la condición física y de la calidad de vida sobre dichos sujetos. Sin embargo, la mayoría de las actividades en los centros deportivos deben adaptarse (Learmonth, Rice, Ostler, Rice y Motl, 2015) así como la accesibilidad en el equipo e instalaciones para los usuarios en sillas de ruedas (Learmonth et al., 2015; de Groot et al., 2013a). Se pueden encontrar efectos positivos con el ejercicio adaptado, con hallazgos preliminares alentadores que indican, por ejemplo, un aumento de la fuerza en los músculos posteriores del hombro para el remo adaptado (Troy, Munce y Longwrth, 2015). Sin embargo, no todas las instalaciones deportivas abordan los requisitos obligatorios (Cardinal y Spaziani, 2003), y por lo tanto, no existe una oferta de actividades físico deportivas adaptadas a sujetos con algún tipo de discapacidad física, particularmente con respecto a factores específicos de las instalaciones (Dolbow y Figoni, 2015). Además, el personal de los centros deportivos no siempre está cualificado para satisfacer las necesidades de los usuarios discapacitados (Skivington, Christie y Young, 2002), ni capacitados para proporcionar orientación especializada (Dolbow y Figoni, 2015) o capaces de ayudar con ejercicios transferibles a una silla de ruedas (Johnson, Stoelzle, Finco, Foss y Cartens, 2012). Dado que en las instalaciones deportivas hay un mayor número de sujetos que requieren asesoramiento técnico individualizado por parte del personal profesional, no se debe subestimar el papel y el posible impacto del personal técnico sobre la participación en los usuarios de sillas de ruedas (Froehlich-Grobe et al., 2014). Además, cuando los ejercicios no se perciben adecuadamente para satisfacer las necesidades individuales, el incumplimiento de fidelidad a la práctica deportiva es elevado (Sluijs, Kok y van der Zee, 1993). Por lo tanto, los programas de ejercicio siempre deben personalizarse teniendo en cuenta las circunstancias y características de cada individuo (Spetch y Kolt, 2001). La dificultad de los ejercicios también es un problema que influye en la participación, ya que las actividades complejas, donde los

requisitos de las tareas se consideran más allá de la capacidad física, están vinculados con una menor adhesión en los programas de rehabilitación (Sluijs et al., 1993). La falta de programas especializados sobre el ejercicio, junto con la complejidad de las tareas, explica por qué la participación en actividades en centros deportivos y de ocio son generalmente bajas. Estos problemas muchas veces se pueden extrapolar a la población que no poseen ningún tipo de discapacidad, y en cierto modo, es una falta de compromiso con las directrices del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) sobre la mejora de la salud y la aptitud física (ACSM, 2011).

La adherencia a programas para personas con discapacidades permanentes es actualmente un área poco investigada. Sin embargo, existen barreras legítimas para la participación prolongada en actividad física para usuarios en sillas de ruedas (Ginis y Hicks, 2007). Por lo tanto, las adaptaciones fisiológicas crónicas están relacionadas para aquellos sujetos con una motivación personal adecuada, confianza y empeño para continuar de forma continua. Desafortunadamente, estos rasgos no se asocian comúnmente con individuos discapacitados, quienes exhiben baja autoestima y confianza en la ejecución de tareas físicas, con una asociación entre mayores niveles de lesión y baja autoeficacia (Nooijen et al., 2015).

1.1.4. Investigación en deporte adaptado

Las principales líneas de investigación en el deporte adaptado se desarrollaron fundamentalmente en EEUU y Europa, a partir de la década de 1930, desarrollándose principalmente las líneas de investigación relacionadas con la medicina y la rehabilitación (Pyfer, 1986). El estudio del rendimiento deportivo es un área de investigación relativamente nueva que surgió a partir de los años 70, y que actualmente supone el trabajo de un conjunto formado por diferentes especialistas en ciencias del deporte y especialistas en los diferentes deportes adaptados (Broadhead, 1981). En España, el deporte y la actividad física adaptada se

comenzaron a desarrollar dentro del marco de las ciencias del deporte, a partir de la década de los 90, coincidiendo con el éxito de los Juegos Paralímpicos de Barcelona (Pérez, 2003a).

Tanto investigadores como profesionales del deporte adaptado, aúnan esfuerzos en el estudio de deportistas en silla de ruedas centrándose principalmente en la optimización de los patrones de impulsión, con el fin de prevenir las lesiones de hombro asociadas a la propulsión en silla de ruedas (Burnham, May, Nelson, Steadward y Reid, 1993; Boninger y Robertson, 1996).

A pesar del creciente interés en el deporte paralímpico, la base de pruebas para apoyar el rendimiento deportivo en silla de ruedas está por desarrollarse cuando se compara con el deporte sin discapacidad. La falta de recursos, así como los pequeños grupos heterogéneos de atletas de élite, a menudo inhibe la publicación de datos científicos recopilados en entornos de rendimiento (Polo, 2007). Las restricciones sobre el intercambio de datos dentro de los sistemas de alto rendimiento también limitan la disponibilidad de información que detalla las capacidades fisiológicas y las prácticas de entrenamiento de deportistas de élite. Además, las pocas investigaciones que se llevan a cabo con estos deportistas tienen algunas particularidades metodológicas que la hacen muy compleja y, que se deben tener en cuenta tanto a la hora de generar investigación como a la hora de interpretar los resultados obtenidos (Polo, 2007).

Uno de los principales problemas con que se encuentra el investigador es la disponibilidad de una cantidad suficiente de personas con discapacidad como muestra (Polo, 2007). Muchas veces, éstas no son suficientes debido a que los potenciales sujetos tienen el mismo diagnóstico médico, pero difieren en el grado de afectación de su patología, regiones corporales afectadas, discapacidades secundarias, o complicaciones médicas posteriores e incluso diferentes tipos de medicación que afectan a su estado. Ante esta situación, no es raro

observar durante la recolección de los datos grandes variaciones que hacen que las desviaciones estándar se vuelvan enormes (Buffard, 1993).

Cuando los investigadores combinan sujetos con la misma clasificación funcional, pero diferentes cuadros clínicos, la generalización de los hallazgos puede verse afectada. Por ejemplo, las respuestas fisiológicas al ejercicio físico en personas con paraplejia respecto de otras con otro tipo de afectación física (amputación, polio, etc.) hacen necesario crear diferentes grupos. Así mismo, el porcentaje de abandono de las personas con discapacidad en estudios de entrenamiento y práctica deportiva es otro tema que afecta al tamaño final de la muestra. Por ello, y debido a la poca disponibilidad de utilización de grandes muestras, se deben encontrar métodos de investigación alternativos, como son los diseños de un solo sujeto o el estudio de casos (Polo, 2007).

La falta de disponibilidad comercial de test e instrumentos desarrollados específicamente para personas con discapacidad, presenta otro problema añadido a la hora de buscar la calidad en las diferentes investigaciones. Por ejemplo, a la hora de estudiar la adaptación de personas con discapacidad al ejercicio de brazos, existe toda una variedad de instrumentación que hace difícil la generalización de los resultados obtenidos. (Pérez, 2003a).

Actualmente, la investigación en los deportes en silla de ruedas está aumentando, pero todavía existe un largo camino por recorrer, como la necesidad de generar un consenso respecto a las estrategias y la metodología de la investigación, la estandarización de los instrumentos de valoración, etc. (Polo, 2007).

1.1.5. Capacidad física sobre la movilidad de las personas en silla de ruedas

Es indudable el gran impacto asociado que percibe una persona tras sufrir cualquier tipo de discapacidad física y reanudar su vida en una silla de ruedas. En general, su capacidad física se ve altamente reducida y su capacidad funcional se considera muy baja en relación a una persona sin discapacidad (Haisma et al., 2006).

Cuando una persona está restringida a una silla de ruedas, debe aprender unas nuevas habilidades motrices para adaptarse a su nueva forma de desplazamiento, para facilitar su propulsión y eficiencia a través de la silla de ruedas. Varios estudios han considerado el tipo de mejora en las variables de rendimiento tanto a corto como a medio plazo (de Groot et al., 2015; de Groot et al., 2016; Vegter et al., 2015; Vegter, Lamothe, de Groot, Veeger y Van der Woude, 2014; Vegter, de Groot, Lamothe, Veeger y Van der Woude, 2013; de Groot, Bruin, Noomen y Van der Woude, 2008). Como los músculos tanto del brazo como del hombro no están anatómicamente diseñados para recibir cargas asociadas al empuje de una silla de ruedas, su propulsión presenta un desafío, por ello es importante diseñar programas de rehabilitación después de una lesión, que permita la optimización de una técnica correcta para el posterior desplazamiento. Los movimientos repetitivos sostenidos se han relacionado con el dolor de hombro (Curtis et al., 1999) que, a su vez, están directamente asociados con la disminución de la calidad de vida y los niveles de actividad física (Gutiérrez, Thompson, Kemp y Mulroy, 2007). Esto sugiere un efecto contraproducente debido a que la cintura escapular no está habilitada de forma natural como una articulación para impulsar una silla, ocasionándose por ello la lesión de las extremidades superiores en usuarios de sillas de ruedas (Curtis et al., 1999). Además, los primeros años de la lesión y la duración del uso de la silla de ruedas, se asocian con una mayor incidencia de dolor en el hombro (Finley y Rodgers, 2004), lo cual es contraproducente, ya que la frecuencia de participación es un factor clave

para estimular las concentraciones de lipoproteínas de alta densidad (King, Haskell, Young, Oka y Stefanick, 1995) y el estado psicológico a través de la disminución de la depresión y ansiedad (Muraki, Tsunawake, Hiramatsu y Yamasaki, 2000). Como la técnica de propulsión individual es muy variable, el problema del dolor de hombro no se puede descartar por completo (Sosnoff et al., 2015). Sin embargo, se puede mejorar con el entrenamiento físico con atletas que llevan más años sin dolor que con usuarios que no realizan actividad física (Fullerton, Borckardt y Alfano, 2003). Si bien los riesgos e incomodidades deben considerarse cuidadosamente para la optimización y personalización del entrenamiento, no debe usarse como justificación para la falta de participación en la actividad física. Incluso con la debida consideración de las limitaciones y barreras, el consenso primordial es abogar por un compromiso con el ejercicio regular (Nash, 2005), para el control efectivo de afecciones crónicas y la reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular en usuarios de sillas de ruedas de todas las edades.

Existen diversas maneras de evaluar la aptitud física de los sujetos en silla de ruedas, entre ellas destacamos el análisis de la potencia máxima (de Groot et al., 2016; van der Scheer et al., 2015), que permite comparar los estándares para un rendimiento máximo alcanzable con una discapacidad (Veeger, Hadj Yahmed, van de Woude y Charpentier, 1991). Diversos estudios han comprobado los aumentos tanto en la capacidad de trabajo entre el inicio y los cinco años posteriores tras el alta médica (van Koppenhagen et al., 2013a), como en el VO_2 máximo (van Koppenhagen et al., 2013b), dentro de la fase de rehabilitación, donde se incluyen niveles altos de actividad física diaria y regular. Estos datos sugieren que la manipulación en el comportamiento del estilo de vida, influye de forma positiva sobre una correcta aptitud física, permitiendo adaptaciones crónicas relacionadas con la actividad física. Estos trabajos respaldan investigaciones previas que sugieren que los niveles de condición física son típicamente menores un año después del alta médica (van den

Berg-Emons et al., 2008), que las personas con una lesión medular ósea que llevan estilos de vida principalmente inactivos (de Groot et al., 2013a) requiriéndose cambios en la actitud y el comportamiento para estimular aumentos en la actividad física (de Groot et al., 2013b). Por esta razón, y para mejorar los efectos negativos asociados con la inactividad física crónica, se deben desarrollar estrategias de entrenamiento de ejercicios adaptados o de participación deportiva para involucrar a personas con deficiencias en el ejercicio regular (de Groot et al., 2016; van der Scheer et al., 2015; Dallmeijer, Hopman, Angenot y Van der Woude, 1997).

1.1.6. Beneficios de la práctica de actividad física sobre los usuarios en silla de ruedas

Las recomendaciones sobre los beneficios de la salud a través del ejercicio, no difieren significativamente entre personas tanto que sufren algún tipo de discapacidad como las que no (Jacobs y Nash, 2004). Por ello es imprescindible alentar a las personas en silla de ruedas a ejercitarse y compensar los cambios degenerativos asociados con el comportamiento sedentario crónico. El entrenamiento regular tiene una importancia relevante dado que las afecciones secundarias como la diabetes mellitus, la hipertensión y los lípidos con riesgo aterogénico son comunes en aquellos sujetos con una lesión en la médula espinal (Jacobs y Nash, 2004). Además, se asocia una relación favorable entre una mejor condición física con una buena capacidad aeróbica y altas concentraciones lipídicas de alta intensidad (HDL) (de Groot et al., 2008). Probablemente, los mecanismos para mejorar el estado de salud en usuarios de sillas de ruedas se derivan de aumentos en el VO_2 máximo, adaptaciones cardíacas y neuronales, respuestas mejoradas de catecolaminas y efectos positivos sobre la agregación plaquetaria (Devillard, Rimaud, Roche y Calmels, 2007). Aumentar la actividad física cotidiana mediante una mayor frecuencia y duración de la propulsión manual en silla de ruedas, es un método para impulsar tales adaptaciones relacionadas con la salud, con mayor

VO₂ máximo, y con concentraciones lipídicas favorables en aquellos sujetos con una lesión medular espinal reciente que aumentan la propulsión diaria (Nooijen et al., 2012).

Por tanto, mantenerse activo tiene una relevancia importante para las personas con una lesión medular, dado que la condición física con la silla de ruedas se deteriora con el tiempo (de Groot et al., 2015). Una relación negativa se asocia comúnmente con el VO₂ máximo y la edad, debido a disminuciones crónicas en el gasto cardíaco y una disminución en el músculo esquelético de la capacidad oxidativa, con disminuciones resultantes en la utilización de oxígeno en el tejido periférico (Betik y Hepple, 2008). Se han informado de valores más altos de VO₂ máximo para los usuarios parapléjicos de más de 50 años de edad que practican actividad física en comparación con los pacientes sin experiencia parapléjica menores de 40 años (Lee et al., 2015). Esto enfatiza la importancia de la práctica de actividad física regular en la mejora de la función cardiovascular en personas con discapacidades y enfatiza que comenzar un programa de ejercicios es ventajoso independientemente de la edad. Sin embargo, las actividades físicas diarias están sujetas a restricciones externas que incluyen, pero no se limitan, a características del medio, especialmente en usuarios de mayor edad en sillas de ruedas (Rosenberg, Huang, Simonovich y Belza, 2013), de ahí la importancia de diferentes organizaciones y estamentos para promover la práctica de actividad física sobre dicha población con programas asequibles y atractivos.

1.1.7. ¿Por qué jugar a pádel en silla de ruedas?

Los beneficios que conlleva la práctica deportiva tanto a personas sin discapacidad como en éste caso a sujetos que juegan pádel en silla de ruedas, son altamente relevantes. El deporte en silla de ruedas ofrece un gran potencial con resultados muy positivos en el desarrollo de su práctica provocando una frecuencia cardíaca elevada, considerándose por

ello, una herramienta deseable para dicha población (Croft, Dybrus, Lenton y Goosey-Tolfrey, 2010; Barfield, Malone y Coleman, 2009).

Sin embargo, a pesar de la naturaleza intermitente de determinados deportes en silla de ruedas (como pueden ser baloncesto, tenis, rugby o pádel), su actividad cardiorrespiratoria podría considerarse menos determinante (de Lira et al., 2010), ya que la intensidad promedio del ejercicio a lo largo de un periodo de juego de veinte minutos, excede del 40 al 50% de VO₂ máximo o del 55 al 65% de la FC máxima (Bernardi et al., 2010), excediendo los criterios del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) para el mantenimiento y mejora de la aptitud aeróbica (Bernardi et al., 2010; Pluim, Staal, Marks, Miller y Miley, 2006).

Por otro lado, la propia práctica deportiva en silla de ruedas, desarrolla ciertas cualidades físicas favorables para dichos usuarios (Dallmeijer et al., 1997), ofreciendo un trabajo más desafiante que la propia movilidad comúnmente asociada con la propulsión de la vida cotidiana. Esta práctica deportiva ejerce una progresión esencial después de la rehabilitación, no solo como mejora hacia el rendimiento, sino como un estímulo hacia el dominio básico de la silla de ruedas en la propia propulsión del día a día. Así se popularizó el deporte en silla de ruedas, como una forma de rehabilitación para aumentar la condición física (Ogata, 1994).

La práctica de pádel en silla ofrece la posibilidad a los jugadores de mejorar su autoestima, la confianza y la calidad de vida en general. Para personas adultas con algún tipo de impedimento físico, los beneficios están justificados, mejorando la salud (Hosseini, Fallahpour, Sayadi, Gharib y Haghgoo, 2012), mayor satisfacción con la vida (Garshick et al., 2016; Hosseini et al., 2012), una mayor integración social (Hosseini et al., 2012); McVeigh, Hitzig y Craven, 2009) y una mayor tasa de empleo (Anneken, Hanssen-Douse,

Hirschfield, Scheuer y Thietje, 2010), se asocian a personas con lesión medular que participan activamente en prácticas deportivas. Además, el deseo de ser competitivo en los deportes de raqueta no es tan significativo como la mejora para el dominio de la habilidad en términos generales (Molanorouzi, Khoo y Morris, 2015), por lo tanto, además de la importancia que conlleva la propia competición, más relevante es la necesidad de desarrollar confianza en la propia práctica deportiva.

Si como puede observarse los efectos de la participación deportiva son altamente elevados, la adherencia a largo plazo no está ni mucho menos asegurada, en algunos casos porque los ejercicios son demasiado complejos (Cowan, Nash y Anderson, 2013), o por falta de motivación (Cowan, Nash y Anderson, 2012). Por eso, se presume el pádel en silla como una disciplina deportiva muy adherente para aquellos usuarios con algún tipo de discapacidad física por varias razones. Aunque todavía no se disponen de evidencias científicas, dadas las similitudes con el pádel convencional, pensamos que el pádel en silla se presenta como una disciplina moderada, sin un alto grado de intensidad. Pensamos que es un deporte inclusivo, que elimina potencialmente barreras a la inclusión, ofreciendo igualdad de condiciones ya que pueden participar tanto personas con alguna discapacidad como sin discapacidad, facilitando la integración social y, no es un requisito imprescindible jugar con una silla adaptada, pues es posible jugar con una convencional. Además, en la actualidad, la mayoría de las pistas son accesibles para todos los usuarios en silla de ruedas, requisito previo para la facilitación de un estilo de vida activo (de Groot et al., 2013a), aunque los factores arquitectónicos y las actitudes de las personas sin discapacidad se citan comúnmente como barreras a la inclusión social para usuarios de sillas de ruedas con una lesión de médula espinal (Akyüz, Yalcin, Selcuk y Degirmenci, 2014). Si bien la sociedad muchas veces segrega a las personas por su capacidad física, el pádel en silla de ruedas une a las personas y, a menudo, puede ser la primera oportunidad de interacción entre diferentes usuarios.

Por último, consideramos que las reglas del pádel en silla se adaptan muy fácilmente a los deportistas, ya que se puede jugar de forma mixta y no está restringido por la edad. Además, la frecuencia cardíaca media en pádel convencional, se encuentra en torno al 74 % de la frecuencia cardíaca máxima (de Hoyo, Sañudo y Carrasco, 2007), y dadas las similitudes entre el pádel adaptado y el convencional, pensamos que existe un menor riesgo para la salud cardiorrespiratoria de sus practicantes. Así mismo, el aprendizaje del pádel convencional es más rápido y fácil que por ejemplo el tenis convencional (Almonacid, 2011). Desde el punto de vista de la gestión, y comparándolo con otros deportes de raqueta convencionales, una pista de pádel es más rentable que las de tenis o frontón (García y García 2010) debido a sus dimensiones y a la posibilidad de construirla al aire libre. En resumen, según García y García (2010), el éxito del pádel en España en relación a otros deportes de raqueta puede deberse a que el pádel se percibe (1) más rentable que otros deportes de raqueta; (2) es más fácil de aprender (debido a una raqueta más corta, y a una pelota de menos presión que va más lenta); (3) requiere un menor nivel de condición física como también indicaron de Hoyo et al. (2007); (4) y produce menos estrés en el sistema cardiovascular. Estas conclusiones lógicamente pensamos que pueden ser extrapolables al pádel en silla de ruedas por las diversas similitudes.

1.2. EL PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS

1.2.1. El Origen del pádel en silla de ruedas

El nacimiento del pádel en silla de ruedas se remonta en la década del año 2010, y está basado en el pádel convencional. El pádel en silla es una adaptación del pádel convencional para ser practicado con personas con discapacidad física. Al igual que el tenis en silla de ruedas, la primera referencia de que se tiene constancia sobre pádel en silla, data sobre de un deportista, quien tras tener un accidente de tráfico sufre una lesión medular. El denominador común del pádel en silla es el pádel convencional y el tenis en silla, por eso es necesario hacer una breve referencia a estas dos disciplinas para una mejor aproximación al concepto del pádel en silla de ruedas.

El pádel convencional es un deporte moderno de raqueta nacido en la década de los 70 (Courel, Sánchez-Alcaraz y Muñoz, 2017a). En solo unas pocas décadas desde su creación, es uno de los 10 deportes más practicados en España y cuenta con 4 millones de practicantes regulares (Courel, Sánchez-Alcaraz, García y Echegaray, 2017b). Hoy en día, se está extendiendo continuamente, constatando hasta 35 federaciones nacionales por todo el mundo según los datos de la Federación Internacional de Pádel (FIP). La evidencia de este impacto es la presencia de torneos profesionales en España, Portugal, Holanda, Andorra, Suecia, Bélgica, Argentina, Estados Unidos, Italia, Mónaco y Emiratos Árabes (Courel et al., 2017a). Éste crecimiento se puede explicar debido a que el pádel combina una alta actividad entre los jugadores con una baja intensidad de acciones (Courel, Sánchez-Alcaraz y Cañas, 2017c). Como consecuencia, los jugadores están más involucrados en el juego y así el disfrute y la motivación aumentan, lo que lleva a una mayor adherencia a la práctica en entornos recreativos y competitivos (Duda, 2005).

Respecto al tenis en silla, sus inicios se sitúan en Estados Unidos en 1976 (Sanz, 2003). El deportista Brad Parks, tras sufrir un accidente de esquí que le provoca una paraplejia, empezó a practicar tenis en silla a partir de conocer a otro deportista que lo practicaba, Jeff Minnenbraker. En ese momento empiezan a difundir junto a otros participantes esta nueva modalidad por América. Años más tarde, en 1982 se comienza a practicar por Europa, hasta que en 1988 se crea la Federación Internacional de Tenis en Silla de Ruedas (IWTF). Se empiezan a crear circuitos hasta que en los Juegos Paralímpicos de Barcelona 92 se acoge el tenis en silla de ruedas por primera vez. En 1998 la ITF (Federación Internacional de Tenis) incorpora el tenis en silla de ruedas en su organización desapareciendo la IWTF, creándose la IWTA (Asociación Internacional de Tenis en Silla de Ruedas) que constituye el órgano consultivo del ITF (Wheelchair Tennis Committee) (Comité de Tenis en Silla de la Federación Internacional de Tenis).

Respecto a la evolución del tenis en silla de ruedas en España, fue a mediados de los ochenta cuando comienza su práctica, y no será hasta 1989 cuando la Federación Catalana de Tenis (FCT), comience la promoción institucional del mismo. En 1991 se crea la Comisión Nacional de Tenis en Silla de Ruedas de la Federación Española de Deportes para Minusválidos Físico (FEDMF) y se celebra el primer Campeonato de España de Tenis en Silla de Ruedas en Madrid.

Al igual que en el tenis en silla, el pádel en silla tiene sus inicios en un deportista que tras sufrir un accidente de tráfico y sufrir una lesión medular, decide probar un deporte adaptado. Su difusión tiene lugar por la zona sur de España a partir de varios jugadores practicantes de baloncesto y tenis en silla, y entre 2004 – 2006 comienza a expandirse por el resto de la península. El nivel de pádel en silla fue creciendo en dichos años y empezaron a

organizarse los primeros torneos por la geografía española. Del primer torneo que se tiene constancia fue el organizado por la “Fundación También” en 2006 en Madrid.

A partir de éste momento, diferentes organizaciones y asociaciones como “Fundación También (2000)”, “Aspado (2004)”, “Pádel Integra (2011)”, empiezan a organizar torneos en distintas ciudades del territorio nacional y a difundir ésta nueva modalidad deportiva adaptada. Actualmente son muchas las asociaciones y clubes que organizan torneos de pádel en silla de ruedas. En 2013 se crea la “Asociación de Pádel en Silla” (www.pádel silla.org), con los objetivos de desarrollar el deporte entre las personas con discapacidad, organizar y potenciar su práctica deportiva así como su normativa y reglamentación; difundir su práctica en los medios audio visuales, redes sociales y cualquier medio de comunicación; organizar torneos y exhibiciones. A través de ésta asociación se empieza a difundir el pádel en silla mediante su web, ya que se pone en conocimiento los lugares, jugadores, foros, vídeos, normativa y torneos para poder realizar su práctica deportiva.

En marzo de 2016 la Federación Española de deportes de Personas con Discapacidad Física (FEDDF), adopta el pádel en silla dentro de su federación y se oficializa como deporte federado, por ello, desde la Comisión Nacional de Pádel y del Comité Médico y de Clasificación de la FEDDF, se presenta toda la normativa que regulará dicha disciplina a partir de ese año. Dentro de la Normativa cabe destacar la creación del manual de clasificación, el cual regula la participación en las pruebas de pádel con un sistema de compensación de discapacidades tal como se viene realizando en otros deportes de la FEDDF. Hasta el momento no existía dicha normativa y los encuentros extraoficiales que se vienen organizando no controlaban dichas discapacidades, lo que hace que la unión de dos jugadores con “poca” discapacidad descompensaba y desmotivaba la participación de aquellos jugadores con mayores lesiones (www.feddf.es).

Un factor importante que ayuda al crecimiento del pádel en silla es su accesibilidad. Cada vez existen más pistas de pádel accesibles para que las personas con una discapacidad física puedan acceder sin dificultades, lo que induce a un posible incremento de practicantes debido a dichas facilidades tal y como sucede en diversos deportes (Karusisi, Thomas, Meline y Chaix, 2013). Si bien el rendimiento óptimo está asociado con una configuración de una silla de ruedas especializada (Mason, van der Woude y Goosey-Tolfrey, 2013), la participación en una modalidad deportiva en silla no lo requiere. De hecho, las personas pueden usar su propia silla sin modificaciones, siempre que la silla de ruedas tenga la estabilidad adecuada (Mason, Porcellato, van der Woude y Goosey-Tolfrey, 2010), especialmente al girar (Medola, Elui, Santana y Fortulan, 2014). Además, el pádel en silla no está restringido a personas con discapacidad, sino que pueden participar personas de a pie sin discapacidad, promoviendo actividades inclusivas. Estos factores son importantes, especialmente para las personas que estaban inactivas antes de una lesión medular, que comúnmente mencionan la falta de instalaciones accesibles, equipo no asequible y miedo a las lesiones como limitaciones para un estilo de vida activo (Kehn y Kroll, 2009). Por lo tanto, la elegibilidad para el juego es amplia y no está restringida, y se alienta activamente a las personas a jugar con y contra otras personas, independientemente del tipo de discapacidad.

Finalmente, podemos definir el pádel en silla de ruedas como una modalidad deportiva adaptada de reciente aparición y por consiguiente, con muchas lagunas y vacíos en todos sus ámbitos. Es un deporte de equipo, ya que se juega en pareja, pero al mismo tiempo es una disciplina de adversario con espacio separado respecto a los contrarios y delimitado por una red, siendo alternativas las intervenciones de uno y otro equipo, produciéndose relaciones de colaboración con el compañero y oposición con los adversarios, siendo numerosas las variables de acciones que se pueden producir. Además, al igual que en el pádel

convencional, interviene un implemento (la pala o raqueta), que tiene una características peculiares y que lo hacen diferente del manejo de implementos en otras modalidades deportivas (Almonacid, 2011). El juego consiste en lanzar con una raqueta o pala, una pelota de una u otra parte del campo, separadas por una red, para conseguir un resultado común ante el antagonismo de unos adversarios, que teniendo los mismos recursos, persiguen el fin opuesto. Esto conlleva a que no se sigue un orden de acontecimientos establecido, ya que está sujeto a diversas variables difíciles de definir, lo que lo convierte en un juego caracterizado por una suma de acontecimientos desordenados y de difícil previsión.

1.2.2 La clasificación funcional en pádel en silla de ruedas.

La clasificación en los deportes en silla de ruedas proporciona una estructura para la competición, y cada modalidad deportiva tiene su propio sistema de clasificación, diferente para cada disciplina y desarrollados por cada Federación Internacional a partir del Código de Clasificación de Deportistas del IPC (Comité Paralímpico Internacional). El propósito de la clasificación de los atletas es reducir al mínimo el impacto de las deficiencias en cada disciplina deportiva. De esta manera tener una discapacidad no es suficiente, y se debe probar el impacto de la misma en la práctica deportiva.

Los sistemas de clasificación han ido cambiando y evolucionando en función de la realidad de cada disciplina deportiva para personas con discapacidad. En su origen, la clasificación estaba basada en sistemas médicos, relacionados con la rehabilitación hospitalaria, dividiendo a deportistas por deficiencias siendo igual para todos los deportes (Reina, 2014). Posteriormente evolucionó creándose un sistema de clasificación funcional, que evaluaba en qué medida las deficiencias hacían que el deportista tuviera una limitación en una disciplina en concreto (Tweedy, 2002), integrando en una misma prueba a deportistas con diferentes discapacidades o una misma clase funcional para varios deportes.

En 2007 se crea el Código de Clasificación del IPC (IPC, 2007), que presenta una clasificación derivada de investigaciones multidisciplinares, debiendo adecuarse la decisión a las habilidades y requerimientos de cada deporte, consiguiendo definir quién es elegible para competir en un determinado deporte y agrupar a los deportistas en clases (Reina y Vilanova, 2016).

Figura 1. Código de Clasificación de Deportistas. Fuente: adaptado de Hart (2017)

Tras un proceso de revisión de 3 años (2013 – 2015), en noviembre de 2015 se publicó el nuevo Código de Clasificación de Deportistas (IPC, 2015), más centrado en el propio deportista y basados en evidencias científicas (Figura 1).

A continuación se presenta de forma resumida los principales sistemas de clasificación en tenis, baloncesto y rugby en silla de ruedas:

- Baloncesto en silla de ruedas: Los jugadores se clasifican según su capacidad funcional desde 1 a 8 grupos, siendo el 1.0 (donde se concentran la mayoría de jugadores, son los más lesionados) a 4.5 (los menos lesionados). Cinco jugadores conforman un equipo de

baloncesto en silla de ruedas y el valor total permitido para un equipo en el campo es de 14 (Tweedy y Diaper, 2010).

- **Tenis en silla de ruedas:** No existe un sistema complejo de clasificación, los jugadores compiten en la clase abierta (atletas con deficiencias variadas, como amputaciones o lesiones en la médula espinal torácica / lumbar) o en la clase cuádruple (atletas con tetraplejia o de deterioro de la extremidad superior). Para la clase tetrapléjica, los jugadores deben tener un impedimento físico permanente que afecte a una o ambas extremidades superiores. Los jugadores son elegibles para competir en la clase abierta si tienen un impedimento físico permanente relacionado con la movilidad que afecta la parte inferior del cuerpo (Tweedy y Diaper, 2010).

- **Rugby en silla de ruedas:** Al igual que en baloncesto en silla de ruedas, los jugadores se clasifican en función de su capacidad funcional desde 1 a 8 grupos siendo el 0.5 (donde se concentran la mayoría de jugadores, son los más lesionados) a 3.5 (los menos lesionados), determinando su papel en la cancha. Cada equipo puede colocar 4 jugadores en la cancha al mismo tiempo, con el valor total permitido de 8 por equipo (Molik et al., 2008).

Respecto a la clasificación en pádel en silla de ruedas, es una disciplina adaptada nacida a partir del pádel convencional en donde no se ha variado el reglamento sustancialmente, salvo en lo que se refiere a dos parámetros concretos, como son el uso de la silla de ruedas y la clasificación funcional. Quizá la diferencia principal respecto al pádel a pie es la clasificación funcional, incluso más aún que el uso de la silla. Dicha clasificación permite jugar en una misma pista a personas con discapacidad física muy diferente ya que la diversidad de lesión es amplísima (espina bífida, amputaciones, lesión medular, etc.). Se puede decir que cada persona tiene una discapacidad única, ya que no hay dos “exactamente”

iguales. En este sentido, no todas las personas que juegan al pádel en silla viven en una silla de ruedas, de manera que algunos jugadores solo utilizan la silla para su práctica deportiva y en su día a día se valen de otros medios como pueden ser unas muletas.

Tal y como recoge el manual de clasificación de pádel en silla de ruedas (Manual de Clasificación Pádel Adaptado en Silla de Ruedas, FEDDF – FEP, Málaga 2016), la clasificación es la agrupación de jugadores en categorías (clases), basado en la capacidad física del jugador para ejecutar los movimientos fundamentales sobre dicho deporte; impulsar, frenar, girar, maniobrar la silla y, golpear la pelota.

Para ser jugador de pádel en silla es necesario poseer una discapacidad física. Este hecho es conocido como la noción de “minimal hándicap” (o “discapacidad mínima”) según la cual para que un jugador pueda participar en una competición debe ajustarse a unos parámetros reglamentarios. El propósito de la clasificación de jugadores es asegurar que todos los jugadores elegibles tienen el mismo derecho y oportunidad de ser un miembro integral de una pareja.

Para ser elegible un jugador de pádel en silla, debe tener una diversidad funcional física permanente que reduce la función de sus extremidades inferiores a un grado en el que no puede correr o saltar a una velocidad y con el control, seguridad, estabilidad y resistencia de un jugador sin discapacidad.

La clasificación funcional es un requisito previo para establecer una competición justa y equitativa. El sistema de clasificación funcional debe de dar a cada individuo con discapacidad física una oportunidad equitativa para competir. Según el reglamento de la FEDDF, la clasificación funcional sólo debe medir las limitaciones funcionales provocadas por las discapacidades físicas. Las diferentes limitaciones funcionales que un jugador puede

presentar, en concreto a nivel funcional del tronco, afectan directamente a la capacidad de ejecución de las diferentes habilidades puestas en juego en la pista. El nivel de equilibrio sentado y el movimiento del tronco del jugador, son los elementos fundamentales evaluados en la definición de clases y en el desarrollo de un procedimiento de exanimación.

A los jugadores se les asigna una clasificación de 1.0 (siendo el jugador con menor función física) hasta 4.0 (siendo el jugador con mayor función física). Estas clasificaciones son los "puntos de juego" del jugador. En ningún momento del juego la pareja en pista debe exceder de un total de 5 puntos. Al tener un sistema de clasificación y normas homogéneas de equipo, la FEDDF iguala el potencial funcional de las parejas, y asegura que el resultado de cualquier partido esté directamente relacionado con la capacidad atlética y las destrezas de los jugadores. El sistema de clasificación ha sido conceptuado, desarrollado y adaptado del utilizado por la FEDDF en otras disciplinas deportivas, dotándole de identidad y dominio propio (extraído del Manual de Clasificación Pádel Adaptado en Silla de Ruedas, FEDDF – FEP, Málaga 2016).

1.2.3 Definición de las clases.

Según la normativa de la FEDDF (www.feddf.es), un nuevo jugador que se presenta con una clara diversidad funcional de los miembros inferiores puede recibir su clasificación de pádel en silla en cualquier torneo organizado por la FEDDF, donde esté un clasificador oficial.

Un nuevo jugador que no tiene una diversidad funcional que pueda ser claramente identificada por simple observación, debe cumplir con los criterios de diversidad funcional mínima establecidos. La FEDDF tendrá un grupo de expertos para pronunciarse sobre la elegibilidad o no de éstos jugadores (para más detalles sobre los criterios utilizados para

determinar la elegibilidad de la diversidad funcional mínima, consultar el apartado referenciado del manual de clasificación de pádel adaptado).

En un torneo, campeonato, o prueba donde una verificación esté programada, un delegado o representante del deportista confirmará que la información del deportista es correcta con un miembro del Panel de Clasificación. Una ficha de clasificación provisional será realizada para los nuevos jugadores con la información obtenida.

El día siguiente, el nuevo jugador será observado por el “panel de clasificación”, y durante el entrenamiento se realizará la observación de la pareja, antes del comienzo propio de la competición. Al final del entrenamiento, el Panel de Clasificación asignará una clase para los nuevos jugadores para comenzar la competición. Luego, el jugador es observado en competición, momento en el que su clasificación es confirmada o modificada. La clase de un nuevo jugador puede cambiar al final de cualquier partido durante la ronda preliminar o al final de la competición. Sólo un jugador nuevo que no haya sido previamente clasificado necesita someterse a este proceso, los jugadores que tienen una ficha de clasificación de la FEDDF no requieren re-clasificación en cada torneo que participan. Si el clasificador/ panel ha visto muy poco a un jugador durante el torneo, y todavía hay cierta incertidumbre sobre su clasificación, la ficha no será emitida para dicho jugador. En el informe final del torneo el jugador aparecerá como: "En Observación".

Una Federación Autonómica puede solicitar una revisión de la clasificación de un jugador. Los detalles de este proceso se encuentran en el Manual de Reglamento de la FEDDF en la sección de Clasificación (www.feddf.es). La observación de un jugador objeto de una revisión, sigue el mismo procedimiento de la observación de un nuevo jugador (extraído del Manual de Clasificación Pádel Adaptado en Silla de Ruedas, FEDDF – FEP, Málaga 2016).

1.2.4 Factores que determinan la clasificación.

Según la FEDDF (www.feddf.es), los principales factores que determinan la clase de un jugador son los siguientes:

- 1) Funcionalidad de la columna vertebral (tronco).
- 2) Función de los miembros inferiores.
- 3) Función de los miembros superiores.
- 4) Función de las manos.

Para llegar a una clasificación, el impulso, la fuerza y la coordinación de todos estos factores se tienen en cuenta como componentes individuales, y luego como funciones relacionadas entre ellas en situaciones del juego.

Cada clase tiene características distintas y exclusivas que el clasificador busca para tomar decisiones. Estas características son evidentes en las habilidades y destrezas del propio juego, y se observan como parte del proceso de clasificación, y se detallan en este manual.

En particular, el movimiento y la estabilidad del tronco forman la base para la clasificación de los jugadores. Por lo tanto, la mayoría de la terminología comúnmente utilizada cuando se habla de la clasificación, es el volumen de acción del jugador que está claramente definido para cada clase.

1.2.5. El concepto de volumen de acción.

El elemento clave de la clasificación en el pádel en silla es la **observación** y la evaluación del "**volumen de acción**" de cada jugador. El volumen de acción de un jugador se describe como el límite en el que un jugador puede mover su tronco voluntariamente en cualquier dirección, y volver con control a la posición neutra sin apoyo de la silla de ruedas

para ayudarse en el movimiento. El volumen de acción incluye todas las direcciones, y describe la posición de la pala de pádel cuando se sostiene.

En la posición sentada, hay varios "planos de movimiento" disponibles. Si bien que estos planos tienen nombres biomecánicos, con el fin de simplificar la definición, se denominaran de la siguiente forma (Figura 2):

El plano vertical: Girar el tronco hacia la izquierda o derecha, mientras mantiene una posición vertical (Figura 2A).

El plano frontal: Doblar el tronco hacia delante, llegando con las manos a tocar los pies y volver a la posición vertical (Figura 2B).

El plano lateral: Inclinar el tronco hacia la izquierda o la derecha sin movimiento en el plano frontal y volver a la posición vertical (Figura 2C).

Figura 2. Planos de los movimientos de los jugadores de pádel en silla de ruedas (extraído del Manual de Clasificación de Pádel Adaptado en silla de ruedas, FEDDF – FEP, Málaga 2016)

Los jugadores de cada clase tienen diferentes volúmenes de acción, y esto determina la clasificación final.

1.2.6. La sedestación y estabilidad pélvica.

De acuerdo con la FEDDF (www.feddf.es), los jugadores ajustan su posición en la silla de ruedas para maximizar su base de sustentación. Una base estable permite el máximo movimiento controlado del tronco, optimizando así el uso de sus volúmenes de acción.

Los jugadores se dividen en dos categorías al considerar la estabilidad de la pelvis: los que pueden estabilizar la pelvis de forma activa, y los que tienen que adaptar su silla de ruedas y elementos de sujeción a la misma para obtener estabilidad pasiva.

Estabilidad pélvica activa

Estabilización pélvica activa es cuando un jugador tiene el suficiente control muscular de la parte inferior del tronco, cintura pélvica y caderas, para mantener su pelvis en una posición sentada, y mueve su tronco activamente en cualquiera o todos los planos de movimiento. Por lo general, un jugador con la estabilización pélvica activa jugará en un asiento relativamente plano, y necesitará poco apoyo de la silla de ruedas para mantener la estabilidad de la pelvis.

Estabilidad pélvica pasiva

La estabilidad pélvica pasiva es cuando un jugador no tiene suficiente control músculo-esquelético en la parte inferior del tronco, cintura pélvica y caderas, para mantener su pelvis en una posición sentada cuando mueve su tronco activamente en cualquiera o todos los planos de movimiento. Un jugador que cuenta con elementos de sujeción a la silla de ruedas para mantener la estabilidad de su pelvis, por lo general juega en un asiento que es

significativamente inclinado de delante hacia atrás para crear un "molde" de seguridad que mantiene la estabilidad pélvica.

Es esta capacidad para fijar la pelvis, la que permite a los jugadores tener un mayor volumen de acción. Por tanto, así se realiza la primera selección en la clasificación de los deportistas (recuperado del Manual de Clasificación Pádel Adaptado en Silla de Ruedas, FEDDF – FEP, Málaga 2016).

1.2.7. Criterios para determinar la elegibilidad bajo la regulación de la diversidad funcional mínima: “Minimal Handicap”.

Con el fin de ser elegible para jugar al pádel en silla de ruedas en las competiciones organizadas bajo la jurisdicción de la FEDDF (www.feddf.es), un jugador que no tiene una discapacidad que pueda ser claramente identificada por simple observación, tendrá su elegibilidad determinada utilizando los siguientes criterios:

a) Un jugador de pádel en silla tiene una diversidad funcional física permanente que, en opinión de la Comisión de Elegibilidad de la FEDDF, reduce la función de las extremidades inferiores en un grado en que él no puede correr, frenar, girar o saltar a una velocidad determinada y no constante, y sin llegar a tener el control, seguridad, estabilidad y resistencia de un jugador sin diversidad funcional.

b) La diversidad funcional debe ser tal que pueda ser objetivamente comprobada por pruebas médicas, exploraciones complementarias, rayos X, TAC, RMN, etc. y/o paramédicas reconocidas, como la medición, la observación y el entorno.

c) Las personas que han tenido remplazos de cadera o rodilla y han proporcionado una confirmación de la operación de su médico o cirujano y con el apoyo de

rayos X, TAC, RMN y otras, se considerará que cumplen los criterios de elegibilidad - siempre que resten secuelas de carácter crónico y permanente-.

d) En caso de amputación, el requisito mínimo para la elegibilidad es la eliminación total del primero dedo de un pie.

e) A efectos de enfermedades degenerativas producto de la edad, trabajo y profesión (a valorar).

f) En caso de desacuerdo con la longitud de miembros inferiores, el requisito mínimo para la elegibilidad es una diferencia de 6 cm en la longitud medida desde el trocánter mayor hasta el suelo en una radiografía en posición de pie.

A todos los efectos de la clasificación de la FEDDF, la valoración de las escalas del dolor, no son considerados como elementos a la clasificación, debido a su carácter subjetivo e individual.

Un jugador que es elegible para jugar siguiendo los criterios de la FEDDF recibirá una “Ficha de Identificación de Jugador”. En la primera competición oficial, con la presencia de un panel de clasificación el jugador será observado durante situaciones de entrenamiento y juego. Al final de la competición recibirá su “Ficha de Clasificación” con su puntuación oficial.

Los jugadores que tienen una discapacidad mínima y requieren una confirmación de su elegibilidad, deben solicitar de antemano a la FEDDF para su aprobación, para poder jugar en torneos sancionados por la FEDDF. Los detalles de este proceso están en el Reglamento Interno de la FEDDF - Sección "F" Reglamento de Clasificación de Jugadores (recuperado del Manual de Clasificación Pádel Adaptado en Silla de Ruedas, FEDDF – FEP, Málaga 2016).

1.2.8. Características especiales de las clases.

En función de la clasificación funcional se pueden caracterizar las diferentes acciones de los jugadores, herramienta que utiliza el clasificador funcional para determinar la categoría a la que pertenece el jugador. La información de las tablas (Tablas 1 a 4), caracteriza las diferentes funciones (volumen de acción, instalación de la silla y los movimientos) según las clases publicadas por la FEDDF (www.feddf.es).

1. Introducción y Objetivos

Tabla 1. Características funcionales de los jugadores de la clase 1

Función	Clase 1
Volumen de acción	<ul style="list-style-type: none"> - No tiene volumen de acción, ya sea en el plano frontal, vertical o lateral, por lo general como resultado de la parálisis de los músculos del tronco y de las piernas. - No puede sostener la pala con ambas manos extendidas delante de la cara, sin inclinar la cabeza y / o el tronco hacia atrás como un contrapeso. - Es dependiente de la silla de ruedas y/o los brazos para apoyo en todos los planos de movimiento.
Instalación de la silla	<ul style="list-style-type: none"> - Como el jugador de clase 1.0 no tiene estabilidad pélvica activa, su asiento por lo general será inclinado de manera significativa hacia atrás para maximizar la estabilidad pasiva de la pelvis. - Las rodillas están más altas que las caderas, por lo general atadas a la silla de ruedas, con los pies fijados al reposapiés. - La pelvis está frecuentemente atada a la silla de ruedas. El respaldo se encuentra a la altura de las costillas, por debajo de los omóplatos, no demasiado apretado para permitir al tronco del jugador que se apoye sobre el respaldo. Puede utilizar un cinturón abdominal para fijar el tronco a la silla de ruedas. - Se identifica principalmente por una movilidad pasiva del tronco en todas las actividades, que requiere el uso frecuente de las extremidades superiores para mantener y ajustar la posición del tronco.
Impulso	<ul style="list-style-type: none"> - Durante el impulso el jugador de clase 1.0 se apoya en el respaldo para mantener el equilibrio. Por lo general hace el impulso en una posición vertical. - La cabeza y los hombros se mueven en un movimiento hacia adelante y hacia atrás para compensar la falta de movimiento del tronco y para ayudar a mantener el equilibrio. - En repetidas ocasiones el jugador de clase 1.0 inclina el pecho sobre las rodillas y permanece en esta posición para hacer el impulso. Utilizará el apoyo de ambos brazos para volver a la posición vertical.

1. Introducción y Objetivos

Frenar / Girar	<ul style="list-style-type: none">- Cuando frena rápidamente o gira el jugador de clase 1.0 muestra dificultad para mantener su tronco erguido y tratará de conservar su equilibrio utilizando su cabeza, sus hombros contra el respaldo de la silla como contrapeso y sus manos aferradas a las ruedas. Al girar, por lo general colocará la mano libre sobre una rodilla.
Golpeo de pelota	<ul style="list-style-type: none">- El jugador de clase 1.0 por lo general depende de la silla de ruedas, como apoyo para golpear la pelota.- Golpes fuertes con una mano; utiliza la otra mano en la silla de ruedas, para obtener ventaja y mantener la posición vertical. La falta de rotación del tronco limita la capacidad para generar fuerza en el golpe. No puede girar para recibir una pelota desde atrás al menos que esté estabilizado con una mano.

Tabla 2. Características funcionales de los jugadores de la clase 2

Función	Clase 2
Volumen de acción	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un volumen de acción parcial en los planos vertical y frontal pero sin volumen de acción en el plano lateral generalmente debido a la afectación de la parte inferior del tronco y los músculos de las extremidades. - Es capaz de sostener la pala con ambas manos extendidas delante de la cara sin inclinar la cabeza hacia atrás como un contrapeso. - Es capaz de inclinar el tronco adelante en unos 45 grados y volver a la posición vertical sin la ayuda de los miembros superiores. - No puede levantar el tronco, debe descansar sobre los muslos utilizando al menos un brazo, salvo que esté sentado con las rodillas significativamente más altas que las caderas. Necesita una y a veces dos manos para volver a la posición vertical cuando su tronco esta en desequilibrio a un lado.
Instalación de la silla	<ul style="list-style-type: none"> - Se basa en la estabilidad pasiva de la pelvis. El asiento de la silla de ruedas por lo general es inclinado hacia atrás de manera significativa. - Las rodillas están más altas que las caderas, por lo general atadas con la silla de ruedas, con los pies sujetos en los reposapiés. - La pelvis está a menudo sujeta a la silla de ruedas. El respaldo se encuentra en la parte superior de la pelvis y a menudo hasta el borde inferior de los omoplatos, así mismo las ayudas técnicas menos apretadas para permitir que el tronco repose en el respaldo, para mejorar la estabilidad y sustentación del tronco.

1. Introducción y Objetivos

Impulso	<ul style="list-style-type: none">- Cuando hace el impulso, es capaz de inclinarse hacia adelante para ganar impulso y aumentar la potencia del mismo, pero la parte inferior del tronco no es utilizada activamente en la acción.- La cabeza y los hombros a menudo serán mantenidos en una posición estática para compensar la falta de movilidad del tronco y tren inferior.- Con impulso máximo es capaz de utilizar la parte superior del tronco significativamente, pero generalmente presenta pérdida de la estabilidad a nivel de la cintura pélvica. Con frecuencia utiliza un brazo en la parte frontal de la silla de ruedas o en las rodillas para volver a la posición vertical cuando está totalmente flexionado sobre los muslos.
Frenar / Girar	<ul style="list-style-type: none">- Cuando se detiene bruscamente o quiere girar rápidamente es capaz de estabilizar el tronco para evitar perder el equilibrio.- Puede inclinarse ligeramente hacia la dirección del pivote.- En situaciones de frenado puede permanecer en una posición inclinada hacia delante pero no libera las manos hasta que el tronco está erguido.
Golpeo de pelota	<ul style="list-style-type: none">- Utiliza su silla de ruedas como apoyo al realizar golpes máximos.- Los golpes máximos con una mano, se realizan generalmente con la mano opuesta aferrada a la silla de ruedas o en la pierna para ganar estabilidad y mantener la verticalidad del tronco. Tiene la capacidad de girar la parte superior del tronco para recibir una pelota desde atrás cuando se haya estabilizado con el respaldo de su silla.

1. Introducción y Objetivos

Tabla 3. Características funcionales de los jugadores de la clase 3

Función	Clase 3
Volumen de acción	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un volumen de acción completo en los planos vertical y frontal, pero poco o nada en el plano lateral, por lo general debido a la falta de estabilización en las caderas y muslos, ya sea por parálisis o alta amputación de ambas piernas. - Tiene un buen volumen en el plano vertical con rotación activa del tronco superior e inferior. - Es capaz de sostener la pala con ambas manos extendidas delante de la cara o sobre la cabeza sin pérdida de estabilidad del tronco y sin tener que utilizar la cabeza y/o los hombros como contrapeso. - Es capaz de inclinar el tronco hacia delante hasta 90 grados a través del rango completo de la flexión, y volver a la posición vertical sin el uso de las extremidades superiores para apoyo. Al inclinarse a cualquier lado requiere al menos un brazo para volver a la posición vertical.
Instalación de la silla	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene una estabilidad activa en la pelvis, el asiento de la silla de ruedas generalmente está ligeramente inclinado hacia atrás para maximizar la estabilidad y el rendimiento sobre la silla de ruedas. - Las rodillas están ligeramente más altas que las caderas, a menudo incorporan ayudas técnicas de fijación a la silla de ruedas, pies sujetos al reposapiés. La pelvis está a menudo sujeta a la silla de ruedas. - El respaldo es de baja altura, por encima de la pelvis, y puede estar suelto o apretado, ya que no es utilizado para el apoyo del tronco, sólo para evitar que se mueva la pelvis de manera incontrolada y pierda la base de sustentación.
Impulso	<ul style="list-style-type: none"> - Al hacer el impulso el jugador de clase 3.0 es capaz de inclinarse hacia adelante utilizando el tronco para ganar impulso e aumentar la potencia en el empuje. - La cabeza, los hombros y el tronco se mueven adelante y atrás como una sola unidad durante el impulso. No hay pérdida de estabilidad en el movimiento.

1. Introducción y Objetivos

Frenar / Girar	<ul style="list-style-type: none">- Cuando se detiene rápidamente o gira con velocidad es capaz de:- Utilizar su tronco de forma activa para evitar perder el equilibrio. Inclinar hacia el pivote.- Estabilizarse fácilmente en situaciones de frenado fuerte.- Recuperar la posición vertical rápidamente cuando está inclinado hacia adelante
Golpeo de pelota	<ul style="list-style-type: none">- Es capaz de golpear la pelota sin apoyo en la silla de ruedas.- Golpeos fuertes con una mano se realizan con la mano libre sin necesidad de agarrarse con la otra mano a la silla. La rotación del tronco y el movimiento hacia adelante se utiliza para ganar impulso y potencia.- Es capaz de girar su tronco para recibir una pelota desde atrás sin necesitar el apoyo en el respaldo de su silla.

Tabla 4. Características funcionales de los jugadores de la clase 4

Función	Clase 4
Volumen de acción	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un volumen de acción completo en todos los planos de movimiento. Por lo general tiene algo de volumen a ambos lados, pero no es completo en ambas direcciones. - Es capaz de sostener la pala con los brazos extendidos delante de la cara sin ninguna pérdida de estabilidad y sin necesidad de contrapesar. - Es capaz de inclinar el tronco en rango completo en dirección de marcha sin utilizar los brazos para volver a la posición vertical. - Es capaz de inclinarse fuertemente hacia un lado en el plano lateral, y es capaz de inclinarse ligeramente hacia el lado débil.
Instalación de la silla	<ul style="list-style-type: none"> - Por lo general el asiento de la silla de ruedas esta sólo ligeramente inclinado hacia atrás, a menudo en ángulo recto y configurado para permitir la máxima maniobrabilidad y velocidad. - El respaldo es bajo, y no precisa de ayudas técnicas para mantener su estabilidad. Consiguen con la fijación de los muslos a la silla, maximizar la fuerza hacia los lados.
Impulso / Frenar / Girar	<ul style="list-style-type: none"> - Es capaz de utilizar su tronco para ganar rendimiento en los movimientos de impulso, giro y frenado. - No pierde el equilibrio en cualquiera de estas acciones. - Tiene movimientos máximos del tronco en todos los planos de movimiento, con una maniobrabilidad de la silla de ruedas extraordinaria.
Golpeo de pelota	<ul style="list-style-type: none"> - Es capaz de inclinarse de forma maximalista hacia delante, atrás y para golpear, sobre todo para las bolas de largo alcance. - Puede girar el tronco hacia la dirección del golpeo sin necesidad de apoyos sobre el respaldo de su silla ni necesidad de ayudas técnicas. - Esta cómodo cuando golpea con ambas manos, sin apoyo al respaldo. Capaz de inclinación máxima a ambos lados, para recuperar una bola con dos manos.

1.2.9. El jugador con amputaciones de miembros inferiores.

Los jugadores con amputaciones de las extremidades inferiores se clasifican generalmente por definición. Las definiciones se basan en como la disminución de la longitud del muñón conduce a una disminución del volumen de acción.

Es importante señalar que estas definiciones deberían usarse sólo como una guía. Hay otros factores que deben tenerse en cuenta en la evaluación de un jugador con amputación de extremidades inferiores: función del muñón reducida, restricciones en las articulaciones, etc. Sólo los amputados por encima de la rodilla deben ser medidos.

1.2.10. El jugador con discapacidad en los miembros superiores.

La clasificación de estos jugadores representa un nuevo desafío para los clasificadores, y para dificultar, no existe una fórmula fácil, ya que cada jugador es diferente y su capacidad funcional debe ser evaluada de manera individual.

En primer lugar, independientemente de la discapacidad en las extremidades superiores, el jugador debe cumplir con los criterios de elegibilidad de la FEDDF para todos los jugadores, ya que deben ser clasificados de acuerdo primero con su discapacidad en las extremidades inferiores. Cualquier jugador que tenga una alteración sólo de las extremidades superiores, no cumple los requisitos para ser clasificado de acuerdo con los reglamentos de la FEDDF.

Para clasificar el jugador con limitaciones en los miembros superiores, es necesario que en primer lugar se asigne al jugador una clase en función de los miembros inferiores y del tronco. Es decir, el jugador será clasificado sin tener en cuenta su discapacidad en los

miembros superiores. Esto proporciona un punto de partida consistente para todos los jugadores.

Los clasificadores entonces deben tener en cuenta la gravedad y la importancia de las limitaciones en las extremidades superiores cuando el jugador está en una situación de juego. Los factores importantes a tener en cuenta son la forma en la que las limitaciones de las extremidades superiores pueden afectar el volumen de acción, impulso, frenar, girar, y golpear una pelota.

El clasificador debe decidir el grado de desventaja funcional que la discapacidad del miembro superior crea para el jugador, cuando se compara con otros jugadores en su clase de tronco. Esto permite a los clasificadores evaluar el verdadero impacto de la discapacidad del miembro superior y asignar al jugador la clase que mejor se equipara a su capacidad funcional en la pista.

Puede suceder que las limitaciones de las extremidades superiores de un jugador no produzcan un cambio en su clase de tronco, o puede ser reducida por varios puntos. La decisión final debe garantizar que ningún jugador tiene ventaja o desventaja por la clasificación del jugador con discapacidad en los miembros superiores, y que todos seguirán compitiendo en un nivel justo para todos (extraído del Manual de Clasificación Pádel Adaptado en Silla de Ruedas, (FEDDF – FEP, Málaga 2016).

1.2.11. Influencia de la instalación en la silla de ruedas sobre la clasificación.

Según el Manual de Clasificación Pádel Adaptado en Silla de Ruedas, (FEDDF – FEP, Málaga 2016), los jugadores deben ser animados a experimentar con su instalación en la silla de ruedas para optimizar su capacidad de juego. Esto debe incluir el ajuste de la posición del asiento y ataduras para adaptarse mejor a cada necesidad particular.

Los jugadores no deberán ser penalizados con una clasificación más alta por la adopción de la mejor posición posible en su clase. Tampoco debe ser atribuida una clasificación inferior por la adopción de una mala posición en la silla, que no dé soporte a su capacidad funcional. Al observar a un jugador con una mala posición sentada, el clasificador debe intentar prever cómo el jugador estaría en su posición óptima.

Hay que recordar que al clasificar, un cinturón es una estructura pasiva y no puede sustituir a un músculo paralizado o miembro ausente. En la mayoría de los casos una atadura sólo añadirá seguridad y estabilidad al jugador. La adición de una atadura no quiere decir que el jugador tiene que cambiar de clase o no puede jugar con una diferente instalación a la que se indica en su ficha de juego.

Todos los jugadores con amputaciones de las extremidades inferiores (ya sea doble amputaciones abajo de la rodilla o una combinación de una amputación por encima y otra por abajo de la rodilla), no puede utilizar una atadura y/o otra forma de estabilización abajo de las rodillas a menos que este indicada en su ficha de juego, ya que afecta a su clasificación.

Como resultado, la instalación en la silla de todos los jugadores con doble amputaciones de las extremidades inferiores, debe ser claramente identificada en su ficha de juego para demostrar si juegan con una atadura y/o otra forma de estabilización por debajo de la rodilla.

1.2.12. La silla de ruedas en el Pádel en Silla de Ruedas.

Existen muchos tipos de sillas de ruedas que permiten la locomoción autónoma por parte de un individuo con afectación en sus miembros inferiores; manuales, eléctricas, a motor, etc. Son un elemento integrador de la actividad deportiva, ya que permiten jugar a individuos que utilizan una silla para su locomoción en su vida diaria, con otros individuos

que sólo la utilizan para su práctica deportiva (personas que utilicen unas muletas para desplazarse en su deambulación diaria por alguna amputación unilateral por ejemplo).

Las sillas de ruedas han experimentado una evolución muy significativa desde sus inicios, diferenciándose unas de otras según el uso al que vayan destinadas (ocasional, habitual, específico, etc.). Además, unas permiten más ajustes que otras, son más estables, manejables, ligeras, rígidas, con más accesorios, son más fáciles de transportar y almacenar, etc., lo que pone de manifiesto la diversidad de modelos que se pueden encontrar; de transporte, ligeras, estándar, titanio, plegables, reclinables, resistentes, inclinables, pediátricas, todo terreno y deportivas. En deportes como baloncesto, rugby y tenis en silla de ruedas, han experimentado importantes desarrollos en los últimos años en lo que al diseño se refiere (Lamere y Labanowich, 1984; Yilla, 2004). Una de las características más notables de las sillas deportivas respecto las sillas habituales es la inclinación de las ruedas. Las sillas deportivas como por ejemplo en rugby, tenis o baloncesto, poseen unas ruedas con una inclinación mayor a las sillas de ruedas de la vida cotidiana, ya que lateralmente van a ofrecer una mayor estabilidad para la práctica deportiva, por tanto no se voltean con tanta facilidad como una silla con ruedas rectas (Yilla, 2004; Brubaker, McClay y McLaurin, 1984). Se cree que el óptimo desarrollo de la condición física de los atletas en silla, junto con la mejora en los diseños en las sillas, han contribuido a la mejora del nivel de rendimiento de los deportistas (Lamere y Labanowich, 1984; Yilla, 2004 y Cooper, 1991).

En un principio, su práctica era realizada con aquellas sillas en el entorno hospitalario o las sillas de uso diario. Actualmente, las sillas deportivas en deporte adaptado son específicas del deporte, debido a los requerimientos funcionales del deporte en cuestión (baloncesto en silla de ruedas, el hockey en silla de ruedas, el tenis en silla de ruedas, el rugby en silla de ruedas etc., tienen su propio tipo de silla de ruedas).

La silla de ruedas de los jugadores profesionales de pádel, no es una silla convencional, ya que se correría el riesgo de sufrir caídas debido a que no disponen de barras antivuelco ni ruedas inclinadas. La mayoría de las sillas de ruedas deportivas se hacen a medida de cada jugador dependiendo del tipo de lesión del mismo, por tanto, la silla de ruedas debe adaptarse al deportista, teniendo en cuenta unos requerimientos básicos. En dicho estudio se concibe el conjunto jugador – silla. Su optimización e interacción en términos de eficacia, confort, seguridad y salud tiene relación con la ergonomía que, según van der Woude (1989), puede abordarse desde tres diferentes áreas: la silla de ruedas, la interacción entre ambos, y la habilidad funcional del jugador. El ajuste óptimo entre las características de la silla y las del sujeto, mejorarán la eficiencia mecánica reduciendo el coste energético (van de Woude, 1989). Hay bastantes evidencias científicas que se han centrado en los estudios de la ergonomía sobre usuarios durante su vida diaria, incluyendo el asiento (Brubaker, McLaurin y Gibson, 1980; Brubaker et al., 1984; Walsh, Marchiori y Steadward, 1986; van der Woude, Veeger, Rozenda y Sargeant, 1989; van der Woude, Veeger, Rozenda y Sargeant, Koperdraat y Drehage, 1990; Hughes, Weimar, Sheth y Brubaker, 1992; Masse, Lamontagne y O’rian, 1992; Richter, 2001; Wei, Huang; Jiang y Chiu, 2003; Kotajarvi, Sabick, An, Zhao, Kaufman y Basford, 2004; Gutiérrez, Mulroy, Newsam, Gronley y Perry, 2005; Murloy et al., 2005; van der Woude et al., 2009; Veeger, van der Woude y Rozendal, 1989 y Buckley y Bhambhani, 1998), las ruedas (Veeger et al., 1989; Buckley y Bhambhani, 1998; Faupin, Campillo, Weissland y Micallef, 2002 y Faupin, Campillo, Weissland, Gorce y Thevenon, 2004) y las llantas (van de Woude et al., 1989; van der Woude, Formanoy y de Groot, 2003; Koontz et al., 2006 y Richter, Rodriguez, Woods, Karpinski y Axelson, 2006). Sin embargo, la configuración en las sillas de ruedas en aspectos de rendimiento de movilidad específicos en los deportes en silla de ruedas, han sido limitados en comparación con los estudios con sujetos de deambulación diaria (Faupin et al., 2002 y Faupin et al., 2004). De ahí que todavía

sea más relevante llevar a cabo investigaciones en deportes en silla de ruedas, más aún en la propia competición.

En pádel en silla, los lesionados medulares con lesiones muy altas utilizan sillas con bastante respaldo, al contrario que jugadores con lesiones más bajas. Cuando se habla de lesiones altas o bajas se refiere a la altura donde la medula está dañada, cuanto más elevado es el grado de lesión, menos fuerza y estabilidad abdominal, por lo tanto, mayor dificultad de recuperación adoptando un respaldo más alto.

Las sillas deportivas suelen ser muy caras y es el primer obstáculo que un jugador con una discapacidad física se encuentra a la hora de poder practicar cualquier deporte adaptado. El material de las sillas es muy resistente y a la vez ligero para facilitar así la movilidad del jugador dentro de la pista de pádel, donde la superficie no facilita mucho la movilidad de las sillas debido a la resistencia que ofrece el césped, afectando por tanto en las variables cinemáticas (Koontz, Cooper, Boninger, Souza y Fay, 2002; Churton y Keogh, 2013). Como se mencionó anteriormente, todas las sillas deportivas tienen las ruedas laterales inclinadas y constan de unas ruedas más pequeñas en la parte delantera, y otra en la parte trasera donde se sitúa la barra antivuelco. Las ruedas delanteras hacen que la silla gire muy rápido y poder así realizar giros a gran velocidad, y la trasera, que está situada debajo de una barra antivuelco, permite inclinarse hacia atrás a la hora de realizar los remates con la seguridad de no caerse.

Todo jugador de pádel adaptado en silla debe de ir sujeto a la silla mediante unos anclajes específicos que se fijan a la altura de la cintura, para evitar caer hacia delante y en los estribos, donde irán introducidos los pies para evitar tocar el suelo. Los cojines de las sillas suelen ser especiales para evitar la aparición de escaras debido al roce y el tiempo que se permanece sentado durante la práctica del ejercicio.

Existen diferentes medidas para las ruedas laterales, cuanto mayor es su tamaño, mayor será la distancia recorrida sin tener que impulsar con las manos de nuevo la silla. Sin embargo la aceleración será menor debido al gran diámetro de la rueda (Polo, 2007). Del mismo modo, es necesario llevar un mantenimiento óptimo de la silla, como por ejemplo la sustitución periódica de las cubiertas por su constante deterioro para así mantener un buen agarre dentro de la pista.

1.2.13. Modificaciones reglamentarias respecto al pádel a pie.

El reglamento condiciona la estructura organizativa que rigen las diferentes modalidades deportivas (Grehaigine, Godbout y Bothier, 2001). Define lo que se permite y lo que se prohíbe, determinando la esencia del juego y las posibilidades de manifestación motriz que puedan desarrollar los deportistas.

Aparte de las dos características fundamentales y definitorias del pádel en silla como deporte adaptado, como son la clasificación funcional y el uso de la silla de ruedas, el reglamento de la FEDDF sigue exhaustivamente al de la FIP (Federación Internacional de Pádel, 2017) salvo las siguientes modificaciones:

- Sobre la pista: Se tendrá en cuenta y obligará a corregir cualquier factor que pueda suponer un deterioro para las pistas (protección de los reposapiés, ruedas delanteras y traseras; no permitir desperfecto general de la silla de ruedas (soportes sin ruedas, reposapiés sin pedal etc.).
- Sobre los accesos: No es posible entrar con la silla a la pista cuando hay un solo acceso. La pista adaptada contará con dos accesos (Figura 3) de al menos 1,05 metros de entrada para permitir la entrada de los jugadores directamente, se recomienda que las puertas sean correderas para poder garantizar la medida de 0,82 metros máximo exigido por la

normativa, durante el juego. No debería existir ningún escalón o rebate en los accesos a la pista para facilitar la entrada de la silla.

Figura 3. Accesos a la pista de pádel (extraído del reglamento de juego del pádel, Federación Internacional de Pádel, 2017)

- Regla 2. Los tiempos. El ajuste o reparación de la silla de ruedas no puede exceder de los 20 minutos de duración. Cualquier modificación no podrá exceder de diez minutos.
- Regla 5. Cambios de campo. Podrá no efectuarse cambio de lado si ninguna de las parejas se siente perjudicada por el sol, viento, luz, etc. Si la pista planteara dificultades importantes para efectuar el cambio de lado de los jugadores en silla de ruedas, será potestad del juez árbitro establecer la frecuencia de los cambios.
- Regla 6. El saque o servicio.

- Respecto al apartado a). Al inicio del servicio el jugador debe mantener la o las ruedas delanteras por detrás de la línea de saque.

- Respecto al apartado b). El jugador que tenga dificultad para realizar el saque con la mano podrá utilizar la pala para botar la pelota en el saque.

- Respecto al apartado c). El servidor queda obligado a no tocar con las ruedas delanteras la línea de saque, ni la línea imaginaria continuación de la línea central.

- Respecto al apartado d). En el momento de golpear la pelota en el saque, el jugador golpeará la pelota por debajo de los hombros.

- Respecto al apartado f). El jugador al servicio, durante la realización del mismo, no podrá cambiar su posición por medio de movimientos o giros. No se considerará que haya cambiado de posición, si se produjeran ligeros movimientos de las ruedas, que no afecten a la posición adoptada inicialmente. Los jugadores en silla de ruedas, no podrán efectuar el saque en movimiento.

- Regla 7. Falta de servicio.

- Respecto al apartado d). Será punto del que sirve si golpea al jugador que resta siempre que este esté dentro del área de saque. Si el jugador se encuentra situado fuera del recuadro de saque, se considera LET.

- Respecto al apartado e). La pelota bota en el recuadro de recepción de saque contrario y toca la malla metálica que delimita el campo antes del tercer bote.

- Respecto al apartado f). Si la pelota bota una o dos veces en el recuadro de recepción de saque y sale directamente por la puerta.

- Regla 8. El resto o devolución de saque.

- Respecto al apartado a). El jugador en silla que resta deberá esperar a que la pelota bote dentro de su recuadro de recepción de saque y golpearla antes de que bote en el suelo por tercera vez.

- Respecto al apartado c). Si el jugador se encuentra fuera del área de servicio, es un LET.

- Regla 9. Repetición del saque o “LET” de servicio.

- Respecto al apartado a). La pelota toca la red o los postes que la sujetan y luego cae en el área de servicio del restador, siempre y cuando no toque la malla metálica antes del tercer bote.

- Respecto al apartado d). Si el jugador que resta está situado fuera del área de servicio y es golpeado por la pelota.

- Regla 10. Repetición de un punto o “LET”. Si no hay voluntariedad en que al jugador se le pueda soltar algún elemento de sujeción (por ejemplo, se desata por accidente las sujeciones de las piernas y cae una o las dos y tocan el suelo). No se produce let, si la pelota tras tocar la red bota 1 o 2 veces en el recuadro de recepción que corresponde y sale por la puerta, se considera falta

- Regla 12. Pelota en juego. Si la pelota en juego golpea cualquiera de los elementos de la pista después de haber botado sobre el suelo del campo que corresponda, permanecerá en juego y deberá ser devuelta antes de que bote en el suelo por tercera vez.

- Regla 13. Punto perdido.

- Respecto al apartado b). Si la pelota bota por tercera vez antes de ser devuelta.

- Respecto al apartado c). Juego autorizado fuera de la pista. Cuando la pelota, después de botar en el campo propio correctamente, salga por encima de la pared del fondo de la pista. Si saliera por encima de la pared lateral o por la puerta se pierde el tanto cuando bote en el suelo por tercera vez o toque un elemento externo ajeno a la pista.

- Respecto al apartado h). La silla de ruedas se considera como parte del cuerpo del jugador, por lo que tampoco podrá ser tocada.

- Respecto al apartado i). Salvo en el caso de que en el saque, la pelota golpee a un restador que este fuera del área de servicio.

- Respecto al apartado p). En la modalidad de silla de ruedas no está permitido que el jugador pueda perder el contacto con la silla. Por otra parte, desde el comienzo será de obligado cumplimiento el anclaje mediante cinturones, cinchas o rastreles, tanto de pies como de cintura. No está permitido por tanto, el roce del pie con el suelo de la pista con la intención de frenar o de impulsarse voluntariamente.

- Regla 16. Juego autorizado fuera de la pista. No se contempla la posibilidad que un jugador en silla de ruedas pueda salir de la pista, esta situación sería imposible si el acceso a la pista mantiene la norma convencional de 0,82 metros máximo de abertura, o si hay algún escalón en el acceso. Por otra parte, sería prácticamente imposible que el jugador no rozara el poste o la red en su salida, por lo que perdería el punto. Las pistas adaptadas no cuentan con dos aberturas por lateral de las mismas características, como exige la regla del apartado pista, zona de seguridad y juego exterior. Si, aún así, se pudiera contemplar la salida en alguna pista con características especiales, debe contemplarse la regla del “Tercer bote”

- Normas de etiqueta y conducta: Indumentaria. El jugador se presentará con la silla de ruedas en condiciones, indumentaria correcta y todos los anclajes que determina la normativa anterior.

1.3. ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LAS DISCIPLINAS DEPORTIVAS EN SILLA DE RUEDAS.

El aumento de la profesionalidad en los deportes en silla de ruedas como tenis, baloncesto y rugby, ha aumentado la necesidad de aportes científicos en la optimización del rendimiento. Por ello, la evaluación cuantitativa de la movilidad individual en el rendimiento de estos atletas, es necesaria para evaluar el rendimiento del juego, mejorar la configuración de la silla de ruedas y optimizar las rutinas de entrenamiento (Franks, Goodman y Miller, 1983). Tanto el feedback cualitativo como el cuantitativo son importantes, aunque algunas investigaciones muestran que cuanto más cuantitativo y objetivo es el feedback, mayor efecto tiene sobre el rendimiento. (Franks et al., 1983; Franks, 1996). Uno de los temas tratados para dicha optimización, es el análisis de rendimiento a través del ritmo de trabajo, como el conocimiento de las variables cinemáticas (van der Slikke, Berger, Bregman, Lagerberg y Veeger, 2015), cuyo análisis se ha llevado a cabo utilizando tanto métodos manuales como computerizados, con el objetivo de determinar la distancia recorrida y los diferentes patrones de movimiento, en relación al tiempo de partido (O'Donoghue, 2008). El mismo autor define el análisis de rendimiento como *“una disciplina de las ciencias del deporte que se superpone con la fisiología, ciencia del entrenamiento, psicología, identificación de talentos y medicina del deporte debido al hecho que las investigaciones de análisis de rendimiento analizan algún aspecto del rendimiento ya sea físico, táctico, técnico o del comportamiento”*. El mismo autor también indica que hay casos de ejercicios desarrollados en laboratorios de biomecánica que se incluyen dentro del análisis de rendimiento, como por ejemplo aquellos en los que la técnica investigada es una habilidad importante dentro del deporte de interés, de manera que el detallado análisis biomecánico de la técnica forma parte del análisis de esa habilidad. Sin embargo, dentro de las posibilidades, lo primordial es analizar los indicadores de rendimiento en competición.

Tanto el análisis notacional, que analiza movimientos amplios o patrones de movimiento en deportes de equipo, los cuales están relacionados principalmente con la estrategia y la táctica, como la biomecánica, que analiza detalladamente la técnica individual basándose en aspectos mecánicos y anatómicos, forman parte de lo que se conoce como “análisis de rendimiento” (Hughes y Barlett, 2007).

En la Figura 4, se pretende mostrar el esquema para llevar a cabo el análisis al que se pretendió en esta tesis, diferenciando los estudios que analizan las variables cinemáticas en las principales disciplinas de deportes en silla de ruedas más investigadas; los estudios que analizan el impacto de la clasificación funcional sobre las variables cinemáticas y los estudios que comparan dichas variables en función del resultado (ganadores y perdedores). Además, se revisan los principales métodos empleados para el análisis del movimiento en los deportes en silla de ruedas. De esta manera, se facilita la comprensión del estado actual de la investigación con respecto a los objetivos que se pretenden plasmar en éste trabajo.

Figura 4. Representación del esquema a seguir para la concreción de los objetivos propuestos

1.3.1. Análisis cinemático de los deportes en silla de ruedas.

En este apartado se muestran los estudios de características similares que han aportado resultados relativos a los objetivos de esta tesis. En el primer apartado se detallan estudios relativos a la distancia recorrida, estudios relativos a la intensidad de la carga por medio de la velocidad de desplazamiento, estudios de densidad de la carga y finalmente estudios que cuantifican los giros de las sillas.

1.3.1.1. Estudios que cuantifican la distancia recorrida.

Los trabajos de investigación que describen y cuantifican las distancias recorridas en los deportes en silla de ruedas, adquieren una gran relevancia ya que van a permitir una mayor comprensión sobre las características específicas de cada modalidad deportiva. Sin embargo, la información resultante del análisis de movimiento para la comprensión de las demandas físicas de los distintos deportes, debe ser tratada y transmitida con prudencia ya que, como afirman Bloomfield, Polman, y O'Donoghue (2007), la cuantificación de las demandas fisiológicas a través del cálculo de la distancia recorrida por los jugadores, pierde datos objetivos, puesto que este método únicamente tiene en cuenta los desplazamientos del centro de gravedad (movimientos de traslación), omitiendo los esfuerzos que realizan los jugadores en las diversas acciones del juego, como podrían ser en el caso del pádel en silla, golpes, giros o impulsiones. Por tanto, este método subestima el gasto energético llevado a cabo por los jugadores (Reilly, 1997). A esto hay que añadir el error cometido en el cálculo de la distancia recorrida, que va a depender principalmente del método empleado, no existiendo ningún método preciso al cien por cien (Edgecomb y Norton, 2006).

La dinámica del movimiento en pádel en silla es similar al tenis, rugby y baloncesto en silla, donde los jugadores deben correr, frenar y girar (Goosey-Tolfrey, 2010), con la

capacidad de convertirse en una habilidad muy importante (Mason et al., 2010). En cualquiera de estos deportes que se disputan en una pista o campo delimitado, el jugador junto con su silla deben de reaccionar al movimiento de un móvil, representando colectivamente un desafío fisiológico y de habilidades muy significativo (Diaper y Goosey-Tolfrey, 2009; Goosey-Tolfrey y Moss, 2005). Los jugadores maniobran con su silla como reacción al movimiento y a la velocidad de la pelota (Mason et al., 2010) y las acciones de su oponente. De hecho, el estilo de juego del oponente (Kovacs, 2007), y las características de partido (Croft et al., 2010; Kovacs, 2007), dictan la colocación de la pelota y, por lo tanto, determinan la respuesta del movimiento.

La propulsión de la silla de ruedas para el ámbito deportivo, conlleva un desafío importante, pues la interacción entre el jugador y la silla determina la dinámica de movimiento específica del deporte (Goosey-Tolfrey, 2010). Más aún, para deportes en silla como el tenis o el pádel donde los jugadores deben de sujetar una raqueta, lo que dificulta en gran medida la técnica propulsiva (Diaper y Goosey-Tolfrey, 2009). En investigaciones previas se comprobó que tanto la velocidad como los desplazamientos se veían reducidos al portar una raqueta (Goosey-Tolfrey y Moss, 2005).

Las más importantes e investigadas disciplinas de deportes en silla de ruedas, como tenis, baloncesto y rugby, han cuantificado los desplazamientos de los jugadores tanto en competición como en pruebas experimentales.

En tenis en silla, Filipcic y Filipcic (2009a), analizaron la distancia recorrida de 15 jugadores en 22 partidos disputados en pista dura por medio de un sistema de rastreo basado en el procesamiento de imágenes llamado SAGIT anteriormente utilizado por Vuckovic, Pers, James, y Hughes, (2009). Estos datos son exclusivamente del tiempo activo de juego, eliminando las distancias de pausa entre punto y punto. De media, dichos jugadores

recorrieron $613,02 \pm 273,24$ m por partido, $46,16 \pm 26,93$ m por juego y $6,11 \pm 2,02$ m por punto. Posteriores trabajos (Sindall et al., 2013a), cuantificaron los desplazamientos totales de 14 jugadores diferenciándolos por niveles en un torneo en modalidad individual obteniendo valores medios de 3191 ± 1124 m. Los mismos autores (Sindall et al., 2013b) cuantificaron las distancias de 15 jugadores en un torneo utilizando dos sistemas de medición, un GPS y otro dispositivo para registrar los datos (DL) anteriormente también validado (Tolerico et al., 2007), con importantes diferencias entre ambos. Los datos del GPS registraron distancias medias de 2816 ± 844 m, mientras que para el dispositivo (DL) fueron de 3952 ± 1109 m. Los datos del GPS subestiman los desplazamientos de los jugadores en silla de ruedas confirmando su ineficacia en deportes en silla como tenis, baloncesto y rugby, y, por tanto, en pádel en silla, hasta que no se consigan frecuencias más altas de muestreo. Estas últimas investigaciones (Sindall et al., 2013a; Sindall et al., 2013b), no tienen en cuenta el tiempo efectivo, sino que computan los desplazamientos totales tanto del tiempo activo como pasivo a diferencia del anterior trabajo (Filipic y Filipic, 2009a).

En rugby en silla, Spörner et al. (2009), recogieron las distancias recorridas por 18 jugadores veteranos participantes de varias pruebas entre los años 2007 y 2008 con un dispositivo adherido a las ruedas de los jugadores (MDL) utilizado con éxito en varios estudios (Fitzgerald et al., 2003). Dichos jugadores registraron valores medios de distancia de $2364,78 \pm 956,35$ m por partido. Sarro, Misuta, Burkett, Malone, y Barros, (2010) indicaron datos de 8 jugadores en la final de un partido en el año 2008 con un técnica manual de procesamiento de imágenes definida con anterioridad (Barros et al., 2007; Figueroa, Leite y Barros, 2006). Estos datos muestran que los jugadores recorrieron de media $4540,1 \pm 817,4$ m por partido. Con una metodología más novedosa basada en un sistema de radiofrecuencia indoor (ITS) (Ubisense, Cambridge, UK) y comparándola con la (MDL), Mason, Lenton, Rhodes, Cooper y Goosey-Tolfrey, (2014) analizaron a 11 jugadores internacionales durante

4 partidos indicando valores muy parejos 1403 ± 168 m para el ITS, y 1399 ± 187 m para (MDL de distancia recorrida) para todos los cuartos. Por último, Rhodes et al. (2015a) analizaron el perfil de actividad de 75 jugadores en 2 torneos internacionales a través de (ITS). La distancia media indicada durante estos 2 torneos fue de 4213 ± 626 m por partido.

En baloncesto en silla también se han analizado las distancias de los jugadores en competición. Pérez, Navarro y Sampedro (2005), analizaron la distancia recorrida de 10 jugadores en 13 partidos utilizando la misma técnica instrumental que este estudio. La particularidad es que registró solo los 10 primeros minutos de cada partido y solo la parte activa de juego, obteniendo $3680,4 \pm 290,2$ m de media. Spörner et al. (2009), también cuantificaron las distancias en baloncesto con 20 jugadores veteranos, indicando valores medios de $2679,52 \pm 1103,66$ m por partido. Por último, van der Slikke, Mason, Berger y Goosey-Tolfrey, (2017), compararon dos métodos de medida, el (ITS) y una nueva unidad de medición inercial inalámbrica (WMPM) con un mínimo volumen y peso, proporcionando datos a través de un acelerómetro. La muestra se compuso de 5 jugadores durante 10 minutos con unas condiciones adaptadas en cuanto al terreno de juego. Los datos fueron muy fiables con muy poca diferencia entre ambos métodos con datos para (ITS) 882,3 m, y para el monitor que mide la movilidad del rendimiento de la silla de ruedas (WMPM) 837,8 m.

La única referencia científica en pádel en silla es de un estudio piloto (Navas, Ramón-Llín y Veiga, 2017), donde se analizó la distancia recorrida en tiempo activo de cuatro jugadores en un partido oficial, indicando una distancia media por partido de $391,21 \pm 69,15$ m y de $6,21 \pm 1,10$ por punto utilizando la misma metodología del presente trabajo de investigación.

Finalizando éste apartado, es importante señalar la problemática que conlleva comparar estas modalidades, ya que tanto en rugby como en baloncesto en silla, es posible

hacer cambios entre jugadores, hay tiempos muertos donde los jugadores pueden descansar y el tiempo de juego está establecido por las normas de cada disciplina deportiva. Así mismo, intervienen muchos jugadores en el desarrollo del juego, tanto compañeros como adversarios, influyendo en los valores cinemáticos. En cambio, en tenis en silla al igual que en pádel en silla, los jugadores no tienen ningún oponente que les impida el avance sobre su trayectoria de juego, el tiempo de juego tampoco está establecido ya que puede variar según el transcurso del juego, incrementando por ello las variables a analizar (Croft et al., 2010).

En la Tabla 5 se muestran los principales estudios sobre las principales disciplinas en silla de ruedas.

Tabla 5. Comparativa de distancia recorrida en diferentes deportes (m)

VARIABLE	DEPORTE	ESTUDIO	UNIDAD ANALIZADA (m)		
			Partido	Punto	Partido activo
Distancia	TSR	Filipcic y Filipcic, (2009a)		6	613
	TSR	Sindall et al. (2013a)	3191		
	TSR	Sindall et al. (2013b)	2816 (GPS)		
	TSR	Sindall et al. (2013b)	3952 (DL)		
	RSR	Sporner et al. (2009)	2364		
	RSR	Sarro et al. (2010)	4540		
	RSR	Mason et al. (2014)	1403 (ITS)		
	RSR	Mason et al. (2014)	1399 (MDL)		
	RSR	Rhodes et al. (2015a)	4213		
	BSR	Pérez et al. (2005)	3680		
	BSR	Sporner et al. (2009)	2679		
	BSR	Van der Slikke et al. (2017)	882 (ITS)		
	BSR	Van der Slikke et al. (2017)	837 (WMPM)		
	PSR	Navas et al. (2017)		6	391

Nota: TRS, tenis silla de ruedas; RSR, rugby silla de ruedas; BSR, baloncesto silla de ruedas; PSR, pádel silla de ruedas

1.3.1.2. Estudios que analizan la velocidad.

Junto al rendimiento de la movilidad específica de cada disciplina deportiva, la velocidad es uno de los indicadores de rendimiento clave, relevantes a todos los deportes de silla de ruedas (Burton, Fuss y Subic, 2010; Rhodes et al., 2015a; van der Slikke, Berger, Bregman, Lagerberg y Veeger, 2016a). En investigaciones previas, (Mason et al., 2010) identificaron la velocidad como una de los indicadores clave de rendimiento, importantes para optimizar la configuración de la silla de ruedas. Fuss, (2012) enfatizó sobre los beneficios de mediciones de la velocidad estándar en deportes de alto rendimiento. En la actualidad, con los nuevos avances tecnológicos, se hace imprescindible analizar esta variable de cara al posterior entrenamiento de los propios deportistas.

Tolerico et al. (2007), estudiaron las características de movilidad y los niveles de actividad de los usuarios de sillas de ruedas en el entorno residencial y en los Juegos Nacionales de Veteranos de Silla de Ruedas (NVWG). Cincuenta y dos usuarios en silla de ruedas fueron monitoreados registrando velocidades de $0,79 \pm 0,19$ m/s. El mismo grupo de usuarios fue también analizado en varias pruebas deportivas alcanzando valores más elevados que en su movilidad diaria $0,96 \pm 0,17$ m/s.

En tenis en silla, Filipcic y Filipcic, (2009a), analizaron las velocidades de 15 jugadores en 22 partidos promediando $0,93 \pm 0,21$ m/s por punto y alcanzando velocidades máximas de 5,00 m/s. La media de la velocidad máxima de todos los jugadores durante los 22 partidos fue de $3,29 \pm 0,56$ m/s. Sindall et al. (2013a) indicaron velocidades medias de $0,99 \pm 0,20$ m/s entre los 14 jugadores objeto de estudio. Al comparar por niveles, los jugadores de nivel alto promediaron velocidades de $1,14 \pm 0,16$ m/s, mientras que los de nivel bajo $0,84 \pm 0,10$ m/s. La media de la velocidad máxima de los 14 jugadores fue de $2,90 \pm 0,54$ m/s, para los jugadores de nivel alto $3,18 \pm 0,41$ m/s, mientras que para el nivel bajo $2,40 \pm 0,18$ m/s.

En Sindall et al. (2013b), al analizar a 15 jugadores con los dos dispositivos (GPS y DL), se observaron diferencias entre los dos dispositivos, promediando con GPS $0,7 \pm 0,2$ m/s, mientras que con DL $1,0 \pm 0,2$ m/s. Las velocidades máximas con GPS fueron $3,4 \pm 0,4$ m/s, mientras que con DL $3,1 \pm 0,5$ m/s.

En rugby en silla, Spörner et al. (2009) señalaron un promedio de velocidades de $1,33 \pm 0,25$ m/s, mientras que, Sarro et al. (2010), indicaron velocidades promedio de $1,14 \pm 0,21$ m/s con un sistema manual de procesamiento de imágenes. Por último, Rhodes et al. (2015a), en su estudio de perfil de actividad, señalaron que los jugadores del torneo promediaron velocidades de $1,17 \pm 0,14$ m/s alcanzando velocidades máximas de $3,82 \pm 0,31$ m/s para el mayor grupo de clasificación funcional.

En baloncesto en silla, los jugadores del estudio de Spörner et al. (2009) promediaron velocidades más altas que en rugby en silla $1,48 \pm 0,13$ m/s, mientras que los jugadores del estudio de Pérez et al. (2005), promediaron $1,6 \pm 1,1$ m/s alcanzando velocidades medias máximas de $5,5 \pm 0,8$ m/s y máximas alcanzadas por un jugador de 6,3 m/s. En otro estudio, van der Slikke et al. (2016a) indicaron velocidades promedio de 1,57 m/s y máximas 2,95 m/s (muestra compuesta por jugadores nacionales e internacionales de ambos sexos). Por último, van der Slikke et al. (2017), revelaron velocidades promedio de 1,37 m/s con máximas de 2,19 m/s, aunque las dimensiones del terreno de juego fueron modificadas siendo inferiores a lo normal.

En pádel en silla, Navas et al. (2017) promediaron velocidades de $0,61 \pm 0,29$ m/s entre los cuatro jugadores en un partido oficial con velocidades máximas de 1,43 m/s.

La Tabla 6 representa tanto la velocidad máxima como el promedio tanto en tiempo activo como en tiempo total en las principales disciplinas en silla de ruedas.

Tabla 6. Comparativa del promedio de velocidad en diferentes deportes (m/s)

VARIABLE	DEPORTE	ESTUDIO	UNIDAD ANALIZADA (m/s)		
			Partido promedio	Partido Máxima	Partido activo
Velocidad	TSR	Filipcic y Filipcic, (2009)		5,00	0,93
	TSR	Sindall et al. (2013a)	0,99	3,18	
	TSR	Sindall et al. (2013b)	0,70 (GPS)	3,40	
	TSR	Sindall et al. (2013b)	1,00 (DL)	3,10	
	RSR	Sporner et al. (2009)	1,33		
	RSR	Sarro et al. (2010)	1,14		
	RSR	Rhodes et al. (2015)	1,17	3,82	
	BSR	Pérez et al. (2005)	1,60	5,50	
	BSR	Sporner et al. (2009)	1,48		
	BSR	van der Slikke et al. (2016)	1,57	2,95	
	BSR	van der Slikke et al. (2017)	1,37	2,19	
	PSR	Navas et al. (2017)		1,43	0,61

Nota: TRS, tenis silla de ruedas; RSR, rugby silla de ruedas; BSR, baloncesto silla de ruedas; PSR, pádel silla de ruedas

En última instancia, los perfiles de velocidad estudiados durante la competición, se han utilizado para ayudar en el desarrollo del entrenamiento deportivo específico en una gran variedad de deportes de equipo sin discapacidad (Higham, Pyne, Anson, Hopkins y Eddy, 2010; Chandler, Pinter, Curran y Gabbett, 2014; Gabbett, Jenkins y Abernethy, 2012; Petersen, Pyne, Dawson, Kellett y Portus, 2011; White y MacFarlane, 2015; Boyd, Ball y Aughey, 2013). En la literatura actual, existe una considerable disparidad entre el entrenamiento y la competición, por lo que los perfiles evaluados en los entrenamientos, no pueden asociarse a la competición. Es importante reconocer que los entrenamientos están

diseñados con un objetivo específico (habilidades y juegos basados de la competición), pero que subestiman los perfiles de la propia competición

Por ello, para cuantificar aún más la intensidad del ejercicio durante la competición y el entrenamiento, las actividades se han categorizado comúnmente en zonas de velocidad arbitrarias predeterminadas (Rhodes et al., 2015a). Las zonas de velocidad arbitrarias facilitan la evaluación longitudinal del rendimiento de un atleta a lo largo del tiempo. Sin embargo, dado que se ha demostrado que el rendimiento del esprint depende de la clasificación funcional en rugby silla (Morgulec-Adamowicz et al., 2011; Goosey-Tolfrey y Leicht, 2013), es probable que el uso de zonas de velocidad arbitrarias para todos los grupos de clasificación tergiverse la intensidad del juego de los partidos. Posteriormente, estudios recientes han mejorado la especificidad al relativizar el diseño de la zona de velocidad mediante el uso de la velocidad máxima de un individuo (Venter et al., 2011 y Cahill et al., 2013).

Los jugadores de los distintos grupos funcionales, registran valores distintos de velocidad. Sindall et al. (2014), revelaron que los jugadores de menor ranking (ranking ITF), pasaron más tiempo inmóviles y en zonas de baja velocidad, en comparación con los de mayor ranking. Por lo tanto, monitorear a los jugadores, ya sea de cualquier disciplina deportiva, está justificado para todos los jugadores independientemente del ranking o del nivel de clasificación. De esta manera, se puede determinar el perfil de rendimiento de los deportistas en las diferentes disciplinas deportivas, como por ejemplo en pádel en silla de ruedas, de una forma más individualizada para cada grupo de clasificación funcional, aportando unos datos más objetivos tanto para entrenadores como para los propios jugadores.

1.3.1.3. Estudios que analizan la estructura temporal.

En este punto, solo se tendrán en cuenta estudios de deportes de raqueta incluyendo tanto squash, bádminton, tenis y pádel convencional ya que sería problemático intentar posteriormente hacer una comparación y sacar conclusiones respecto a otras disciplinas en silla de ruedas como pueden ser baloncesto y rugby en silla. El tiempo en estas dos últimas disciplinas, incorpora periodos de juego y tiempo de pausa (cuando se para el cronómetro por determinadas circunstancias establecidas en el reglamento), mientras que en los deportes de raqueta, se ofrece una suma total de todos los periodos tanto activos como pasivos. Además, debido a la naturaleza intermitente de los deportes de raqueta no adaptados, y al hecho de que las modificaciones reglamentarias en las disciplinas adaptadas no tengan demasiadas diferencias, es probable que el perfil sea similar entre ambos usuarios, tanto de silla como convencionales.

En squash, Vučković, Pers y Kovacic, (2005) indicaron que en nivel de juego internacional, el tiempo activo o de juego era de media 547 s, frente a 458 s dedicados al tiempo de descanso. En nivel nacional el tiempo activo fue de 335 s, mientras que el pasivo fue de 256 s. En este caso se puede calcular que, el tiempo en que el punto estaba en juego representó entre un 54 y un 56% del tiempo total.

En bádminton O'Donoghue y Liddle (1998), indicaron que en categoría masculina el punto duraba de media $9,15 \pm 0,43$ s y el tiempo de descanso entre puntos era de $13,84 \pm 1,16$ s. El tiempo que duraba el punto de media representa un 66% del tiempo de descanso.

En tenis, Comellas y Lopez de Viñaspre (2001), realizaron una revisión sobre las demandas metabólicas indicando que, de forma general, considerando superficies de tierra batida, sintéticas y hierba, y también entre hombres y mujeres, la duración media de un punto

era entre 6 y 10 s, 4,3 s, y además indicaban que el tiempo real de juego era de un 22% sobre el total.

En otro estudio en tenis, Fernández, Méndez y Pluim (2006) indicaron que el tiempo efectivo de juego se hallaba comprendido entre el 16,3%, de un estudio de Smekal et al. (2001) en jugadores masculinos de nivel nacional, y el 27,9% de Reilly y Palmer (1994) en jugadores amateur. El intervalo de relación trabajo : descanso iba de un rango de 1:1,7, mientras que en un estudio de Christmas, Richmond, Cable, Arthur y Hartmann, (1998) con jugadores masculinos estatales, llegaron hasta un ratio de 1:3,4. Fernández et al. (2006) también señalaron que el punto en pista rápida duraba en un rango entre 5,3 s (Reilly y Palmer, 1994) y 10,2 s (Christmas et al., 1998). En pista de tierra el rango de duración del punto iba de 6,4 s (Smekal et al., 2001) a 7,7 s (O'Donoghue e Ingram, 2001) y finalmente, en pista de hierba el punto duraba de media 4,3 s (O'Donoghue e Ingram, 2001).

En pádel convencional, Almonacid (2011) realizó un análisis de anotaciones técnico y táctico en ocho partidos de categoría masculina y femenina del circuito del pádel pro-tour, comparando los tiempos de juego y de descanso, indicando que el tiempo de descanso era similar al tiempo que duraba el punto. La media de duración del tiempo activo (bola en juego) por set fue de 949 s. El tiempo de descanso de media en un set fue de 932 s. Finalmente señalaron que la media de duración de los puntos por partido fue de 15 s, y esa media en algunos partidos llegó a ser de 10 s mientras que en otros la media llegó a ser de 20 s. Sañudo, de Hoyo y Carrasco, (2008) indicaron que el tiempo medio de cada punto era de 7,24 s, el tiempo medio por juego era de 71,43 s y la relación tiempo de juego tiempo de descanso era de 1:0,79. Ramon-Llin, Guzmán, Martínez-Gallego, Vučković, y James, (2012a) obtuvieron que el campeón del mundo estuvo 791 s en fase activa frente a 2021 s en fase pasiva.

Respecto a tenis en silla, el tiempo total de juego en un partido en modalidad de individuales comprende entre los 50 y 80 min (Croft et al., 2010; Filipcic y Filipcic, 2009b; Roy, Menear, Schmid, Hunter, y Malone, 2006; Sánchez-Pay, Torres-Luque, Fernández-García, y Sanz, 2013; Sanz, Cid, Fernández, y Reina, 2009; Sindall et al., 2013a), con una duración inferior a los 90 min en tenis convencional (Fernández-Fernández et al., 2009; Kovacs, 2007; Torres-Luque, Sánchez-Pay, Fernández-García y Palao, 2014). Investigaciones previas (Filipcic y Filipcic, 2009b; Roy et al., 2006) señalan que el tiempo efectivo de juego es alrededor del 15-20% del tiempo total, esto equivale a una relación de tiempo de trabajo / descanso de 1:4. Sánchez-Pay, Rivas y Luque (2015a), indican valores medios de $61,70 \pm 14,33$ min de partido, con un tiempo efectivo de juego de $20,07 \pm 3,67\%$, lo que indica una ratio de trabajo : descanso de 1:4,12 y una media de duración del punto de $6,93 \pm 5,16$ s. Los mismos autores en otro estudio (Sánchez-Pay, Luque y Sanz, 2015b) indican una media total por partido de $69,04 \pm 2,3$ min, con un tiempo efectivo de $17,65 \pm 0,03\%$ con una ratio de trabajo de $1:4,6 \pm 0,48$ y $7,04 \pm 4,4$ s por punto. Por último, Roy et al. (2006), mostraron tiempos medios totales de $70,2 \pm 14,4$ min por partido con un tiempo efectivo de $10,5 \pm 1,3$ min, es decir, un $15,15 \pm 1,4\%$ de tiempo activo.

La Tabla 7, muestra la comparativa temporal entre distintas disciplinas tanto adaptadas como no adaptadas tanto por tiempo total como por tiempo activo.

Tabla 7. Comparativa de duración de partido en diferentes deportes

VARIABLE	DEPORTE	ESTUDIO	UNIDAD ANALIZADA (min y s)				
			Partido	Set	Juego	Punto	Partido activo
Tiempo	Squash	Vuckovic et al. (2005)		10-16 min			
	Bádminton	O'Donoghue y Liddle (1998)				9 s	
	Tenis	Fernández et al. (2009)	60 min				
	Tenis	Comellas et al. (2001)				(6-10)	
	Pádel	Almonacid (2011)		16 min (activo)			
	Pádel	Sañudo et al. (2008)			71 s	7 s	
	Pádel	Ramón-Llín (2013)	59 min			10 s	
	TSR	Filipcic y Filipcic (2009b)			46 s	6 s	10 min
	TSR	Sánchez-Pay et al. (2015a)	61 min			7 s	12 min
	TSR	Sánchez-Pay et al. (2015b)	69 min	34 min		7 s	12 min
	TSR	Roy et al. (2006)	70 min				

Nota: TRS, tenis silla de ruedas; RSR, rugby silla de ruedas; BSR, baloncesto silla de ruedas

1.3.1.4. Estudios que analizan el desplazamiento angular en la silla de ruedas.

Posiblemente éste sea el apartado donde menos evidencia científica se ha encontrado debido a las imprecisiones (hasta a día de hoy) en los sistemas de registros para medir de forma óptima y eficaz esta variable. Van der Slikke et al. (2016a) analizaron a 29 atletas de baloncesto en silla (12 hombres y 17 mujeres) en una competición divididos en 3 niveles, comprobando que la velocidad de rotación fue mayor en aquellos atletas con un nivel de clasificación mayor. De Witte, Hoozemans, Berger, van de Woude y Veeger, (2016), cuantificaron las actividades de jugadores de baloncesto en silla en distintas posiciones del campo examinando los movimientos de la silla. Sus datos muestran que los jugadores nacionales realizaron menos movimientos rotacionales $21,8 \pm 4$ vs $28,9 \pm 7,8$ % y comenzaron menos a menudo movimientos de rotación $35,0 \pm 3,6$ vs $40,5 \pm 5,5$, mientras que la duración media de los giros fue más corta que los jugadores internacionales. Así mismo,

cuantificaron las frecuencias de movimientos de rotación en distintos puestos específicos (base, alero y pívot) entre los jugadores nacionales e internacionales de la muestra. De media por partido, los jugadores nacionales registraron 250 ± 67 , 302 ± 150 y 383 ± 65 giros, para los puestos de base, alero y pívot respectivamente, mientras que los jugadores internacionales registraron 308 ± 133 ; 348 ± 141 ; 304 ± 82 giros en las mismas posiciones respectivas. Para los jugadores nacionales los mayores giros los registraron los pívots mientras que para los internacionales los aleros. Van der Slikke et al. (2017), compararon dos métodos de medida para cuantificar la movilidad de rendimiento en baloncesto en silla, sin embargo los valores que tomaron son de partidos con las dimensiones de la pista modificadas siendo el campo más reducido, viéndose afectado por tanto los valores cinemáticos de velocidad media, máxima así como los movimientos de rotación de la silla de los jugadores. El estudio reveló que al reducir las dimensiones del campo, los movimientos de rotación de la silla aumentaron a la inversa que las velocidades tanto medias como máximas. Por último, en tenis en silla, Sindall et al. (2013a), revelaron que la capacidad de girar fue calificada por los jugadores como la habilidad más importante (Mason et al., 2010), y que la propulsión hacia delante predomina en los partidos de tenis, siendo las distancias hacia delante mayores en aquellos deportistas con mayor ranking (≤ 25 ITF en tenis en silla). En tenis la capacidad de cubrir una mayor distancia en una dirección hacia adelante es ventajosa en el juego, con una mayor probabilidad en alcanzar la pelota.

1.3.2. Impacto de la clasificación funcional respecto las variables cinemáticas de los deportes de silla de ruedas.

Han sido varios los trabajos previos que han mostrado la tendencia y relación que tiene en el rendimiento deportivo sobre la clasificación funcional, con mayores patrones de eficiencia en aquellos grupos de clasificación más alta (Molik et al., 2008; de Witte et al.,

2016; van der Slikke, Berger, Bregman, y Veeger, 2015; Vanlandewijck, Daly, y Theisen, 1999) en variables como la distancia total y la velocidad promedio (Sarro et al., 2010).

En rugby en silla, Sarro et al. (2010), sugirieron que la fatiga es mayor en aquellos grupos funcionales menores, debido a una mayor disminución en sus valores de distancia y velocidad en la mitad de los partidos. Generalmente, los jugadores de mayor puntuación tienen mayores habilidades de manejo de la pelota, como interceptaciones, pases y recepciones (Molik et al., 2008, Morgulec-Adamowicz et al., 2010), muy probablemente atribuidos a que estos jugadores desempeñan papeles ofensivos en lugar de defensivos (Rhodes et al., 2015a). Rhodes et al. (2015a), demostraron que los jugadores de mayor puntuación (2.0-3.5 puntos) pueden ejecutar mayores velocidades máximas ($3,82 \pm 0,31$ m/s; $3,67 \pm 0,32$ m/s; $3,44 \pm 0,26$ m/s y $2,99 \pm 0,28$ m/s de mayor a menor nivel de clasificación respectivamente), y pasan menos tiempo dentro de las zonas de baja velocidad en comparación con los jugadores de menor puntuación (0.5-1.5 puntos). Resaltaron el impacto de la clasificación, ya que la capacidad de alcanzar velocidades máximas y realizar actividades a intensidades altas se asoció con el desempeño exitoso en el rugby en silla. Estas variables fueron influidas por la clasificación funcional, específicamente en el grupo de menor puntuación funcional y en los jugadores ofensivos (grupos funcionales más altos). Aunque el volumen de actividad pareció no estar influenciado por el rango del equipo, el acondicionamiento del jugador fue relevante ya que los jugadores de menor clasificación funcional realizaron más sustituciones y en consecuencia promediaron acciones de juego más cortas. Así mismo, los jugadores de mayor clasificación promediaron velocidad máximas más altas que los de menor clasificación ($3,56 \pm 0,40$ m/s; $3,45 \pm 0,41$ m/s y $3,27 \pm 0,42$ m/s). Por último, Spornier et al. (2009), indicaron que los jugadores de mayor capacidad funcional (mayor nivel de clasificación), obtuvieron velocidades promedio más altas y se detuvieron e iniciaron menos veces su marcha respecto los jugadores de menor clasificación funcional, sin

embargo no sucedió lo mismo respecto a las distancias que no difirieron mucho respecto los grupos altos y bajos.

En tenis en silla, Filipcic y Filipcic, (2009a) compararon jugadores de nivel alto con jugadores de nivel recreacional, observando valores más bajos tanto en distancia ($712,21 \pm 334,47$ m frente a $513,83 \pm 142,80$ m por partido; $54,20 \pm 31,53$ m frente a $38,11 \pm 18,84$ m por juego y $6,93 \pm 2,44$ frente a $5,28 \pm 0,98$ m por punto) como en el promedio de velocidades ($1,08 \pm 0,17$ m/s frente a $0,77 \pm 0,11$ m/s por punto) y en el promedio de velocidades máximas ($3,36 \pm 0,47$ m/s frente a $3,23 \pm 0,64$ m/s) de los jugadores recreacionales. Sindall et al. (2013a), observaron diferencias significativas en la respuesta del movimiento fisiológico por partido en función de la clasificación y el resultado. Independientemente del resultado establecido, los jugadores de mayor ranking (≤ 25 de la ITF en tenis en silla) cubren mayores distancias totales y hacia adelante, y mantienen velocidades promedio más altas ($1,14 \pm 0,16$ frente a $0,84 \pm 0,10$ m/s) al igual que velocidades promedio máximas ($3,18 \pm 0,41$ frente a $2,40 \pm 0,18$ m/s) respecto los jugadores de ranking más bajo (≥ 350 de la ITF en tenis en silla). Estos datos sugieren que los jugadores de mayor ranking son más capaces de responder al movimiento de la pelota y a los desafíos fisiológicos y de habilidades asociados con las condiciones competitivas de juego en un partido.

En baloncesto en silla, Spörner et al. (2009), indicaron que los jugadores de mayor puntuación en la clasificación funcional, recorrieron mayores distancias con más paradas y arrancadas con sus sillas que los jugadores de menor clasificación ($2631,82 \pm 1231,86$ grupo III; $2768,46 \pm 959,18$ grupo II y $2585,43 \pm 1492,16$ grupo I m por partido). No sucedió lo mismo respecto a la velocidad, la cual no varió significativamente entre los grupos ($1,49 \pm 0,19$ grupo III; $1,45 \pm 0,8$ grupo II y $1,50 \pm 0,17$ grupo I m/s por partido). Vanlandewijck et al. (2004), grabaron en video a 59 jugadoras de baloncesto en silla identificando una relación

clara entre el rendimiento de juego y las jugadoras de menor clasificación. Sin embargo, se basaba en aspectos estadísticos de juego y no cinemáticos, al igual que en otros estudios (Gómez, Pérez, Molik, Szyman y Sampaio, 2014). Los jugadores con una clasificación más alta, tienden a tener un mejor rendimiento para la mayoría de las variables que determinan el rendimiento de juego, que los jugadores de menor puntuación de clasificación (de Witte et al., 2016), principalmente debido al impacto del deterioro del tronco en la propulsión de la silla de ruedas en aquellos grupos de menor clasificación funcional (de Witte et al., 2017). Sin embargo, también se ha demostrado que existe una alta relación entre la clasificación funcional, la posición del campo y el rendimiento del juego en baloncesto en silla (Vanlandewijck et al., 2003; Wootten y Wootten, 2012). La mayoría de los jugadores de clasificación funcional I desarrollaban puestos de bases mientras que los jugadores de mayor nivel funcional (IV) ocupaban puestos específicos de pívots (Vanlandewijck et al., 2004). Estas circunstancias hacen que ciertos jugadores desarrollen determinadas funciones tanto ofensivas como defensivas, que influyan en las variables cinemáticas como por ejemplo la velocidad. Sin embargo para la variable giros, de Witte et al. (2017) indicaron que todas las actividades relacionadas con movimientos de rotación no mostraron diferencias significativas, por lo que la clasificación tendría menos influencia en dichos movimientos. Por último, Pérez et al. (2007), apuntaron a una tendencia estadísticamente significativa entre la clasificación funcional de los jugadores y los datos de velocidad máxima.

1.3.3. Principales demandas cinemáticas en los deportes en silla de ruedas.

1.3.3.1. Baloncesto en silla de ruedas.

Durante un partido, se ha demostrado que los jugadores cubren distancias desde los 2679 ± 1103 m (Spörner et al., 2009) hasta los 3680 ± 290 m (Pérez et al., 2005), donde el 10% de esta actividad se consideran jugadas de alta intensidad de esfuerzo intermitente

(Coutts, 1992). Además, se ha demostrado que el 64% del juego se desarrolló en acciones de propulsión y el 36% en acciones de frenado, lo que representa la naturaleza intermitente del deporte (Coutts, 1992). Los jugadores logran promedios de velocidad comprendidos entre los 1,37 m/s (van der Slikke et al., 2017) y los $1,6 \pm 1,1$ m/s (Pérez et al., 2005).

1.3.3.2. Tenis en silla de ruedas.

El tenis en silla es un deporte intermitente y multidireccional (Roy, Menear, Schmid, Hunter y Malone, 2006), que exige acciones rápidas y de corta duración con cambios de ritmo de alta intensidad (Sindall et al., 2013a). Se compone de esfuerzos combinados con acciones de impulsión submáximo y períodos de descanso regulares, computando distancias de entre 3191 ± 1124 m (Sindall et al., 2013a) hasta 3952 ± 1109 m (Sindall et al., 2013b), con promedios de velocidades entre los $0,93 \pm 0,21$ m/s (Filipcic y Filipcic, 2009a) y $1,00 \pm 0,20$ m/s (Sindall et al., 2013b) por partido. Los partidos suelen durar entre los 50 y 80 min (Croft et al., 2010; Filipcic y Filipcic, 2009b; Roy et al., 2006; Sánchez-Pay et al., 2013; Sanz et al., 2009; Sindall et al., 2013a).

1.3.3.3. Rugby en silla de ruedas.

Esta disciplina consiste en una actividad intermitente frecuente con un componente aeróbico importante (Goosey-Tolfrey, Castle, Webborn y Abel, 2006), donde los jugadores cubren de promedio distancias que oscilan entre los 2364 ± 956 m (Sporner et al., 2009) hasta los 4540 ± 817 m (Sarro et al., 2010), promediando velocidades de entre $1,14 \pm 0,21$ m/s (Sarro et al., 2010) y $1,33 \pm 0,25$ m/s (Sporner et al., 2009). Durante un partido la mayor parte de su tiempo transcurre en zonas de baja velocidad (<50% de la velocidad máxima media) (Rhodes et al., 2015a).

1.3.4. Diferencias en las variables cinemáticas entre ganadores y perdedores en deportes en silla de ruedas.

Tal y como se procedió en el apartado de estructura temporal sobre las variables cinemáticas, en éste punto solo se va a tener en cuenta los estudios entre ganadores y perdedores en deportes de raqueta, que analicen las variables cinemáticas que interesen para el objeto de estudio.

En squash, Hughes y Franks (1994), informaron que los perdedores corrían una distancia mayor, sugiriendo que el éxito se basaba en la táctica de mover al rival. Sin embargo, Vučković, Dezman, Erculj, Kovacic, y Pers, (2004), observaron que los ganadores corrían mayor distancia cuando la pelota estaba en juego. Lo atribuyeron a los desplazamientos ocasionados tras el servicio hacia la “T”, y además teniendo en cuenta que los ganadores sacaban un mayor número de veces. Así, Vučković y James (2010) señalaron que las diferencias en rendimiento entre ganadores y perdedores eran muy pequeñas, e incluso a veces el perdedor de un partido ganaba más puntos que el ganador del partido. En consecuencia, indicaron que el resultado se debía comparar por punto y no por partido. De esta forma, señalaron que los perdedores corrían una mayor distancia para puntos cortos, medios, largos y muy largos.

En tenis convencional, Filipcic (2006) comparó ganadores y perdedores señalando que los indicadores que marcaban la diferencia eran el porcentaje de puntos ganados con el primer y segundo servicio, y el porcentaje de primeros servicios buenos y restos buenos, pero no encontró diferencias significativas en ninguna otra comparación. Martínez-Gallego (2012) indicó que los ganadores corrían más distancia, asociándolo a exitosas tácticas defensivas. Martínez-Gallego, Guzmán, James, Pers, Ramón-Llín y Vuckovic, (2013), indicaron que en un partido de tenis profesional individual de 66 min, el ganador cubrió una distancia de 3705

m mientras que el perdedor 3045 m. Fernández-Fernández et al. (2009) en un estudio comparativo de perfiles de actividad y demandas fisiológicas entre jugadores veteranos de nivel avanzado y recreativo, analizaron las distancias recorridas por ambos grupos de jugadores, encontrando valores significativamente más altos para la distancia recorrida por los jugadores de nivel avanzado.

En pádel convencional, Almonacid (2011), realizó un análisis de anotaciones técnico y táctico en 8 partidos de categoría masculina y femenina del circuito del pádel pro-tour, comparando las variables como tipo de golpe y efectividad de golpe, o cuantificación de los tiempos de juego y de descanso, entre los ganadores y los perdedores de cada set, indicando que en categoría masculina el vencedor del set era el que cometía menos errores no forzados. En categoría femenina se observó que también ganaron el set las parejas que cometían menos errores, tiraban menos globos y realizaban menos golpes de ataque. Ramón-Llín, Guzmán, Martínez-Gallego, Vuckovic, y James, (2012b) compararon la distancia recorrida entre ganadores y perdedores, en una final del pádel pro tour, siendo uno de los jugadores de la pareja ganadora el que mayor distancia cubrió de todos (3004 m), y su compañero fue el que menos distancia corrió de todos (2826 m). Ramon-Llin y Guzmán (2012) compararon la velocidad de desplazamiento y la distancia entre ganadores y perdedores, en 2 niveles de juego, alto y bajo. En nivel alto, no hubo diferencias en la velocidad de desplazamiento entre ganadores y perdedores (1,16 frente a 1,17 m/s) respectivamente, y en nivel bajo (1,05 frente a 1,1 m/s) respectivamente.

En tenis en silla, Filipcic y Filipcic, (2009a), compararon la distancia entre ganadores y perdedores con una muestra de 15 jugadores masculinos durante 22 partidos. Los resultados muestran que los ganadores recorrieron mayores distancias respecto los perdedores tanto por partido, juego y punto respectivamente ($643,21 \pm 274,44$ vs $582,84 \pm 275,05$; $65,94 \pm 24,47$

vs $26,37 \pm 8,15$ y $6,47 \pm 2,28$ vs $5,75 \pm 1,70$ m), y promediaron mayores velocidades ($0,98 \pm 0,23$ vs $0,87 \pm 0,17$ m/s) al igual que su promedio de velocidades máximas ($3,27 \pm 0,47$ vs $3,31 \pm 0,65$ m/s) por punto.

Por último, en el estudio piloto en pádel en silla de Navas et al. (2017), analizaron las distancias y velocidades de cuatro jugadores en un partido durante una competición oficial. Los jugadores ganadores recorrieron menores distancias respecto los perdedores del partido (674,33 frente a 890,52 m) y además lo hicieron a una velocidad menor ($0,56 \pm 0,25$ frente a $0,69 \pm 0,32$ m/s). El resultado fue contundente por parte de la dupla ganadora (6/0 – 6/0).

1.3.5. Metodología para el estudio de análisis de movimiento en deportes de silla de ruedas.

Actualmente, existe un gran interés en el uso de la tecnología para mejorar el rendimiento de los atletas en deportes en silla de ruedas, principalmente en baloncesto, rugby y tenis, ya sea para mejorar el equipamiento dentro de los deportes como para monitorear el rendimiento de los atletas y conocer sus demandas físicas. En el pasado, tanto investigadores como entrenadores han aplicado técnicas de evaluación muy diferentes, con el fin de optimizar los sistemas de entrenamiento y poder evaluar la carga externa por medio de los desplazamientos. Gran parte de estas metodologías han sido poco fiables, a veces muy rudimentarias, aparte de la disparidad en las muestras utilizadas, así como la multitud de contextos no competitivos de análisis que, a su vez, restan validez a las conclusiones obtenidas. La inmensa mayoría de estos métodos no tuvieron en cuenta parámetros estructurales propios de estos deportes, como son el tiempo y el reglamento, para la caracterización de la respuesta física del jugador en competición (Pérez et al., 2007).

Así mismo, dentro de la evaluación de los desplazamientos en competición, monitorear a los atletas puede ser bastante problemático, en algunos casos incluso por la propia reglamentación de la especialidad deportiva en cuestión, la cual no permite el uso de implementos durante la competición (Sarro et al., 2010). Además, existen muchos desafíos tanto en la posterior recopilación como en el análisis de los datos recopilados para llegar a comprender dónde los atletas pueden mejorar su rendimiento. Para agregar una mayor complejidad al medir los movimientos de los atletas, los deportes colectivos involucran a muchos jugadores que compiten en un espacio común para ambos equipos siendo la participación simultánea, como sucede en baloncesto y rugby en silla de ruedas, a diferencia del pádel y tenis en silla de ruedas en modalidad de dobles, donde la participación es alternativa. Este espacio de colaboración - oposición, hace que sea muy difícil evaluar la carga externa que conllevan los desplazamientos, simplemente porque no se sabe a priori las acciones a realizar por parte del jugador / jugadores, ni tampoco su intensidad en competición (Almonacid, 2011).

La mayoría de los estudios que analizan las demandas de movilidad en los deportes de silla de ruedas, esencialmente miden la velocidad de rotación de la rueda para calcular la velocidad de desplazamiento (van der Slikke et al., 2017). El rastreo de jugadores se ha utilizado en deportes de equipo para explorar, analizar y cuantificar las demandas de movimiento de los deportistas con técnicas básicas desde la década de 1970 (Reilly y Thomas, 1976). Estos métodos calculaban la distancia recorrida contando los pasos que daban los jugadores y multiplicando por una longitud media de zancada para cada jugador.

Posteriormente surgieron métodos manuales más objetivos (Bloomfield, Polman y O'Donoghue, 2004; O'Donoghue, 2002) y técnicas automáticas de seguimiento de video (Barros et al., 2007) o GPS, para medir los perfiles de distancia y velocidad (Figuerola et al.,

2006). Sin embargo, a pesar de que los GPS se han validado para deportes intermitentes de alta intensidad (Coutts y Duffield, 2010; Duffield, Reid, Baker y Spratford, 2010; Johnston et al., 2012 y MacLeod, Morris, Nevill y Sunderland, 2009), los errores de distancia y velocidad aumentan exponencialmente durante el incremento de la velocidad (> 4 m/s) (Duffield et al., 2010; Johnston et al., 2012). Otra limitación de los GPS es su dependencia de las señales satélites, que restringen su uso únicamente a un entorno exterior (Larsson, 2003), no pudiéndose utilizar muchas veces en deportes como baloncesto y rugby en silla de ruedas ni tampoco en pádel en silla ya que algunas competiciones se juegan en pistas cubiertas. Por ello se han utilizado las técnicas de procesamiento basadas en imágenes (Sarro et al., 2010), y dispositivos magnéticos adheridos a las ruedas (Sindall et al., 2013b y Spornier et al., 2009) para determinar las demandas cinemáticas en tenis, baloncesto y rugby en silla de ruedas. No obstante, estos dispositivos magnéticos también han reportado errores sustanciales a velocidades superiores a 2,5 m/s (Sindall et al., 2013b), las cuales son superadas frecuentemente en deportes de élite en silla de ruedas (Goosey-Tolfrey y Moss, 2005; Mason, van der Woude y Goosey-Tolfrey, 2009; Mason, van der Woude, Tolfrey y Goosey-Tolfrey, 2012).

En los últimos años estudios previos han utilizado nuevos avances tecnológicos como potenciómetros (Moss, Fowler, y Tolfrey, 2003) o tecnología de radiofrecuencia, basados en localización en tiempo real “ITS” (Ubisense, Series 700 IP, Cambridge, UK) (Rhodes et al., 2014; Rhodes, Mason, Malone, y Goosey-Tolfrey, 2015b). La magnitud del error para el ITS fue mucho menor que los errores de distancia relativos del 5,8% asociados con el GPS (Duffield et al., 2010), al 4,8% de error con las técnicas de seguimiento de video (Edgecomb y Norton, 2006) y al 1,6-2,7% encontrado en sistemas de radiofrecuencia (Frencken, Lemmink, y Delleman, 2010; Ogris et al., 2012) durante movimientos específicos del deporte. Durante este ejercicio (Rhodes et al., 2014), se observaron diferencias absolutas

mínimas en la distancia (1-2 m) al comparar las frecuencias de muestreo. Además, se observaron hallazgos similares en los resultados de velocidad media, con errores relativos consistentes ($<0,3\%$) independientemente de la frecuencia de muestreo.

Por último, investigaciones previas (Pansiot, Zhang y Yang, 2011; van der Slikke et al., 2015), están trabajando con los últimos avances tecnológicos presentando una nueva unidad de medición inercial inalámbrica (IMU) con un mínimo volumen y peso, proporcionando datos a través de un acelerómetro. Si los sensores inerciales se colocan en una posición global fija, la velocidad de la silla de ruedas puede medirse con tecnología láser (Ferro, Villaceros, y Pérez, 2016). En general, estos sistemas de seguimiento proporcionan datos de posicionamiento, permitiendo análisis de equipo tácticos, pero carecen de datos con un amplio margen de error debido a que su frecuencia de muestreo es limitada, salvo el sistema inercial IMU que posee una frecuencia máxima de 640 hz.

Desafortunadamente, ningún sistema de medición sobre las demandas cinemáticas, proporciona resultados exactos durante una competición. Un método fiable para medir dichos parámetros durante una competición, permitiría estudiar en profundidad la interacción atleta-silla de ruedas mediante la determinación de la relación entre la configuración de la silla de ruedas, la cinemática y el rendimiento. Ese conocimiento podría proporcionar la base para una optimización más precisa y más rápida de los ajustes individuales de la silla de ruedas y, por lo tanto, apoyar la experiencia existente.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Hipótesis.

En base a la revisión de la bibliografía existente extraída en el apartado anterior, las hipótesis a plantear para el presente trabajo de investigación fueron:

- 1) Las demandas cinemáticas en pádel en silla de ruedas tendrán valores inferiores respecto a otras disciplinas deportivas en silla de ruedas.
- 2) Los jugadores con una clasificación funcional más alta, obtendrán valores cinemáticos superiores que aquellos que tengan un nivel de clasificación funcional menor.
- 3) Los jugadores con un resultado desfavorable obtendrán valores más elevados sobre las demandas cinemáticas.

1.4.2. Objetivos.

Ante las hipótesis de trabajo planteadas, se presentan los objetivos propuestos para esta investigación:

Objetivo principal

Analizar las demandas cinemáticas en pádel en silla de ruedas en competición.

Objetivos específicos

- 1) Cuantificar las variables cinemáticas de los jugadores en pádel en silla de ruedas en competición.
- 2) Examinar el perfil de rendimiento de los jugadores de pádel en silla de ruedas en función de su clasificación funcional.

3) Comparar las variables cinemáticas de los jugadores de pádel en silla de ruedas en función del resultado.

1.4.3. Plan de trabajo.

Para el desarrollo de la investigación, se procedió en un primer momento a desarrollar una herramienta válida y fiable para el análisis de las posteriores competiciones de pádel en silla. En este aspecto, se ha seguido el mismo procedimiento que se ha llevado a cabo dentro del Laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Madrid (INEF-UPM) con una metodología similar, a partir de un sistema fotogramétrico en 2 dimensiones para el análisis del juego en diferentes deportes (baloncesto, fútbol, triatlón, natación y atletismo), que ha dado lugar a diversas tesis doctorales (Pérez, 2003a; Mallo, 2006; Cala, 2009; Veiga, 2010; González Frutos, 2014).

Se estableció un plan de trabajo con el fin de planificar y estructurar los pasos fundamentales a llevar a cabo en el transcurso de la investigación (Figura 5):

Figura 5. Cronograma de trabajo de investigación

2. Material y Métodos

2.1 MUESTRA.

La muestra de este estudio estuvo compuesta por 7 partidos de pádel en silla de ruedas, en los cuales se disputaron 16 sets, 126 juegos y 799 puntos donde el juego continuaba tras el servicio. Todos los partidos fueron grabados en el Primer Torneo del Circuito Nacional de Pádel en Silla celebrado en Murcia en el mes de febrero de 2015. La competición se celebró en las instalaciones del Club de Pádel La Flota que alberga 6 pistas de pádel de cristal con las medidas reglamentarias según recoge la Federación Española de Pádel. La muestra estaba formada por 22 jugadores con una media de edad de 40 ± 8 (Tabla 8), de los cuales fueron divididos según su nivel de clasificación funcional. De entre los 22 jugadores, 17 eran diestros y 5 de ellos que eran zurdos. A todos los participantes se les pidió voluntariamente firmar un consentimiento para participar en éste estudio, y utilizar las grabaciones con fines exclusivamente científicos. También se obtuvo el consentimiento por escrito por parte de la organización del torneo para llevar a cabo las grabaciones durante la celebración del torneo.

Tabla 8. Características de los jugadores de pádel en silla. Media de valores

Clasificación funcional	N	Edad (A)	Peso (kg)	Experiencia deportiva en silla (A)	Años en silla de ruedas (A)
I	6	38 ± 4	74 ± 12	4 ± 2	11 ± 5
II	8	39 ± 9	71 ± 9	8 ± 5	18 ± 13
III	4	47 ± 5	79 ± 7	7 ± 5	11 ± 6
IV	4	35 ± 6	81 ± 8	4 ± 2	8 ± 4
Total	22	40 ± 8	75 ± 10	6 ± 4	13 ± 9

Nota: A: años

La participación de los jugadores en éste torneo viene dada como comienzo del Campeonato Nacional de Pádel en Silla que se compone de 12 pruebas distribuidas a lo largo del territorio nacional. El último torneo es el Máster Final celebrado en el mes de diciembre en Madrid, donde juegan las 16 parejas que mayor puntuación hayan sumado en los torneos disputados a lo largo del año.

Según los datos de la FEDDF, existe un ranking a nivel nacional que cuenta actualmente con 109 jugadores en categoría masculina y 18 en categoría femenina (<http://www.feddf.es/archivos/tmd-508-508.pdf>.)

2.2 TÉCNICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Los métodos cuantitativos de análisis del movimiento humano se amparan en el empleo de una metodología válida y fiable de manera que los datos obtenidos responden a evaluaciones objetivas del rendimiento. Este tipo de estudios son más característicos del entrenamiento de los deportistas de alto nivel o de las investigaciones científicas, ya que generalmente utilizan técnicas instrumentales cuya accesibilidad se halla más limitada (Mallo, 2006). En el caso de la presente investigación, las características del diseño metodológico exigen el empleo de una metodología cuantitativa. Para ello, el método que se ha utilizado en el presente trabajo ha sido la videografía, que permite la adquisición de imágenes a través de la técnica fotogrametría de vídeos.

En el campo de la biomecánica deportiva, los estudios de tipo cuantitativo suelen llevar consigo la necesidad de digitalizar largas secuencias de puntos para poder obtener posteriormente las variables lineales en función del tiempo (Bartlett, 1997). A través de los sistemas de fotogrametría, se puede estudiar la forma y el movimiento de los cuerpos a partir de las imágenes obtenidas de fotografías o vídeos (Navarro, 2004). Dentro de los sistemas fotogramétricos, la fotogrametría en 3 dimensiones es la técnica experimental más importante utilizada en la biomecánica deportiva, ya que permite obtener la posición (coordenadas x , y , z) de puntos del cuerpo a partir de las coordenadas en 2 dimensiones del punto proyectadas en 2 o más planos (imágenes). El procedimiento se fundamenta en la relación existente entre las coordenadas espaciales reales de un punto (x , y , z) y las coordenadas planas de ese mismo punto (u , v) proyectadas en la imagen (obtenidas por cine o vídeo) según el algoritmo DLT – “Direct Lineal Transformation” (Transformación lineal directa)- (Abdel-Aziz y Karara, 1971). Dicho procedimiento es requerido por la sencillez del protocolo experimental y por la

elevada exactitud en los resultados obtenidos que pueden estar en torno al milímetro (Challis y Kerwin, 1992).

Para poder llevar a cabo la DLT se requiere la filmación del movimiento con al menos 2 cámaras. La relación existente entre las coordenadas reales de un punto en el espacio (x , y , z) y las coordenadas de ese mismo punto proyectadas en el plano (u , v) se puede determinar por medio del siguiente sistema de ecuaciones (Abdel-Aziz y Karara, 1971):

$$u = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + 1}$$

$$v = \frac{L_8 X + L_9 Y + L_{10} Z + L_{11}}{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + 1}$$

donde:

a) X , Y , Z son las coordenadas espaciales del punto y las incógnitas del sistema de ecuaciones

b) u , v son las coordenadas del punto en el plano

c) $L_1 \dots L_{11}$ son coeficientes que se denominan parámetros de la DLT y su función es la de cuantificar el sistema de proyección (Navarro, 2004).

Sin embargo, la técnica instrumental empleada en el presente trabajo de investigación para el análisis cinemático del movimiento del jugador, se denomina fotogrametría en 2 dimensiones y está fundamentada en la técnica anteriormente descrita. El trabajo se ceñirá a un análisis bidimensional (2D), ya que los desplazamientos en el plano vertical del sistema

jugador-silla en pádel en silla son despreciables. La utilización de esta metodología permite conocer la posición de un punto en el plano a partir de las imágenes de vídeo. Como la posición de un punto en el plano queda definida por dos coordenadas (x, y) al tratarse de un sistema bidimensional una única cámara de vídeo resulta suficiente para llevar a cabo el registro de los datos. A partir de la utilización de un sistema de referencia de conocidas dimensiones que sirve para realizar la calibración del espacio, se pueden determinar las coordenadas planas reales de un punto (x, y) que esté dentro de él, ya que éstas están relacionadas con las coordenadas planas de ese punto proyectadas en la imagen (u, v) aplicando algoritmos basados en la DLT (Abdel-Aziz y Karara, 1971).

En comparación con la fotogrametría en 3 dimensiones, la técnica instrumental utilizada en éste trabajo (fotogrametría en 2 dimensiones) no aporta una cantidad de información detallada sobre el movimiento deportivo a analizar, aunque sin embargo, permite la posibilidad de realizar análisis de variables cinemáticas con gran exactitud pretendidas en los objetivos de nuestro estudio. Por ello, la utilización de esta técnica, aparte de su bajo coste y laboriosidad, es la más adecuada para ofrecer resultados válidos y fiables respecto de los objetivos de esta investigación (Pérez, 2003).

El Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) de Madrid, dispone de un sistema de medida propio (software y hardware) de fotogrametría 2D vídeo, que posibilita la realización de este tipo de investigaciones permitiendo el estudio de las variables cinemáticas del movimiento en diferentes deportes. En los puntos posteriores se detalla con más exactitud la extracción de los datos.

2.3 MODELO MECÁNICO.

La concepción global del jugador con su implemento para moverse es necesaria, ya que ambos son indisociables respecto del movimiento final, que produce el desplazamiento de todo sistema. Es necesaria una conjunción óptima entre las características físicas y antropométricas del jugador, su capacidad de movimiento o volumen de acción, la capacidad de trabajo del jugador, así como la estructura y construcción de la silla de ruedas, con el fin de optimizar la máxima propulsión en función del jugador y minimizar las pérdidas de energía en la propulsión (van der Woude, 1989; Vanlandewijck, 2001).

El modelo mecánico empleado para determinar la posición del jugador fue de 2 puntos, representados por el punto de contacto de cada rueda del jugador respecto el suelo, en concreto desde que entra en contacto la parte delantera de cada rueda con la moqueta / césped de la pista (Figura 6). La tecnología utilizada permitió el seguimiento de esos puntos (“tracking”) a lo largo del espacio definido por la pista de pádel (la mitad para cada cámara).

De esta manera, en total se monitorizó el movimiento de 4 puntos (para una misma pareja de equipo) para una misma situación de partido. El modelo mecánico de dos puntos permitió definir el vector posición de la silla del jugador y, a partir de él, se pudieron calcular las variables cinemáticas lineales y angulares de los jugadores durante la competición.

**Figura 6. Modelo mecánico de dos puntos
empleado en pádel en silla de ruedas**

Estudios previos sobre la actividad competitiva en fútbol (Mallo y Navarro, 2004), baloncesto en silla de ruedas (Pérez et al., 2005; Navarro, Mallo, Cala y Veiga, 2007), natación (Veiga, 2010) o atletismo (González Frutos, 2014), han utilizado el modelo mecánico de un punto para la caracterización de las variables biomecánicas de los deportistas a analizar.

2.4 REGISTRO DE DATOS.

2.4.1. Ubicación de las cámaras.

La fotogrametría en 2 dimensiones exige el respeto de una serie de consideraciones metodológicas antes de llevar a cabo el registro de los datos. En primer lugar resulta necesario ubicar las cámaras en un lugar adecuado, de manera que se consiga filmar en la imagen la totalidad de la pista de pádel. Por ello, el registro de datos en la investigación actual se realizó empleando 2 cámaras de vídeo formato mini DV, siendo los modelos JVC GZ-MG (Japan Victor Company, Japón) equipadas con 2 imanes de neodimio pegados a la parte superior de la verja frontal de cada lado de la pista para asegurar la buena fijación y sustentación de las mismas ante los impactos de la pelota contra dicha pared.

De manera teórica, la distribución de las cámaras debe realizarse de forma homogénea a lo largo de la pista de modo que en cada cámara se recojan una serie de puntos comunes con la cámara adyacente. Estos puntos comunes formarán parte del sistema de calibración y sus dimensiones reales deben ser conocidas, las propias según la reglamentación oficial de la Federación Española de Pádel.

Las cámaras deben colocarse sobre un lugar elevado para intentar obtener una vista cenital del terreno. En el presente estudio, las cámaras se situaron de tal forma que entre las 2 se captaba en su totalidad el plano formado por la pista de pádel con sus ejes ópticos dirigidos de forma convergente: una de las cámaras registró una mitad de la pista, mientras que la otra cámara registró la otra mitad (Figura 7).

Figura 7 – Localización de la cámara en la pista de pádel

La elección del área a cubrir por cada una de las cámaras se realizó en base a los resultados del estudio piloto llevado a cabo durante varios entrenamientos previos a comienzos de año en la ciudad de Madrid.

A partir de esta investigación previa se estableció que cada cámara iba a registrar la mitad de cada campo ya que con solo una cámara era imposible poder visualizar la totalidad de las líneas que conforman la pista de pádel.

2.4.2. Filmación del sistema de calibración.

Una vez ubicadas y preparadas las cámaras se procede a filmar el sistema de calibración, que se utiliza para poder obtener las coordenadas reales de los puntos contenidos en su interior. El sistema de calibración está formado por un mínimo de 4 puntos de

coordenadas conocidas, debiendo estar todos los puntos visibles en la cámara con la cual ha sido filmado, aunque para aumentar la precisión en el presente estudio se emplearon 6 puntos por cámara. Dichos puntos se seleccionaron de entre los postes que delimitan la red, la línea de saque tanto de su extremo derecho como del izquierdo, así como las esquinas de la pared de fondo de ambos lados (Figura 8). Si se utilizan 2 cámaras para poder filmar la totalidad de la pista de pádel deberá haber 2 sistemas de referencia, cada uno de ellos formado por 6 puntos que lo delimiten. Sin embargo por cuestiones técnicas respecto a las cámaras, y como el torneo fue grabado en 3 días, las cámaras se instalaban de nuevo al comenzar cada partido, por ello se ha realizado una calibración para cada partido de forma independiente.

Figura 8. Puntos de calibración de la pista de pádel

La visualización de los puntos de coordenadas conocidas se realiza a través de las líneas y puntos establecidos en cada mitad de campo y que son conocidos por la propia reglamentación, marcando los límites del campo de filmación de la cámara. Resulta suficiente con obtener un fotograma de cualquier jugada del partido para la calibración puesto que la pista permanece fija y constante durante todo el encuentro.

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
688.000000	393.000000	10.00000	0.000000	0.000000
565.000000	279.000000	10.00000	7.000000	0.000000
539.000000	253.000000	10.00000	10.00000	0.000000
23.000000	375.000000	0.000000	0.000000	0.000000
153.000000	270.000000	0.000000	7.000000	0.000000
182.000000	244.000000	0.000000	10.00000	0.000000

Figura 9. Coordenadas de los puntos de calibración

Aunque las dimensiones de las pistas son las establecidas por la propia federación, los puntos de calibración fueron medidos al inicio del encuentro de forma geométrica. Para ello se debe utilizar una cinta métrica pre-calibrada o cualquier otro dispositivo que permita el cálculo de distancias como medida preventiva. A partir de la distancia entre los puntos se determinaron las coordenadas 2D de cada uno de ellos respecto al sistema de referencia elegido.

Solo se tomaron las referencias de una sola pista ya que la organización del torneo estableció los partidos más importantes en una única pista para ayudarnos al objeto de nuestro estudio.

2.4.3. Filmación de los partidos.

Por las características de la investigación, es importante que no se interfiera sobre la competición a analizar, en éste caso el torneo de pádel en silla. De esta manera, se asegura la validez y especificidad de los datos registrados, a diferencia de otros estudios que analizan sus variables en momentos experimentales y no competitivos. Por lo tanto, la filmación fue “in vivo”, directa y no participante, evaluando el rendimiento en la propia competición, tal y como señalan estudios previos para el análisis del rendimiento de la movilidad real en deportes de tenis en silla de ruedas (de Witte et al., 2017). El tratamiento y posterior análisis de las imágenes de vídeo son realizadas por un observador entrenado e independiente, conocedor de la dinámica de juego de este deporte, así como de sus reglas.

La velocidad de filmación de las cámaras de vídeo fue la estándar según el sistema PAL, es decir 50 campos o 25 imágenes por segundo. Las cámaras de vídeo realizaron la filmación a partir de la detección de la imagen utilizando un rango de sensores de luz y, en teoría, no ofrecen ninguna distorsión geométrica (Bartlett, 1997).

El inicio de las pruebas en la filmación fue establecido una vez concluido el calentamiento de los 4 jugadores, y se finalizaba transcurrido el último punto del partido. Una vez concluido cada partido, se volcaban los datos de video a un ordenador portátil para su posterior procesamiento de datos

2.4.4. Procesamiento de datos.

El registro de los datos se realiza en campo, es decir, en el lugar donde se llevaron a cabo las competiciones (Club de Pádel La Flota, Murcia) mientras que el procesamiento de los datos se realiza en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) de Madrid.

En este punto se dispone a convertir el archivo de vídeo de las cámaras de formato MOV a formato AVI y a continuación se cortan los partidos totales en sets, juegos y jugadas respectivamente de cada cámara. Al cortar y clasificar el partido en jugadas, eliminamos el tiempo pasivo (tiempo de descanso), tal y como realizaron Ramón-Llin et al., (2012a) en pádel a pie, para lo que utilizamos el programa gratuito Aimersoft Video Converter Ultimate (versión 9.0.). Una vez se tienen divididas y clasificadas todas las jugadas por juegos y sets por cada cámara, se convierten los archivos de video en formato AVI a fotogramas, en concreto a 5 fotogramas por segundo, tal y como se ha realizado en investigaciones previas (Navas et al., 2017). Para el registro de la competición, al no ser nuestro objetivo de estudio la evaluación de un gesto técnico, sino el rendimiento físico del jugador, ésta no ha de ser del orden de 25 Hz, 50 Hz, 500 H, etc., (como es habitual en biomecánica de la técnica deportiva) (Navarro, 1997), sino que, con 2 o 3 imágenes por segundo, sea suficiente para evaluar adecuadamente el movimiento del jugador. Sin embargo para una mayor exactitud, en la presente investigación se utilizó una frecuencia de muestreo de 5 fotogramas por segundo, mayor que en otros estudios previos en deportes colectivos con 2 fotogramas por segundo (Navarro y Mallo, 2001), baloncesto (Pérez, 2003b), o 3 fotogramas por segundo, en baloncesto a pie (Riera, 1986) o waterpolo (Aguado y Riera, 2001).

Tras disponer de los fotogramas que componen los partidos a analizar, se pudo proceder a digitalizar los mismos utilizando otro programa desarrollado en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva denominado PHOTO 23D (Cala, Veiga, García y Navarro, 2009) (Figura 10). Este programa está inspirado en los paneles de digitalización tradicionalmente utilizados en la biomecánica deportiva para el análisis de la técnica. Se fundamenta en la proyección en la pantalla del ordenador de cada uno de los fotogramas que componen la secuencia a analizar. Digitalizar consiste en marcar con el puntero del ratón la posición de las ruedas de la silla del jugador en cada fotograma. La resolución de la pantalla del ordenador se

configura en 1.024×768 pixeles de manera que al digitalizar la posición, se está seleccionando 1 de los 786.432 pixeles que forman la pantalla.

Figura 10: Digitalización con el programa FHOTO 23D

El modelo mecánico empleado para determinar la posición de cada jugador era, como se explicó anteriormente, el de los 2 puntos de contacto de cada rueda de la silla respecto del suelo de la pista, en concreto la parte de la rueda que primero entra en contacto con el suelo al iniciar el movimiento con la silla el jugador. Para asegurar la fiabilidad de la estimación y digitalización de cada punto, un observador fue entrenado y la fiabilidad de su digitalización fue determinada (ver apartados 2.4.5 y 2.4.6).

Al completar la digitalización de los 7 partidos analizados, los datos correspondientes a la posición de los 22 jugadores a lo largo de los partidos se exportan en forma de fichero de

texto (formato ASCII). Este tipo de ficheros recoge la posición, en píxeles, de cada uno de los jugadores en el intervalo de tiempo digitalizado.

Una vez obtenidos los datos de la posición de los jugadores en unidades informáticas (píxeles) resulta necesario transformar las mismas a unidades reales (metros). Este proceso requiere la utilización de los sistemas de calibración filmados y medidos durante la fase del registro de los datos. Una vez que se dispone de las coordenadas reales de los puntos que forman parte del sistema de calibración para cada una de las cámaras se procede a digitalizar dichos puntos. Como la cámara permanece fija a lo largo de las filmaciones de las pruebas, la digitalización de un único fotograma resulta suficiente para obtener las coordenadas proyectadas sobre la pantalla. Los datos obtenidos se exportan en forma de fichero de texto (ASCII) y se utilizan para completar otro fichero en formato de texto en el que se incluyen las coordenadas en píxeles de cada uno de los puntos (obtenidas mediante el proceso de digitalización) y las coordenadas reales, en metros, de cada uno de los puntos de la pista.

Llegados a este punto, en el que se dispone ya de los datos de la secuencia de las jugadas digitalizadas y los datos del sistema de calibración, la utilización de otro programa informático desarrollado en el Laboratorio de Biomecánica del INEF de Madrid denominado BIOMECH, permite obtener las coordenadas reales de cada posición sobre la pista de pádel a través de la utilización de cálculos basados en los algoritmos de la DLT (Abdel-Aziz y Karara, 1971) que permite pasar de coordenadas proyectadas en la imagen (píxeles) a coordenadas reales (metros).

Una vez que se conocen las coordenadas (x , y) de las posiciones reales de los deportistas en cada intervalo de tiempo se pueden obtener distintas variables cinemáticas que contribuyen a caracterizar el movimiento (distancias y velocidades).

2.4.5. Cálculo de errores.

Se procedió a realizar una evaluación del error en la estimación del cálculo de la posición o cálculo de la fiabilidad intra observador para la digitalización. Al ser un solo observador experimentado el que realizó la digitalización, se procedió a calcular el error promedio de la misma. Para ello se digitalizaron 3 imágenes diferentes 30 veces, sobre un total de 4 jugadores. Se creó una secuencia de 90 imágenes con las 3 imágenes elegidas al azar y alternadas para no realizar la misma imagen de manera seguida y evitar una acomodación en el proceso de digitalización. A partir de cada punto se calcularon sus coordenadas X e Y para cada imagen. Las imágenes diferían entre sí respecto de la distancia del jugador a la cámara. La desviación estándar promedio para cada jugador fue $\pm 0,06$ m.

2.4.6. Validación de la técnica de adquisición de datos.

Para validar el cálculo de las coordenadas realizado por el programa, se calculó la diferencia entre las coordenadas reales de los 6 puntos conocidos del terreno de juego medidos “in situ” (representados por marcas precalibradas y visibles sobre la pista de juego), y esas mismas medidas calculadas por la metodología DLT-2D. En la (Tabla 9) se muestran las diferencias entre las medidas reales y las coordenadas medidas con el programa a modo de ejemplo de 7 puntos de la pista de pádel, confirmándose la validez del sistema de medida utilizado. El coeficiente de correlación (Pearson) para la “x” (entre coordenadas verdaderas y calculadas) fue de $r = 0,99$, y para la “y” fue de $r = 0,99$.

Tabla 9. Cálculo de validez del cálculo de coordenadas del sistema sobre puntos conocidos

Modelo central	Verdaderas		Calculadas		Diferencia / V - C/	
	x	y	x	y	X	y
Punto 2	2,00	9,00	2,02	9,08	0,02	0,08
Punto 3	3,50	8,50	3,47	8,55	-0,03	0,05
Punto 5	1,00	8,00	1,10	8,09	0,10	0,09
Punto 7	6,50	5,00	6,42	5,08	-0,08	0,08
Punto 8	2,50	9,50	2,50	9,48	0,00	-0,02
Punto 9	7,50	5,50	7,46	5,52	-0,04	0,02
Punto 10	4,00	7,00	4,12	7,03	0,12	0,03

La desviación media por punto fue de $\pm 0,03$ m., mientras que el punto que más se alejaba del dato verdadero es la coordenada “x” del punto 10 (0,12 m), lo que, en porcentaje respecto de la mayor medida del sistema de referencia (10 x 10 metros), supone un error de un 1,2%. Se destaca por tanto la gran exactitud del sistema de cálculo utilizado, lo que abre la posibilidad de utilizar este método en futuros estudios de dicho ámbito deportivo.

2. 5 TRATAMIENTO DE LOS DATOS.

2.5.1. Obtención de las variables de estudio.

Una vez que se dispone de un fichero (.xyz) que recoge los valores de las coordenadas reales de las sucesivas posiciones de los jugadores a lo largo de la competición, se pueden obtener las variables objeto de estudio en la investigación. Para ello, utilizando la hoja de cálculo EXCEL 2016 (Microsoft, Redmond, USA) se calcularon las siguientes variables, definidas como variables dependientes:

a) Desplazamiento lineal (m). Cuando un jugador se desplaza con su silla por la pista (definido por el modelo de dos puntos anteriormente descrito), su movimiento describe una trayectoria que resulta ser el lugar geométrico de las sucesivas posiciones que el jugador – silla (dos puntos) va ocupando en el espacio a lo largo de un intervalo de tiempo conocido. Al desplazarse por la pista, la trayectoria del jugador queda definida por una serie de puntos ($P_1, P_2 \dots P_n$) en relación a un sistema de referencia (indicado en la Figura 8). La posición de los puntos vendrá dada por un vector posición cuyas coordenadas pueden determinarse. Así, el espacio recorrido por un jugador durante su desplazamiento por la pista de pádel será igual a la suma de las longitudes de los tramos recorridos por los puntos que lo definen en el intervalo de tiempo considerado. La distancia entre dos puntos queda definida por el vector desplazamiento Δr , cuyo origen es la posición del punto en el instante inicial (t) y cuyo extremo es la posición del punto en el instante final ($t + \Delta t$).

b) Desplazamiento angular ($^\circ$). Queda definido como los grados recorridos por el vector plano que une los mismos puntos de contacto anteriormente descrito de la silla con el terreno de juego y se expresa en giros (360°).

c) Velocidad lineal (m/s). Es la variación del espacio en metros recorrido por el en función del tiempo empleado cuando la variación del tiempo se aproxima al valor cero y representa la rapidez con que cambia el vector posición respecto al tiempo.

d) Velocidad angular ($^{\circ}$ /s). Es la variación del espacio en grados recorrido por el jugador en función del tiempo empleado cuando la variación del tiempo se aproxima al valor cero y representa la rapidez con que cambia el vector posición respecto al tiempo

Para poder categorizar los desplazamientos en función de su velocidad instantánea para los distintos grupos de clasificación funcional, resulta adecuado establecer unos rangos de velocidades que los delimiten. Para ello, se ha tomado como referencia las publicaciones de investigaciones previas (Venter et al., 2001, Cahill et al., 2013) creando zonas arbitrarias. Dichas zonas han sido utilizadas para distintas disciplinas de deportes en silla de ruedas como por ejemplo el rugby (Mason et al., 2014; Rhodes et al., 2015a; Rhodes et al., 2015b).

e) Relación tiempo de juego y tiempo de descanso.

- Por tiempo de juego, fase activa, tiempo activo o bola en juego, se refiere al periodo de tiempo desde que empieza el punto (en el instante de golpeo de servicio), hasta que finaliza ese punto de ese servicio (con arreglo a las normas que dicta el reglamento de pádel adaptado de la FEDDF).
- Por tiempo de descanso, tiempo pasivo, fase pasiva o bola que no está en juego, se refiere al periodo de tiempo comprendido entre el instante final de un punto y el inicio del siguiente.

Por su parte, los siguientes parámetros fueron definidos como variables independientes:

a) Resultado de los partidos (ganadores / perdedores).

- b) Nivel de clasificación funcional (grupos del I al IV).

2.5.2. Tratamiento estadístico.

El análisis estadístico de la presente investigación, se llevó a cabo con el soporte informático “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS, versión 22.0; IBM "International Business Machines Corp"; Estados Unidos).

Se aplicaron los test de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilks para comprobar la normalidad de la distribución y la prueba de Levene para la homogeneidad de las distribuciones de datos en las variables medidas. Se tuvieron que realizar pruebas no paramétricas. El nivel de significación establecido fue de $p < 0,05$. En el caso de que se lograsen niveles de significación superiores (como $p < 0,01$ y $p < 0,001$) se indica también en el texto para facilitar la interpretación de los datos.

La prueba de H Kruskal Wallis fue utilizada para comparar entre las distintas clases funcionales y posteriormente la prueba U de Mann-Whitney para analizar entre qué pares de grupos se daba las diferencias, reajustándose la significatividad según Bonferroni a $p < 0,0125$.

Se usaron pruebas de Chi cuadrado para comparar las zonas de velocidad entre las clases, y pruebas Z posteriores para comparar las proporciones de columna. El tamaño de efecto (TE) se pudo calcular con la V de Cramer (Cramer, 1999), donde 0,1 representa un efecto pequeño, 0,3 representa un efecto mediano y 0,5 representa un efecto grande.

Para comparar dos muestras (ganadores-perdedores) realizamos la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, puesto que según O'Donoghue (2010) deben considerarse muestras relacionadas debido a que el rendimiento de una pareja está influenciado por la del

rival. Así, se han considerado la comparativa ganadores-perdedores como muestras relacionadas en estudios previos (Vučković y James, 2010).

3. Resultados

3.1. CUANTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CINEMÁTICAS DE LOS JUGADORES DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS EN COMPETICIÓN.

3.1.1. Cuantificación del volumen de carga, a través de la distancia recorrida de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.

En la Tabla 10, se observa que la media de distancia en tiempo activo se incrementa a medida que aumenta la unidad de juego. Los jugadores de pádel en silla recorrieron de media por partido $729,60 \pm 369,90$ m, 2,3 veces la distancia recorrida por set $319,20 \pm 143,61$ m, y esta última a su vez es 7,9 veces la distancia recorrida por juego $40,53 \pm 28,70$ m, y finalmente, la distancia recorrida por juego es 6,3 veces la distancia recorrida por punto $6,38 \pm 6,41$ m. De este modo los partidos tuvieron una media de 2,3 sets, cada set tuvo de media 7,9 juegos y cada juego 6,3 puntos.

Además, en la final del torneo, se obtuvieron los mayores valores en distancia con un máximo de 1456,60 m, mientras que en un partido de cuartos de final, se obtuvo un máximo de 53,40 m en una jugada. Estos partidos fueron jugados a tres sets. Por el contrario, se observaron valores mínimos de distancia de 297,62 m en un partido donde el resultado fue de 6-0/6-0 para la dupla ganadora, jugando únicamente dos sets. De igual manera, los valores de distancia del partido 1 fueron muy bajos, con otro resultado muy parejo al descrito anteriormente, 6-1/6-1, de ahí que la desviación típica por partido sea tan alejada dada la diferencia entre las distintas distancias entre partidos. La distancia mínima durante un punto puede observarse que fue de 0 m.

En cuanto al coeficiente de variación (DT/M), vimos cómo entre partido (0,51) y set (0,45) se obtienen valores más cercanos, pero aumenta tanto en el juego (0,71) y más todavía en el punto (1,00).

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de distancia de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo (m).

	N	M	DT	CV	Mínimo	Máximo
Distancia tiempo activo de partido	28	729,60	369,90	0,51	297,62	1456,60
Distancia tiempo activo set	64	319,20	143,61	0,45	145,11	808,10
Distancia tiempo activo juego	504	40,53	28,70	0,71	4,00	304,70
Distancia tiempo activo punto	3196	6,38	6,41	1,00	0,00	53,40

3.1.2. Cuantificación del volumen de carga, a través de los giros de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.

Los resultados respecto a los giros de los jugadores profesionales de pádel (Tabla 11), muestran que por partido realizaron un promedio de $238,45 \pm 129,45$ giros. Al contrario con lo sucedido en las distancias recorridas, los valores máximos no fueron registrados durante la final del torneo sino en un partido de cuartos de final, con valores de 427,88 giros. El promedio de giros por punto fue de $2,10 \pm 2,25$ llegando a un máximo de 15,17 giros realizados concretamente en la final del torneo. Al igual que sucedió en las distancias, el mínimo fue de 0 giros.

El coeficiente de variación (DT/M) para los giros se asemeja al de las distancias, con valores entre partido de (0,54) y set (0,48), obteniendo valores más cercanos, pero aumenta tanto en el juego (0,71) y más todavía en el punto (1,08).

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de giros realizados de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo (360°).

	N	M	DT	CV	Mínimo	Máximo
Giros en tiempo activo por partido	28	238,45	129,45	0,54	112,75	427,88
Giros en tiempo activo por set	64	105,74	50,61	0,48	54,28	222,66
Giros en tiempo activo por juego	504	13,12	9,28	0,71	1,87	77,69
Giros en tiempo activo por punto	3196	2,10	2,25	1,08	0,00	15,17

Los resultados muestran como se realizó un mayor número de giros en aquellos partidos que se disputaron a 3 sets (partido 4, 5 y 7), siendo los 2 partidos de cuartos de final (partidos 4 y 5), y la final (partido 7), los que mayor número de giros promediaron (Figura 11).

Figura 11. Estadísticos descriptivos de giros por partido (360°).

3.1.3. Cuantificación del volumen de carga, a través del tiempo activo de juego de cada jugador en cada unidad de juego.

En la Tabla 12 se muestra como la media de tiempo activo se incrementó a medida que aumentó la unidad de juego. Así, el tiempo medio activo que los jugadores de pádel en silla realizaron por partido fue de $1128,90 \pm 583,04$ s, que es 2,3 veces el tiempo por set $493,90 \pm 215,26$ s, y este último a su vez es 7,9 veces el tiempo por juego $62,7 \pm 39,27$ s. Finalmente, el tiempo por juego fue 6,3 veces el tiempo por punto $9,9 \pm 8,03$ s. Expresado en minutos, se puede comprobar cómo los jugadores permanecen casi 20 min de tiempo activo por partido, 8 min por set y casi 10 s (1/6 de min) por jugada. Como valores máximos se observa como lograron permanecer hasta 30 min de juego por partido, más concretamente en un partido de cuartos de final. El punto que más duró (54,40 s), se produjo en la final del torneo. Estos valores resaltan el juego continuo que se produce en los partidos de pádel en silla con jugadas de casi 1 min de duración.

En cuanto al coeficiente de variación (DT/M), se observa cómo al igual que sucede con la distancia recorrida y giros, entre partido (0,52) y set (0,44) obtenemos valores más cercanos, pero aumenta tanto en el juego (0,63) y en el punto (0,81).

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de tiempo de cada jugador por partido, set, juego y punto, en tiempo activo (s).

	N	M	DT	CV	Mínimo	Máximo
Tiempo activo de partido	28	1128,91	583,04	0,52	522,80	1793,80
Tiempo activo set	28	493,90	215,26	0,44	236,60	1034,60
Tiempo activo juego	28	62,70	39,27	0,63	16,00	319,60
Tiempo activo punto	28	9,90	8,03	0,81	0,80	54,40

La Figura 12 muestra como el mayor tiempo por partido se produjo en aquellos partidos jugados a 3 sets (partidos 4, 5 y 7) que corresponden a dos cuartos de final y a la final del torneo, mientras que en el resto de partidos se obtienen valores menores al jugarse a 2 sets.

Figura 12. Estadísticos descriptivos de tiempo activo por partido (s).

3.1.4. Comparación de la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido.

En la Tabla 13 se detalla la media de tiempo total de partido que fue de $3931,29 \pm 1748,15$ s, (65 min), pudiendo llegar a durar hasta un máximo de 6000 s (1 h y 40 min). El tiempo activo medio de partido, expresado anteriormente en la tabla 12, fue de 1128,91 s, lo que representa un 28,72 % del total, dejando el otro 71,28 % para el tiempo pasivo. De este modo, el tiempo activo de media en un partido representó el 42 % del tiempo pasivo medio. Los jugadores de pádel en silla de ruedas en este estudio tuvieron unos valores de densidad de

carga (tiempo de trabajo: tiempo de recuperación), de $0,41 \pm 0,14$ con un rango entre 0,22 – 0,69, es decir un ratio de trabajo : descanso de 1:4,15 por partido.

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de tiempo de cada jugador por partido (s).

VARIABLES	N	Media	DT	Mínimo	Máximo
Tiempo total	28	3931,29	1748,15	1680,04	6000,00
Tiempo activo	28	1128,91	583,04	522,80	1793,80
Tiempo pasivo	28	2802,37	1281,37	1157,24	4206,20
Ratio tiempo activo / pasivo	28	0,42	0,14	0,22	0,69

3.1.5. Cuantificación de la intensidad de la carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido.

En la Tabla 14 se presenta el promedio de velocidad de los jugadores durante el torneo el cual fue de $0,53 \pm 0,48$ m/s.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos del promedio de velocidad de cada jugador por partido (m/s).

	N	M	DT	CV	Mínimo	Máximo
Velocidad promedio	28	0,53	0,48	0,9	0,43	0,78

La Figura 13 muestra el promedio de velocidad de los 7 partidos durante el torneo. Se observa como los mayores valores de promedio fueron promediados por los partidos 1 (0,61

m/s), 5 (0,58 m/s) y 7 (0,53 m/s), correspondiéndose al partido inicial, a un cuarto de final y a la final. En el resto de los partidos los valores promedios son muy parejos.

Figura 13. Descriptivos estadísticos de velocidad promedio por partido (m/s).

En la Figura 14, se muestran los descriptivos del promedio de velocidad de cada jugador por partido. De este modo, se puede observar como el valor máximo corresponde al jugador número 2 del primer partido con un promedio de velocidad de $0,77 \pm 0,59$ m/s. Como dato ilustrativo, este jugador finalmente obtuvo un resultado desfavorable al final del partido, a tenor del resultado (6-0/6-0), no disputado. Por el contrario, el valor mínimo de todos los jugadores fue el promediado por el jugador número 3 del partido 2 con un valor de $0,37 \pm 0,34$ m/s. Dicho jugador fue el peor clasificado del ranking en el propio torneo de esta investigación.

Figura 14. Descriptivos estadísticos del promedio de velocidad de cada jugador en los 7 partidos (m/s).

En último lugar, respecto a los valores más elevados sobre la velocidad máxima, un jugador del grupo funcional III, consiguió el mayor valor durante la final del torneo con una velocidad máxima de 3,46 m/s.

3.2. PERFIL DE RENDIMIENTO DE LOS JUGADORES DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS EN FUNCIÓN DE SU CLASIFICACIÓN FUNCIONAL.

En primer lugar, se realizaron pruebas de normalidad para las muestras a comparar en los objetivos específicos. Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (tabla 15).

Debido a la falta de normalidad en varios de los grupos tanto para los giros, distancia lineal y velocidad lineal y angular, se realizó estadística no paramétrica.

Tabla 15. Prueba K-S normalidad

VARIABLES	Grupo funcional	Kolmogorov-Smirnov		
		Estadístico	Gl	Sig.
Velocidad angular	1	0,275	760	<0,001
	2	0,249	1315	<0,001
	3	0,264	624	<0,001
	4	0,392	493	<0,001
Giros	1	0,168	760	<0,001
	2	0,173	1315	<0,001
	3	0,198	624	<0,001
	4	0,167	493	<0,001
Distancia recorrida	1	0,156	760	<0,001
	2	0,155	1315	<0,001
	3	0,18	624	<0,001
	4	0,155	493	<0,001
Velocidad lineal	1	0,033	760	0,053
	2	0,035	1315	0,001
	3	0,052	624	<0,001
	4	0,026	493	,200(*)

3.2.1. Comparación de las demandas cinemáticas en función de la clasificación funcional.

La clasificación funcional de los jugadores de pádel en silla de ruedas, tuvo influencia significativa sobre el rendimiento de las variables cinemáticas por punto respecto las variables distancia recorrida ($H = 22,4$; $p < 0,001$), los giros ($H = 27,8$; $p < 0,001$) y la velocidad media ($H = 109,960$; $p < 0,001$). Sin embargo, no sucedió lo mismo con la velocidad máxima, pero los valores de significatividad indicaron una tendencia ($H = 7,56$; $p < 0,056$).

La Tabla 16 muestra los estadísticos descriptivos para las variables cinemáticas por punto respecto los grupos funcionales.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos por punto para las variables cinemáticas durante un torneo de pádel en silla.

Variable	Grupos de Clasificación Funcional							
	I		II		III		IV	
	Mn	IQR	Mn	IQR	Mn	IQR	Mn	IQR
Distancia (m)	4,60#	7,00	4,30#	7,20	3,70†	6,80	5,20	7,80
Giros (360°)	1,50#	2,80	1,30#†	2,50	1,10†	2,10	1,50	2,60
Velocidad media (m/s)	0,42*#	0,66	0,43#†	0,66	0,40*†	0,67	0,41*#	0,65
Velocidad Máxima (m/s)	2,65	0,27	2,89	0,35	3,28	0,29	2,97	0,43

*Diferencias significativas para el grupo II ($p < 0,05$). #Diferencias significativas para el grupo III ($p < 0,05$). †Diferencias significativas para el grupo IV ($p < 0,05$).

Hubo diferencias significativas para las variables distancia lineal y giros entre los grupos I y III ($Z = -3,111$; $p < 0,002$; $Z = -4,459$; $p < 0,001$), entre los grupos II y III ($Z = -2,892$; $p < 0,004$; $Z = -3,292$; $p < 0,001$) y entre los grupos III y IV ($Z = -4,544$; $p < 0,001$; $Z = -4,574$; $p < 0,001$) respectivamente. Entre los grupos II y IV solo hubo diferencias significativas en la variable distancia lineal ($Z = -2,707$; $p < 0,007$). En cuanto a la variable velocidad media hubo diferencias significativas entre el grupo I y II ($Z = -5,365$; $p < 0,001$), entre el grupo I y III ($Z = -4,618$; $p < 0,001$), entre el grupo II y III ($Z = -9,921$; $p < 0,001$), entre el grupo II y IV ($Z = -5,920$; $p < 0,001$) y finalmente entre el grupo II y IV ($Z = -3,378$; $p < 0,001$). No hubo diferencias significativas en la variable velocidad máxima.

Como se puede observar, los distintos grupos funcionales mostraron el mismo patrón de orden desde los valores más elevados a los menos elevados para las variables del perfil de actividad en distancia recorrida y giros de la silla (IV, seguido de I, II y III respectivamente) según muestran las medianas de las variables. Los jugadores del grupo funcional II poseen los mayores valores en la mediana respecto la variable velocidad media, seguidos del grupo I, IV y III, en este caso no mostraron el mismo patrón que las variables distancia y giros. Por último, respecto a la variable velocidad máxima, los mayores grupos funcionales (III y IV), fueron los que alcanzaron valores más elevados.

3.2.2. Creación de zonas arbitrarias de velocidad en función de su clasificación funcional.

A través de la media de la velocidad máxima de todos los jugadores durante el partido y, en base a investigaciones previas (Venter et al., 2011; Cahill et al., 2013), se establecieron los valores para crear las zonas arbitrarias específicas para cada grupo de clasificación (Tabla 17). De este modo se establecieron cinco zonas de velocidad comprendidas entre los siguientes rangos:

- a) Velocidades muy bajas (VMB): ($\leq 20\%$ de la velocidad máxima).
- b) Velocidades bajas (VB): ($> 20-50\%$ de la velocidad máxima).
- c) Velocidades moderadas (VM): ($> 50-80\%$ de la velocidad máxima).
- d) Velocidades altas (VA): ($> 80-95\%$ de la velocidad máxima).
- e) Velocidades muy altas (VMA): ($> 95\%$ de la velocidad máxima).

Tabla 17. Zonas arbitrarias de velocidad (m/s) para los jugadores de pádel en silla.

Zona	Grupos de Clasificación Funcional			
	I	II	III	IV
Muy baja, $\leq 20\% v_{\max}$	$\leq 0,53$	$\leq 0,58$	$\leq 0,65$	$\leq 0,59$
Baja, $> 20-50\% v_{\max}$	0,53-1,32	0,58-1,44	0,65-1,64	0,59-1,48
Moderada, $> 50-80\% v_{\max}$	1,32-2,12	1,44-2,31	1,64-2,62	1,48-2,38
Alta, $> 80-95\% v_{\max}$	2,12-2,52	2,31-2,74	2,62-3,12	2,38-2,82
Muy alta, $> 95\% v_{\max}$	$> 2,52$	$> 2,74$	$> 3,12$	$> 2,82$

Abreviación: $v_{\max}$, velocidad máxima.

Se detalla en la Tabla 17, que los valores más elevados dentro de las zonas arbitrarias, corresponden al grupo funcional III ya que fueron los que consiguieron las mayores velocidades máximas, seguidos del grupo IV, el II y en último lugar el grupo I.

3.2.3. Tiempo empleado en las zonas arbitrarias de velocidad en función de la clasificación funcional.

Una vez que se obtuvieron las zonas arbitrarias de velocidad para cada grupo de clasificación, se realizó un filtrado de los grupos funcionales entre los rangos de velocidad propuestos en la Tabla 17, y se calculó el porcentaje de tiempo de dichas zonas, tal y como se

propuso en otras disciplinas de silla de ruedas como rugby en silla de ruedas (Mason et al., 2014; Rhodes et al., 2015a; Rhodes et al., 2015b).

Como se puede observar en la Tabla 18, todos los jugadores, independientemente del grupo funcional, apenas pasaron tiempo en zonas tanto de alta velocidad como de muy alta velocidad. Las pruebas Z mostraron que hubo una larga asociación entre la clasificación funcional y el porcentaje de tiempo que permanecen los jugadores en las zonas de velocidad ($\chi^2_9 = 36.8$, $p < 0,001$, $V = 0,055$), indicando que el grupo I tuvo diferencias significativas con el resto de grupos en zonas de muy baja velocidad y en zonas moderadas de velocidad. En zonas de baja velocidad, el grupo I tuvo diferencias significativas con el grupo II y III. Concretamente, los jugadores de los distintos grupos funcionales tuvieron los siguientes resultados respecto al porcentaje de tiempo por zonas específicas de velocidad:

- a) Grupo funcional I: los jugadores del grupo I permanecieron un $60,2 \pm 7,58$ % en (VMB), un $34,3 \pm 4,66$ % en (VB), un $5,3 \pm 2,74$ % en (VM) y un $0,2 \pm 0,23$ % en (VA).
- b) Grupo funcional II: los jugadores del grupo II permanecieron un $68 \pm 8,78$ % en (VMB), un $29,7 \pm 6,94$ % en (VB) y un $2,3 \pm 1,97$ en (VM).
- c) Grupo funcional III: los jugadores del grupo III permanecieron un $69,6 \pm 8,20$ % en (VMB), un $28,1 \pm 6,06$ % en (VB) y un $2,3 \pm 2,43$ % en (VM).
- d) Grupo funcional IV: los jugadores del grupo IV permanecieron un $67,8 \pm 11,58$ % en (VMB), un $29,2 \pm 9,02$ % en (VB) y un $3 \pm 2,51$ % en (VM).

Los jugadores del grupo funcional I permanecieron más tiempo en zonas de baja y moderada velocidad que el resto de grupos, y a su vez, permanecieron menos tiempo en zonas de muy baja velocidad a diferencia de los otros tres grupos.

En general, los jugadores de pádel en silla de ruedas pasan el $66,4 \pm 4,21$ % del tiempo en zonas (VMB), el $30,32 \pm 2,73$ % en zonas (VB), un $3,22 \pm 1,42$ % en zonas (VM) y un $0,05 \pm 0,10$ % en zonas (VA).

Tabla 18. Zonas arbitrarias de velocidad (%).

Zona	Grupos de clasificación funcional			
	I	II	III	IV
Muy baja, $\leq 20\%$ $v_{\max}$	60,20	68,00#	69,60#	67,80#
Baja, 21 - 50 % $v_{\max}$	34,30*	29,60#	28,10#	29,00#
Moderada, 51-80 % $v_{\max}$	5,30	2,30#	2,30#	3,00#
Alta, 81- 95 % $v_{\max}$	0,20	0,00	0,00	0,00
Muy alta, > 95 % $v_{\max}$	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: $v_{\max}$, velocidad máxima.

#Diferencias significativas para el grupo I ($p < 0,05$). * Diferencias significativas para el grupo II ($p < 0,05$).

3.3. COMPARACIÓN DE LAS VARIABLES CINEMÁTICAS EN PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS EN FUNCIÓN DEL RESULTADO.

En los apartados siguientes relativos a este objetivo, se analiza la distancia recorrida y los giros por los jugadores en los tres niveles, a nivel de punto, juego y set comparándolos en función del resultado, ganadores respecto a los perdedores. Por tanto, para cada uno de los tres niveles, siempre habrá 2 datos de la pareja ganadora y 2 datos de la pareja perdedora.

En primer lugar, se realizaron pruebas de normalidad para las muestras a comparar en los tres niveles (Tabla 19).

Tabla 19. Descriptivos y estadísticos de contraste de las variables cinemáticas en función del resultado por punto, juego y set (m).

VARIABLES	por set			por punto			por juego		
	Estadístico	gl	Sig.	Kolmogorov-Smirnov			Estadístico	gl	Sig.
				Estadístico	gl	Sig.			
<u>Ganadores</u>									
Velocidad angular	0,083	32	,200(*)	0,122	1598	0	0,071	252	0,004
Giros	0,17	32	0,019	0,179	1598	0	0,105	252	0,000
Distancia	0,146	32	0,081	0,163	1598	0	0,121	252	0,000
Velocidad media	0,083	32	,200(*)	0,04	1598	0	0,077	252	0,001
<u>Perdedores</u>									
Velocidad angular	0,077	32	,200(*)	0,173	1598	0	0,048	252	0,200
Giros	0,149	32	0,067	0,173	1598	0	0,152	252	0,000
Distancia	0,146	32	0,08	0,158	1598	0	0,152	252	0,000
Velocidad media	0,096	32	,200(*)	0,032	1598	0	0,066	252	0,009

3.3.1. Comparación de la distancia recorrida a nivel de punto, juego y set.

Como se puede observar en la Tabla 20, los jugadores perdedores realizaron significativamente mayores distancias en el punto ($Z = -3,92$; $p < 0,001$), pero no durante el juego ($Z = -1,76$; $p < 0,078$) ni en el set ($Z = -1,35$; $p < 0,186$).

La media de las duplas ganadoras en los tres niveles fue inferior respecto a las perdedoras, aunque durante los puntos adquirieron distancias máximas superiores. Estos máximos aumentan considerablemente más por las duplas perdedoras tanto por juego como por set, llegando a recorrer en éste último hasta 808 m frente a un máximo de 625 m por las duplas ganadoras. Al igual que en los descriptivos presentados al inicio de los resultados, los valores máximos por punto llegan hasta los 50 m en los puntos.

Tabla 20. Descriptivos y estadísticos de contraste de distancia recorrida en función del resultado por punto, juego y set (m).

VARIABLE	Ganadores					Perdedores					Estadísticos	
	M	DT	Max	Mn	IQR	M	DT	Mx	Mn	IQR	Z	p
Punto	6,24	6,34	53,34	4,38	7,11	6,55	6,54	50,55	4,47	7,22	-3,92	0,000
Juego	39,51	24,50	193,10	33,30	29,60	41,60	32,41	304,71	36,14	28,52	-1,76	0,078
Set	311,12	127,31	625,02	274,42	185,07	327,30	159,92	808,10	286,10	218,03	-1,35	0,186

3.3.2. Comparación del desplazamiento angular realizado por punto, juego y set.

En la Tabla 21 se detallan los estadísticos descriptivos de contraste para la variable giros en función del resultado por punto, juego y set. En dicha tabla, las duplas perdedoras realizan mayores distancias de forma significativa respecto a las ganadoras en todas las

unidades de juego, por punto ($Z = -4,87$; $p < 0,000$), por juego ($Z = -2,26$; $p < 0,024$) y por set ($Z = -1,52$; $p < 0,042$). Se observa además como de media por punto las duplas ganadoras promedian $2,00 \pm 2,17$ giros mientras que las perdedoras $2,19 \pm 2,32$ giros llegando ambas parejas a realizar en 15 y 20 giros máximos por punto. Las diferencias en los valores máximos en función del resultado son mayores durante los juegos a diferencia de lo que sucede en los puntos o durante los sets.

Tabla 21. Descriptivos y estadísticos de contraste de giros realizados en función del resultado por punto, juego y set (360°).

VARIABLE	Ganadores					Perdedores					Estadísticos	
	M	DT	Max	Mn	IQR	M	DT	Mx	Mn	IQR	Z	P
Giros												
Punto	2,00	2,17	15,87	1,28	2,43	2,19	2,32	17,42	1,38	2,58	-4,87	0,000
Juego	12,61	8,02	62,90	11,01	9,91	13,91	11,60	111,20	11,61	10,91	-2,26	0,024
Set	99,52	46,8	213,02	81,51	77,20	109,20	57,82	277,10	95,11	75,93	-1,52	0,042

3.3.3. Comparación de la intensidad de la carga entre ganadores y perdedores.

En este punto se procedió a comparar el promedio de velocidad lineal de cada punto en función del resultado del partido. Para ello, primero fue necesario realizar la prueba de normalidad de las muestras ganadoras y perdedoras con la variable velocidad de promedio (Tabla 22).

Tabla 22. Pruebas de normalidad en función del resultado.

Variable	Resultado	Kolgomorov-Smirnov		
		Estadístico	gl	p
Velocidad promedio	Ganadores	0,04	1598	<0,001
	Perdedores	0,032	1598	<0,001

Como la distribución no fue normal, se procedió a realizar pruebas no paramétricas, que se muestran en la Tabla 23, indicando los descriptivos y estadísticos de contraste de Wilcoxon. En dicha tabla, se observa que hubo diferencias significativas en la velocidad promedio entre los dos grupos ($Z = -5,10$; $p < 0,000$), con mayores valores para las duplas perdedoras, 0,54 frente a 0,52 m/s.

Tabla 23. Descriptivos y estadísticos de contraste del promedio de velocidad lineal en función del resultado (m/s).

Variable		M	Mn	DT	N	Suma rangos	Suma rangos	Z	p
						+	-		
Velocidad promedio	Ganadores	0,52	0,41	0,49	19267	365613249,50	344070725,50	-5,103	0,000
	Perdedores	0,54	0,43	0,50	18407				

Como se pudo determinar anteriormente, las duplas perdedoras realizaron un mayor número de giros en los tres niveles de variables (tanto por punto, juego y set) respecto a las duplas ganadoras. Pero además, como se puede observar en la Figura 15, los giros realizados por las duplas perdedoras fueron ejecutados a una velocidad significativamente mayor ($Z = -4,1$; $p < 0,001$), respecto las duplas ganadoras. Las duplas perdedoras promediaron

velocidades angulares de $5,48 \pm 6,50$ °/s, llegando a máximos de $59,11$ °/s, mientras que las duplas ganadoras promediaron velocidades angulares de $4,77 \pm 5,91$ °/s llegando a máximos de $67,42$ °/s.

Figura 15. Comparativa de velocidad angular por partido entre ganadores y perdedores (°/s).

En última instancia, en la Figura 16, se muestra los cambios de sentido de giro en función del resultado. Las duplas perdedoras, además de realizar un mayor número de giros y a mayor velocidad, realizaron significativamente mayores cambios de sentido de giro, tanto para los cambios positivos ($Z = -4,9$; $p < 0,001$), como para los cambios negativos ($Z = -5,4$; $p < 0,001$). Las duplas perdedoras realizaron un promedio de $14,71 \pm 13,61$ giros positivos mientras que las duplas ganadoras promediaron $13,92 \pm 13,02$ giros positivos. Respecto a los cambios en el sentido negativo, los jugadores perdedores promediaron $14,83 \pm 13,62$ giros mientras que los ganadores promediaron los mismos valores que en el sentido positivo $13,94 \pm 13,10$ giros.

Además de los cambios en el sentido de los giros, se procedió a calcular el tiempo que permanecen las parejas en estático observándose que hubo diferencias significativas entre ganadores y perdedores ($\chi^2_2 = 604,19$, $p < 0,001$, $V = 0,055$). De esta manera se comprobó que las duplas ganadoras permanecieron un mayor porcentaje de tiempo en estático (14,2%), respecto a las duplas perdedoras (10,2%) (Figura 16).

Figura 16. Comparativa de cambios de giro durante el partido entre ganadores y perdedores (360°).

4. Discusión

El pádel en silla de ruedas es una nueva y creciente disciplina deportiva adaptada que aún no ha sido analizada en lo que respecta a sus demandas cinemáticas o en cuanto al perfil de rendimiento de los jugadores. El presente trabajo de investigación, tuvo como objeto de estudio, analizar las demandas cinemáticas en pádel en silla de ruedas en competición, y así dar respuesta a las necesidades deportivas. De forma específica, se cuantificaron las variables cinemáticas de los jugadores y se compararon en función de la clasificación funcional y del resultado.

4.1. CUANTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CINEMÁTICAS DE LOS JUGADORES DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS EN COMPETICIÓN.

Según los datos obtenidos del presente trabajo y, atendiendo al primer objetivo específico, los jugadores de pádel en silla de ruedas recorrieron una media de 729,60 m por partido y 6,38 por punto en tiempo activo en competición. Estas distancias, se equiparan tanto por punto como por juego a las de tenis en silla de ruedas. Los jugadores de pádel en silla, durante el torneo analizado, también realizaron una media de 238,45 giros por partido y 2,10 giros por punto, en un tiempo medio efectivo de 19 min por partido y 9,9 s por punto. El tiempo efectivo corresponde por tanto un 42% del juego con una ratio de 1:4,15. El desarrollo del juego se realizó a una media de 0,53 m/s llegando a velocidades máximas de 3,46 m/s.

4.1.1. Cuantificación del volumen de carga, a través de la distancia recorrida de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.

Fue llamativo encontrar los valores más bajos respecto a la variabilidad de la distancia recorrida en la fase activa tanto en los datos por set (0,45), como por partido (0,51). Ésta

variabilidad aumentó tanto en los datos por juego (0,71), como por punto (1,00). Martínez-Gallego et al. (2013) ya sugirieron una gran variabilidad en el análisis por juego.

Así mismo, respecto a las proporciones de distancia recorrida durante la fase activa en las diferentes unidades de juego, los resultados indicaron que la distancia activa de cada juego era 6,3 veces superior a la recorrida en cada punto. Estas proporciones son similares a los estudios de pádel convencional de Ramón-Llin (2013) con 6,8 y en tenis, 6,2 puntos de media por juego (Comellas y Viñaspre, 2001). En lo que respecta al set, Almonacid (2011) obtuvo en pádel convencional 64 puntos por set, mientras que en tenis convencional, Comellas y López Viñaspre (2001) obtuvieron 62 puntos. De este modo, la relación distancia activa por set, estaría en torno a las 9 o 10 veces por juego, parecidas a las de Ramón-Llin (2013) con 8,9 en pádel convencional, y algo más bajas en este estudio con 7,9. En último lugar, los datos sobre distancia activa por partido fueron de 2,3 veces la distancia recorrida por set, casi idéntica a la señalada por Ramón-Llin (2013) en pádel convencional con 2,2 sets.

Respecto a los valores en tenis en silla por partido activo (Filipic y Filipic, 2009a), se observó cómo los datos se asemejan al de los jugadores del presente estudio. Sus datos de distancia son muy parecidos a los de este trabajo, (613,02 m por partido, 46,16 m por juego y 6,11 m por punto); mientras que en pádel en silla, son (729,6 m por partido, 319,2 m por set, 40,5 m por juego y 6,38 m por punto), superiores a los indicados también en pádel en silla por Navas et al. (2017) por partido (391,21 m) y similares durante el punto (6,21 m). Sin embargo en Navas et al. (2017), el partido no fue disputado (6/0 – 6/0), pudiendo afectar al computo final de metros recorridos entre los cuatro jugadores, de ahí la relevancia que obtienen los datos del presente estudio para una mayor objetividad de los valores medidos. Del mismo modo, mencionar que los datos tomados de Filipic y Filipic, (2009a) son en partidos individuales y no en dobles como en pádel en silla. Este dato es relevante, ya que en

tenis recorrerán más distancia al ser un solo jugador además del mayor espacio de juego por donde se desenvuelven. Si se atiende al espacio donde se desarrolla el juego de tenis, es decir, la mitad de la pista para un jugador, mide 11,855 m de largo por 8,23 m de ancho (juego de individuales), mientras que en pádel, los jugadores se desplazan en 10 m de largo por 10 m de ancho (mitad de pista). La razón por la que los jugadores de pádel en silla realizan casi los mismos metros siendo dos jugadores y en un campo más reducido, es debido a la estructura del juego en pádel. La diferencia, como posteriormente se ejemplificará, estriba en que la pelota al igual que en tenis en silla (Sánchez-Pay et al., 2015a), puede botar dos veces en el suelo pero además, en pádel se puede jugar con las paredes, rebotando en éstas confirmando un juego más continuo alargando el punto, y así recorriendo mayores distancias.

Los jugadores de pádel llegaron a realizar un valor máximo de 1456,60 m en la final del torneo. Estas distancias fueron consecuencia del nivel de disputa tan elevado entre ambas duplas alargando el tiempo de juego debido a la gran paridad entre los jugadores provocando que promediasen mayores distancias. De igual manera sucedió durante un partido de cuartos de final donde se registró un valor máximo de 53,40 m en una jugada. Estos datos además son relevantes de cara a planificar posteriores entrenamientos, ya que se arroja la posibilidad de promediar estas mismas distancias en futuros partidos. La situación contraria sucedió en aquellos partidos con una menor disputa, alcanzando valores mínimos de 297,62 m en un partido con un resultado contundente de 6-0/6-0 jugado a dos sets. Las duplas ganadoras ganan antes los puntos por las tres situaciones que pueden acometerse; bien sea por errores forzados o no forzados por parte de las duplas perdedoras, al igual que sucede en pádel convencional (Almonacid, 2011), o por golpes ganadores de las duplas favorables al resultado. En consecuencia, las distancias son menores al terminar antes los puntos, tal y como también sucede en squash (Hughes y Franks, 1994).

Las distancias mínimas por punto en muchas ocasiones son de 0 m consecuencia de que un jugador no se ha desplazado con su silla. La situación más habitual que llevan a este desenlace es principalmente, cuando un jugador al servicio realiza un saque y obtiene un golpe ganador directo, de ahí que exista la posibilidad de que no se desplacen o bien ninguno de los contrarios, el propio servidor, o el compañero del servidor, registrando en nuestro análisis, que ningún jugador se ha desplazado.

Comparando los datos de distancias de los jugadores de pádel en silla con otras disciplinas en silla de ruedas, se ha demostrado que los jugadores de baloncesto y rugby en silla de ruedas cubren distancias entre 3500 y 5000 m durante los partidos (Rhodes et al., 2015a; Sarro et al., 2010 y Bloxham, Bell, Bhambhani y Steadward, 2001). Aproximadamente durante el 28% de los partidos de baloncesto en silla, se realizan acciones de alta intensidad, con un 22% de la actividad por encima del umbral ventilatorio y un 50% en reposo (Bloxham, et al., 2001). Spörner et al. (2009) indicaron distancias de 2364 m en jugadores de rugby veteranos. Para Pérez et al. (2005) los jugadores en baloncesto en silla recorren 3680 m por partido y el mismo Spörner et al. (2009) también para baloncesto 2679 m por partido. En tenis en silla, Filipčić y Filipčić (2009a), revela que los jugadores de tenis recorren 613 m por partido (tiempo activo). Para Sindall et al. (2013a), los jugadores recorren (2816 m) por partido con GPS y (3952 m) con DL.

Se concluye por tanto que, respecto la variable desplazamiento, los jugadores de pádel en silla recorren menos distancias que las disciplinas anteriormente presentadas (729 m por partido). La razón principal pensamos que fue debido a la dimensión de la pista. Respecto a las otras disciplinas, la pista de pádel posee unas dimensiones mucho más reducidas lo que hace que los jugadores no tengan que desplazarse tanta distancia. Además, la posibilidad de poder jugar con el rebote de la pared, hace que puedan leer de antemano la posible salida de

pared de la pelota y no tengan que ir a por ella, desplazándose menos metros al contrario que en tenis. La literatura de trabajos previos, habla sobre la anticipación de los jugadores en los deportes de raqueta, para determinar donde se debe jugar un tiro antes de que haya sido golpeado (Martínez-Gallego et al., 2013). James y Bradley (2004), sostuvieron que gran parte del comportamiento anticipatorio visto en los estudios de los jugadores, en los movimientos en los deportes de raqueta, fueron consecuencia de la evaluación previa de los jugadores basadas en el conocimiento previo de la selección de tiro del contrincante. Los jugadores de pádel tanto convencional como adaptado, utilizan el juego de las paredes de la pista para poder crear tácticamente el juego que más les convenga, recorriendo por tanto menos metros que en otras disciplinas. En último lugar, los jugadores de pádel y tenis portan una raqueta lo que interfiere en sus movimientos recorriendo por ello menores distancias (Goosey-Tolfrey, 2010).

4.1.2. Cuantificación del volumen de carga, a través de los giros de cada jugador en cada unidad de juego en tiempo activo.

Respecto a los movimientos de rotación en los deportes en silla de ruedas, tienen un papel predominante para mejorar la movilidad de los jugadores (de Witte et al., 2016). En consecuencia, las técnicas para perfilar tanto el rendimiento lineal como rotacional son importantes para comprender los perfiles de movilidad específicos de cada deporte y así poder preinscribir intensidades de entrenamiento para igualar o superar las demandas del entorno de la competición (Paulson y Goosey-Tolfrey, 2017). Los jugadores de pádel en silla promedian 238,45 giros por partido, con valores máximos de 427,88 giros originados en un partido de cuartos de final del torneo. Se observa la relevancia que cobra adquirir unas habilidades técnicas apropiadas para realizar los giros dado los valores tan elevados que promedian los jugadores durante un partido. La causa de estos valores tan elevados es debido

a la estructura del campo de juego, ya que al existir la posibilidad de jugar con el rebote de las paredes, los jugadores deben estar continuamente girando para poder apreciar la trayectoria de la pelota y así poder restar una pelota en las mejores condiciones posibles. Por punto, el promedio establecido fue de 2,10 giros llegando a máximos de 15,17 giros en aquellas jugadas donde el tiempo sea más prolongado. Al igual que sucede con los desplazamiento lineales, en aquellos partidos de mayor duración, como los cuartos de final y la final, fue donde se promedió el mayor número de giros llegando a jugarse 3 sets en cada uno de ellos. Al alargarse todas las unidades de juego (punto, juego y set), el promedio de giros aumentó.

Por otro lado, cabe destacar la relevancia que cobran los giros, no solo a la hora de realizar un desplazamiento para ir hacia la pelota sino sin desplazarse propiamente dicho. Como se mencionó anteriormente, los jugadores llegan a realizar hasta un máximo de 427,88 giros por partido. En numerosas ocasiones, estos giros se realizan en el mismo sitio sin desplazarse linealmente. Haciendo un símil con el tenis a pie, estos giros equivaldrían al movimiento de “Split step”. Este movimiento es una acción de preactivación neuromuscular previa a la acción de reacción (Menayo, Fuentes, Luis y Moreno, 2004), que permite la consecución de la estabilidad necesaria en la posición de espera para poder iniciar con rapidez el movimiento en cualquier dirección (Groppel, 1993). Siguiendo a Fernández, Sanz y Méndez, (2012), el jugador realiza un pequeño salto antes de que el adversario golpee la pelota. Éste movimiento de pies, sería lo mismo a cuando un jugador de pádel realiza pequeños giros de un lado a otro con ambas manos en la silla, de ahí la importancia que adquiere el desarrollo de una adecuada y efectiva habilidad en la técnica de impulsión de la silla para los jugadores.

4.1.3. Cuantificación del volumen de carga, a través del tiempo activo de juego de cada jugador en cada unidad de juego.

La variabilidad en los datos de tiempo en la fase activa, coincide plenamente con los resultados de distancia. Es decir, los datos por partido (0,52) y set (0,44) son más bajos y parecidos, aumentando tanto en el juego (0,63), como en el punto (0,81). Estos datos hacen presumir que existe una mayor heterogeneidad en los valores de las variables juego y punto al tener datos más elevados que en el set y partido.

Si se compara el volumen de carga a través del tiempo (no activo) por partido en los deportes de raqueta, se observa que son muy similares según se ha indicado al inicio de este estudio (entre 60 y 70 min). Como se señaló en el apartado anterior, las características tanto de juego como del propio terreno de juego, hacen del pádel una disciplina muy dinámica donde el tiempo de juego es mayor que en las otras disciplinas homólogas de raqueta. Respecto al tiempo activo por set, se observa en pádel convencional (Almonacid, 2011), un tiempo activo de 16 min, el doble que este estudio. Así mismo sucede en los tiempos por juego, Sañudo et al. (2008) indica 71 s de duración por 62 s de este estudio, mayores que en tenis en silla por Filipcic y Filipcic (2009b) con 46 s. Por punto se observa también como en pádel los tiempos son mayores que el resto de disciplinas, Ramón-Llín (2013) indicó 10 s de duración media del punto al igual que este estudio, y casi mismos resultados que en bádminton (O'Donoghue y Liddle 1998) con 9 s de media. Los datos del presente estudio muestran que los valores por punto pueden llegar hasta los 54 s, lo que refuerza la evidencia del carácter intermitente del juego y la variabilidad en las cargas que se soportan en cada punto. Como se pudo observar anteriormente, además del aumento del volumen durante un punto (hasta un máximo de 53 m por punto), también varía la intensidad, por lo que los sistemas energéticos demandados serán el aeróbico y anaeróbico aláctico y láctico, con

especial incidencia sobre la potencia y la capacidad anaeróbica aláctica y sobre la potencia aeróbica. En cuanto al tiempo activo por partido, en pádel en silla posee los valores más elevados (19 min) en comparación a tenis en silla (Filipcic y Filipcic, 2009b; Sánchez-Pay et al., 2015a y Sánchez-Pay et al., 2015b) con 10, 12 y 12 min respectivamente. Al igual que sucedió con las variables distancia y giros, aquellos encuentros con un mayor nivel de disputa jugándose a 3 sets, fueron los que más tiempo promediaron incidiendo en la importancia nuevamente de planificar futuros entrenamientos para lograr mantener los esfuerzos de hasta un minuto de duración por jugada. En los partidos disputados los jugadores profesionales deben de adecuar sus entrenamientos en base a la estructura temporal arrojada en este estudio.

Comparándola con el resto de disciplinas adaptadas, existe una problemática al comparar pádel en silla con baloncesto y rugby en silla, debido a que éstos deportes se juegan incorporando un tiempo de juego con unos periodos de pausa establecidos por cada reglamento, tal y como sugiere Sarro et al. (2009). Mientras, en pádel y tenis en silla, el juego es continuo con los descansos entre puntos, juegos y sets (20, 90 y 120 segundos respectivamente). Por dicha razón, se procederá a realizar una comparativa entre deportes de raqueta. De cualquier modo, los partidos de tenis suelen ser más largos que los de baloncesto (Croft et al., 2010), ya que los jugadores permanecen durante más tiempo de forma activa (Sindall et al., 2013a).

Al realizar la comparativa con otras disciplinas de deportes de raqueta, se observa que tanto en tenis convencional, como en tenis y pádel en silla, los partidos rondan entre los 60 y 70 min totales de media (Fernández et al., 2009; Ramón-Llín, 2013; Sánchez-Pay et al., 2015a; Sánchez-Pay et al., 2015b y Roy et al., 2006). Respecto al tiempo por set, Vuckovic et al. (2005) señala que el tiempo ronda entre los 10-16 min mientras que Sánchez-Pay et al.

(2015b) señala 34 min pero de tiempo total. Almonacid, (2011) arroja el doble de tiempo activo que en este estudio, 16 min frente a 8 min en pádel en silla por set. Por juego los valores se aproximan entre este estudio con 62 s de media a los 46 s de Filipici y Filipcic (2009b) y los 71 s de Sañudo et al. (2008). Por punto los valores de los jugadores de pádel en silla son más elevados que el resto de estudios con 10 s de media frente a los 7 s en tenis silla (Sánchez-Pay et al., 2015a; Sánchez-Pay et al., 2015b; Sañudo et al., 2008), 6 s (Filipcic y Filipcic, 2009b), e iguales y parecidos al resto en tenis y pádel convencional (O'Donoghue y Liddle, 1998; Ramón-Llín, 2013). Por último, los datos de este estudio por partido activo son los más elevados con 19 min de media frente a los 12 min en tenis silla de Sánchez-Pay et al. (2015a); Sánchez-Pay et al. (2015b), y los 10 min de Filipcic y Filipcic (2009b).

4.1.4. Comparación de la densidad de carga, a través de la relación tiempo de trabajo y tiempo de descanso, de cada partido.

Bien es cierto que en los deportes de raqueta como tenis y pádel, tanto convencional como adaptado, el tiempo de descanso está establecido por normativa hasta un máximo de 20 s en ambas modalidades. Este hecho hace que la recuperación de los jugadores esté limitada por el reglamento.

Christmas, Richmon, Cable, Arthur y Hartman (1998) en un estudio en tenis con jugadores masculinos, indicaron que la ratio de trabajo : descanso era 1:1,7, mientras que Smeakal et al. (2001) arrojaron valores superiores 1:3,4. Estos valores eran parecidos a los indicados en pádel convencional por Ramón-Llín et al. (2012a) 1:2,5. Sin embargo, se encuentran resultados más bajos en Ramón-Llín, (2012) con 1:1,5, en Sañudo et al. (2008) con 1:0,79 s y en Almonacid (2011) 1:0,99 s. Los mayores valores de descanso en los primeros trabajos pueden indicar que hubo una mayor disputa entre los puntos debiendo por

ello tomar un mayor periodo de descanso. A la inversa, cuando los puntos no están tan disputados y los puntos acaban más rápido, la ratio trabajo - descanso se reduce.

En tenis en silla el tiempo de descanso aumenta como se observa en los trabajos de (Filipicic y Filipicic, 2009b; Roy et al., 2006) alcanzando ratios de 1:4. Sánchez-Pay et al. (2015b) también arrojaron datos similares, indicando ratios de 1:4,12 (Sánchez-Pay et al., 2015a), y 1,46 al igual que Bernardi et al. (2010) con una ratio : descanso de trabajo de 1:5. En este estudio, tal y como se detalló en el apartado de resultados, se obtuvieron una ratio de 1:4,15, igual a las descritas en tenis en silla de ruedas. Estos datos sugieren y arrojan a la vez, las similitudes entre estas dos disciplinas tal y como se observa en los distintos puntos en el transcurso de este trabajo de investigación.

En silla de ruedas, los tiempos de descanso son mayores tanto en tenis como en pádel convencional, posiblemente debido a que determinados jugadores en función del tipo de discapacidad que sufran, conlleven unos determinados detrimentos respecto a las personas sin discapacidad que les genere una mayor fatiga y así una mayor recuperación. Por ejemplo, atletas con lesión medular poseen una menor capacidad aeróbica y anaeróbica, dependiendo del tipo de nivel de lesión en la columna, se verá más o menos afectado en función de sus grupos musculares para su rendimiento físico; la redistribución de sangre durante el ejercicio en sujetos con lesión en la médula espinal se ve afectada debido a la vasoconstricción simpática en el tejido inactivo por debajo del nivel de la lesión (Paulson y Goosey-Tolfrey, 2017).

En definitiva, el conocimiento de la estructura temporal en pádel en silla durante la competición, permitirá diseñar tareas acordes a la misma, tomando en consideración algunos de los aspectos importantes de la preparación física (duración de los ejercicios, tiempos de descanso, número de series y repeticiones, etc.).

4.1.5. Cuantificación de la intensidad de la carga, a través del promedio de velocidad de cada jugador por partido.

Los datos de este estudio revelaron que los jugadores de pádel en silla promedian los valores más bajos de velocidad $0,53 \pm 0,48$ m/s en comparación con el resto de disciplinas en silla de ruedas. Los jugadores de tenis en silla promedian velocidades más elevadas ($0,93 \pm 0,21$; $0,99 \pm 0,20$ m/s) (Filipcic y Filipcic, 2009a; Sindall et al., 2013a), y comparando por niveles, ($1,14 \pm 0,16$; $0,84 \pm 0,10$ m/s) a favor de los de mayor nivel (Sindall et al., 2013a). Navas et al. (2017) en un estudio piloto, promediaron velocidades de $0,61 \pm 0,29$ m/s, sin embargo, este dato hay que tomarlo con cautela dado el resultado tan significativo de la dupla ganadora (6/0 – 6/0). En este sentido la dupla perdedora promedió velocidades más elevadas influyendo en el promedio final de los cuatro jugadores en dicho partido. Los promedios aumentan tanto en rugby en silla, ($1,33 \pm 0,25$ m/s; $1,14 \pm 0,21$ m/s; $1,17 \pm 0,14$ m/s) (Spornier et al., 2009; Sarro., Misuta, Burkett, Malone y Barros, 2010; Rhodes et al., 2015a), como en baloncesto en silla con los valores más altos, ($1,6 \pm 1,1$ m/s; $1,48 \pm 0,13$ m/s; $1,57$ m/s; $1,37$ m/s) (Pérez et al., 2005; Spornier et al., 2009; Van der Slikke et al., 2016; Van der Slikke et al., 2017).

Las causas de que los jugadores de pádel en silla promediaron los valores más bajos pueden ser, las menores dimensiones de la propia pista de pádel, y que al igual que sucede en tenis en silla, los jugadores portaron una raqueta mientras se desplazaban, reduciendo la velocidad promedio, tal y como se ha reportado en estudios previos (Goosey-Tolfrey y Moss, 2005). Dado que la propulsión en la silla es una tarea bimanual (de Groot, Bos, Koopman, Hoekstra, y Vegter, 2017), portar una raqueta en pádel en silla afecta en su técnica de propulsión, así también en la velocidad. La potencia entre una y otra mano durante la propulsión es distinta aunque en promedio son similares (Vegter, Lamoth, de Groot, Veeger, y

van der Woude, 2013). Agregar una raqueta unilateralmente al sistema bimanual, altera la masa del lado dominante, haciendo el agarre más difícil (de Groot et al., 2017) afectando a la velocidad final. Respecto a la velocidad máxima, según estos autores, los jugadores de tenis en silla comienzan a alcanzar velocidades máximas a partir del tercer empujón de la silla a diferencia de los jugadores de baloncesto en silla que obtienen mayores velocidades máximas en el primer empujón. Estos datos son de especial interés para los entrenadores, sobre todo en pádel en silla para orientar la técnica de impulsión de la silla desde el primer empujón, ya que es difícil alcanzar mayores velocidades debido a las menores dimensiones de la pista. Sin embargo, durante el torneo de esta investigación, un jugador del nivel de clasificación III alcanzó una velocidad máxima de 3,46 m/s, muy parecida a tenis en silla, aunque se puede afirmar que se alcanzó en muy pocas ocasiones y principalmente al desplazarse hacia la zona ofensiva (cerca de la red), como consecuencia de una “dejada” de un contrario. Los jugadores de pádel en silla, al igual que en tenis silla, dependen de un alto coeficiente de fricción entre su raqueta y el aro de la silla, debido a la pérdida de agarre (Goosey-Tolfrey y Moss, 2005), sumado a la fricción que se produce entre las ruedas de la silla respecto la superficie del césped de la pista de pádel, tal y como se ha evidenciado en estudios previos en silla de ruedas (Koontz et al., 2002; Churton y Keogh, 2013), provocando por ello una reducción en las velocidades medias de los jugadores de pádel. Por eso, tal y como mencionan Goosey-Tolfrey y Moss (2005), es interesante realizar ejercicios previos durante los entrenamientos portando la raqueta para posteriormente tener una transferencia positiva en competición.

Comparando los datos de velocidad con otros deportes en silla de ruedas, los jugadores de pádel alcanzaron los valores más bajos respecto a sus homólogos en silla. En baloncesto en silla los valores son los más elevados con 1,6 m/s de velocidad promedio y 5,5 m/s de velocidad máxima (Pérez et al, 2005) y 1,48 m/s (Spörner et al., 2009). En rugby en silla, los jugadores de Spörner et al. (2009) promediaron 1,33 m/s, mientras que Sarro et al.

(2010) y Rhodes et al. (2015a) indicaron valores más bajos, 1,14 m/s y 1,17 m/s con 3,82 m/s de velocidad máxima respectivamente. En tenis silla, Filipcic y Filipcic, (2009a) indicaron promedios 0,93 m/s en tiempo activo por partido con velocidades máximas de 3,29 m/s (rango 2,46 – 5 m/s). Sindall et al. (2013a) señalaron valores medios de 0,99 m/s por partido con velocidades promedio máximas de 2,90 m/s (rango 2,40 – 3,18 m/s). Los mismos autores en otro estudio, (Sindall et al., 2013b) aportaron valores con dos dispositivos, con un GPS adquiriendo valores promedio de 0,7 m/s con 3,4 m/s de máxima y, con otro dispositivo (DL), aportando valores promedio por partido de 1,00 m/s con 3,1 m/s de velocidad máxima. En este estudio se promediaron valores de 0,53 m/s durante todo el torneo llegando un jugador a alcanzar 3,46 m/s de velocidad máxima.

Varias son las posibles razones por las que los jugadores de pádel en silla adquieren menores valores que el resto de disciplinas en la velocidad promedio. Como se apuntó en el anterior apartado sobre las distancias recorridas, los jugadores al no poder moverse por un espacio muy grande, permanecen casi todo el tiempo a menores velocidades. Otra razón, al igual que sucede en tenis en silla, es que los jugadores portan una raqueta mientras se desplazan dificultando de este modo la técnica de impulsión sobre la silla reduciendo la velocidad como así han demostrado diversos estudios (de Groot et al., 2017, Diaper y Goosey-Tolfrey, 2009; Goosey-Tolfrey y Moss, 2005; Goosey-Tolfrey, 2010). Estos resultados mostraron claramente los efectos negativos de propulsar la silla de ruedas mientras se sujeta una raqueta tanto en la técnica de propulsión como en la velocidad, a diferencia de otras disciplinas como baloncesto o rugby en silla donde no portan raqueta. Además, la fricción que ejerce el césped de la pista de pádel respecto las ruedas de los jugadores, causa que las velocidades promedio sean inferiores respecto al resto de disciplinas investigadas, como el baloncesto o rugby donde la superficie suele ser de madera (Koontz et al., 2002; Churton y Keogh, 2013). La razón por la que los jugadores de pádel adquieren grandes

velocidades máximas es debido a que, aunque la mayoría del tiempo los jugadores permanecen en zonas de baja velocidad, en momentos muy puntuales realizan acciones explosivas para por ejemplo llegar a por una pelota tras una dejada del contrario. Por otro lado, tanto los jugadores de tenis silla como los de pádel silla no tienen la influencia de un contacto físico de sus oponentes como así sucede en rugby y baloncesto en silla, donde constantemente los jugadores se cortan la trayectoria o bloquean a sus adversarios influyendo de esta manera en la velocidad máxima en algunas situaciones. Al igual que sucede en pádel silla, en tenis en silla cobra una mayor importancia el rendimiento de la movilidad de la silla más que la aceleración, al contrario que sucede en baloncesto y rugby en silla, por las causas mencionadas anteriormente, tal y como se indica en estudios previos (Mason et al., 2010).

4.2. PERFIL DE RENDIMIENTO DE LOS JUGADORES DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS EN FUNCIÓN DE SU CLASIFICACIÓN FUNCIONAL.

Atendiendo al objetivo específico número dos de la presente investigación, los datos revelaron que a pesar de que casi todas las variables cinemáticas, salvo la velocidad máxima, tuvieron influencia significativa sobre el rendimiento de los jugadores, no hubo una relación positiva entre dichas variables y la clasificación funcional. A medida que aumenta los grupos funcionales (I al IV), no se observa un aumento en los valores cinemáticos como si sucede en otras disciplinas deportivas adaptadas. Con la creación de las zonas arbitrarias de velocidad, se estableció el tiempo que permanecieron los jugadores en competición, mostrando que los jugadores de pádel en silla de ruedas permanecen un 66% del tiempo en zonas de muy baja velocidad, un 30% en bajas y apenas un 3% en zonas moderadas.

4.2.1. Comparación de las demandas cinemáticas en función de la clasificación funcional.

En los datos de este estudio, no está estrechamente relacionado el aumento del nivel de clasificación con las variables estudiadas, a pesar de que existan diferencias significativas tanto en la distancia recorrida, giros y la mediana de la velocidad. Se cree que hay otras variables que influyen más directamente.

Tanto la variable distancia como los giros de la silla, adquieren sus máximos valores en los jugadores del grupo funcional IV seguido del grupo I, II y III respectivamente. La razón probablemente es que los jugadores del grupo IV son los que menos experiencia tienen en la práctica de pádel en silla, así como son los que menos años en silla llevan en su vida diaria. Esto les obligó a recorrer mayores distancias y realizar más giros siguiendo la trayectoria de la pelota de los contrarios debido a su menor maniobrabilidad con la silla. Al

igual que puede suceder con nuestros jugadores menos experimentados, estudios previos en squash (Hughes y Franks, 1994), revelaron que los jugadores convencionales intermedios recorren mayores distancias que los más expertos, ya que estos utilizan su estrategia para mover al rival. Del mismo modo, los jugadores más experimentados en pádel silla, tendrán más capacidad de finalizar sus puntos con golpes ganadores, acortando la duración de sus puntos tal y como sucede en pádel convencional (Ramón-Llín, 2013). Los jugadores menos experimentados al no poder terminar sus puntos tan rápidamente, tendrán que recorrer mayores distancias.

Respecto a la velocidad por punto, los mayores valores en la mediana fueron registrados por los jugadores del grupo II ($0,43 \pm 0,66$ m/s), los cuales curiosamente son los que tienen un mayor ranking de puntos, mayor experiencia deportiva en silla y más años llevan en silla diaria respecto al resto de grupos. Los valores más bajos son los reportados por el grupo funcional III con peor ranking, al igual que se ha comprobado en tenis en silla (Filipic y Filipic, 2009a). Por otro lado, respecto a los valores de velocidad máxima, son los grupos de mayor nivel funcional los que promedian mayores velocidades máximas, tal y como sucede en rugby (Rhodes et al. 2015a), baloncesto (Vanlandewijck et al. 2004) y tenis en silla (Sindall et al., 2013a), aunque no hubo una influencia positiva entre la velocidad máxima y el nivel de clasificación funcional. Particularmente, respecto a que los jugadores con un mayor nivel funcional adquieran mayores valores en la velocidad, podría ser atribuido a la función superior del tronco, la cual desempeña un importante rol en el desarrollo de la potencia anaeróbica así como la capacidad de generar velocidades máximas (Rhodes et al. 2015a; Goosey-Tolfrey y Moss, 2005), en detrimento de los jugadores de los grupos I y II. Existe evidencia de que los atletas con una menor masa muscular en el tronco y en las extremidades superiores ven mermado su rendimiento deportivo (Woude, Baker, Elkhuisen, Veeger y Gwinn, 1998). La evidencia de las pruebas anaeróbicas de ergometría en silla de

ruedas ha demostrado que las variaciones en la discapacidad y el grado de estabilidad del tronco influyen en la producción de potencia (Bhambhani, 2002; Janssen, Dallmeijer, Veeger y Woude, 2002) y en la velocidad (Doyle et al., 2004).

4.2.2. Creación de zonas arbitrarias de velocidad en función de su clasificación funcional.

La clasificación propuesta por Venter et al. (2011) y Cahill et al. (2013) para especificar el esfuerzo en las distintas zonas de velocidad, sobre los jugadores de pádel en silla de ruedas, fueron llevados a cabo en función de la media sobre las velocidades máximas de cada jugador dentro de su grupo funcional. Estos valores, no tuvieron una relación positiva según aumentaba el nivel de clasificación funcional de los jugadores. Ello es debido, a que no está estrechamente relacionado que en pádel en silla de ruedas, los jugadores que posean un mayor nivel funcional en su clasificación, promedien velocidades superiores a los de un menor grupo funcional. Encontramos características más relevantes para promediar valores más elevados, como por ejemplo en la velocidad recorrida, como son tanto los años de experiencia deportiva en silla de ruedas, como los años en silla de ruedas diariamente. Un jugador que lleve pocos años en silla de ruedas, a pesar de que tenga un nivel de clasificación funcional alto (dadas sus características funcionales determinadas por el comité médico de la federación), no tendrá una gran habilidad para impulsarse con su silla, afectando negativamente en la velocidad alcanzada. No obstante, tal y como se mencionó anteriormente, los jugadores con mayor grupo funcional consiguieron los valores más elevados tal y como sucede en las otras disciplinas adaptadas atribuido a la función superior del tronco.

Así mismo, todos los valores en las cinco zonas de intensidad propuesta para los jugadores de pádel en silla, son inferiores a los establecidos en rugby en silla (Rhodes et al.,

2015a). Es previsible ya que en rugby en silla adquieren mayores valores principalmente por las mayores dimensiones de la pista, por la propia superficie de madera donde las ruedas deslizan mejor y, porque los jugadores no portan una pala continuamente en sus manos no interfiriendo en la técnica de impulsión. Si existe una relación positiva al contrario que en pádel en silla, a medida que aumenta su clasificación funcional, aumentan los valores en sus velocidades.

En tenis en silla de ruedas, Sindall et al. (2014), establecieron una clasificación diferente para medir el perfil de velocidad de sus jugadores en base a otras investigaciones (Sindall et al., 2013a; Sindall et al., 2013b). Estas zonas de velocidad fueron determinadas de forma incremental en rangos de 0,5 m/s comparándose los valores por ranking (alto /bajo), sexo (hombres / mujeres) y modalidad (individual / dobles). Al igual que sucede en rugby en silla y al contrario que los datos de nuestro estudio, los jugadores de mayor ranking obtienen mayores velocidades respecto los de menor ranking. Además, los jugadores en la modalidad de dobles, consiguen mayores velocidades respecto la modalidad individual. Es probable pensar, que en las modalidades de doble de tenis en silla y pádel en silla, se consigan valores más elevados en las velocidades debido a que economizan mejor sus esfuerzos al repartirse el esfuerzo de la dupla.

4.2.3. Tiempo empleado en las zonas arbitrarias de velocidad en función de la clasificación funcional.

En el presente estudio, el juego de pádel silla se realizó a bajas velocidades, permaneciendo un 66% del tiempo (tiempo activo), en zonas de muy baja velocidad, valores más bajos que en rugby silla con un 75% en ésta zona (Rhodes et al., 2015a), y un 30% en zonas de baja velocidad, independientemente de la clasificación funcional de los jugadores. Las diferencias solo se observaron en los jugadores del grupo I que pasaron menos tiempo en

zonas de muy baja velocidad y más en zonas de baja y moderada velocidad. Estos valores sugieren, que los jugadores del grupo I (menor capacidad funcional) deben de estar en continuo movimiento debido a una peor maniobrabilidad al desplazarse con la silla, para de este modo poder llegar a responder la pelota de los contrarios en las mejores condiciones posibles. Esta estrategia puede ser corroborada al igual que sucede en squash, donde los jugadores más expertos tienen como estrategia mover al rival (Hughes y Franks, 1994), estando éstos, en continuo movimiento para conseguir las condiciones más óptimas para responder a sus contrarios. En rugby silla, los jugadores de menor clasificación funcional al contrario que este estudio, pasan más tiempo en zonas de muy baja y baja velocidad. Sin embargo, la estructura del juego es distinta ya que intervienen más jugadores al contrario que en pádel silla. De este modo, los jugadores de rugby silla de menor clasificación funcional ocupan puestos específicos defensivos permaneciendo más tiempo a bajas velocidades.

Para todos los jugadores de pádel en silla de ruedas, el tiempo que permanecen en zonas de alta y muy alta velocidad es mínimo, tal y como sucede en rugby silla (Rhodes et al., 2015a) y en tenis silla (Sindall et al., 2014). Esto posiblemente pueda explicarse por la incapacidad de mantener durante un largo periodo de tiempo intensidades altas debido a una menor producción de potencia anaeróbica por la función del tronco de estos atletas.

4.3. COMPARACIÓN EN LAS VARIABLES CINEMÁTICAS EN PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS EN FUNCIÓN DEL RESULTADO.

Respecto al último objetivo específico, los datos de la investigación revelaron que las duplas perdedoras realizaron de forma significativa mayores distancias por punto y a mayor velocidad que las ganadoras. Del mismo modo, realizaron más giros y todo ello a una velocidad angular más elevada para así conseguir llegar a la pelota en óptimas condiciones. Por último, las duplas ganadoras permanecieron durante más tiempo de forma estática respecto las perdedoras, siguiendo la táctica de mover al rival obteniendo por ello una mayor fatiga en sus contrincantes.

4.3.1. Comparación de la distancia recorrida a nivel de punto, juego y set.

Se encontraron diferencias significativas en función del resultado, siendo los jugadores perdedores los que más distancia recorrieron por punto, no sucediendo lo mismo ni por juego ni por set, debido quizás a un menor número de registros de medida. Tal y como se mencionó anteriormente en la revisión bibliográfica, como indicaban Vučković y James (2010), las diferencias en función del resultado aparecen al aumentar la muestra analizando por punto y no por partido. Estas diferencias en distancia recorrida pueden relacionarse con el mayor éxito de las estrategias de mover al oponente, al igual que pasó en un estudio de Hughes y Franks (1994) en squash. En Navas et al. (2017), la dupla perdedora también recorrió una mayor distancia por punto (7,07 frente a 5,04 m). Lógicamente, el recorrer mayores distancias por parte de las duplas perdedoras, puede derivar en un menor rendimiento físico, no pudiendo llegar en muchas ocasiones en las condiciones óptimas para golpear la pelota, además del consecuente gasto energético que conlleva impulsar la silla durante más metros.

Se pudo observar que aunque las duplas perdedoras recorrieron mayores distancias tanto por juego como por set, no hubo diferencias significativas, existiendo una tendencia en el juego pero por el contrario no durante el set. Posiblemente sea debido a la muestra de tan solo 7 partidos. Además, cabe reseñar que fueron las duplas ganadoras quienes llegaron a un máximo superior durante el punto con 53,34 m frente a 50,55 m por parte de las perdedoras. Sin embargo durante el juego y set, los máximos fueron mayores para las duplas perdedoras donde casi recorrieron 200 m más por set. Si estos datos se transfieren a un partido donde se jueguen 3 sets, naturalmente afectaría en detrimento sobre aquellas duplas perdedoras. Por ello, cabe pensar que sea razonable que pasen más tiempo parados frente a los ganadores ya que al recorrer mayores distancias debieran permanecer más tiempo parados para poder recuperar mejor, como se mencionará en el punto 4.3.3.

4.3.2. Comparación del desplazamiento angular realizados por punto, juego y set.

Al contrario que van der Slikke et al. (2016), los valores de los jugadores ganadores de pádel en silla fueron superiores tanto por punto, juego y set. Sin embargo, hay que diferenciar la dinámica de los dos deportes. En baloncesto y rugby en silla, hay muchas acciones donde el objetivo de ciertos jugadores es interponerse delante de un oponente para no dejarle avanzar hacia zonas más ofensivas, de ahí que exista mucha variabilidad tanto en los puestos específicos de estos jugadores con los de pádel en silla, donde la dinámica de juego es totalmente distinta. De Witte et al. (2016), sin embargo, describen que los jugadores de baloncesto en silla de categoría nacional de su estudio, con peores habilidades de movimiento, realizaron menos movimientos rotacionales a la vez que sus giros fueron más cortos respecto los jugadores de categoría internacional. Siguiendo ésta línea, los jugadores perdedores de este estudio, en principio tendrían menor capacidad de movimiento con sus sillas obteniendo un resultado desfavorable. Es probable que en pádel en silla, los jugadores

ganadores intenten mover a sus rivales para crear mayores espacios y así una situación más favorable para la consecución de un punto ganador o un error forzado por parte de los contrarios.

Los datos de los diferentes estudios que analizan los movimientos de rotación en silla de ruedas (de Witte et al., 2016; van der Slikke., 2016; van der Slikke., 2017), sugieren que dichos movimientos son importantes para mejorar la movilidad, por tanto, el rendimiento del juego. Los jugadores suelen realizar movimientos de rotación para prepararse al recibir un balón o pelota, o más específicamente en baloncesto y rugby en silla, para eludir a un oponente y obtener una posición libre de marcaje (de Witte et al., 2016). Según éste último estudio, la fuerza más efectiva para realizar un movimiento de rotación es ejercer fuerza sobre los aros de la silla con las dos manos, siendo al mismo tiempo más efectiva para realizar un cambio de movimiento.

En última instancia, comparando los datos de estudio respecto a tenis en silla, pensamos que en pádel en silla se realizarán más cantidad de giros debido a las menores dimensiones de la pista, y por la posibilidad dada de jugar con los rebotes de las paredes. Van der Slikke et al. (2017), comprobaron que se registraron más movimientos de rotación en aquellas situaciones donde reducían las dimensiones de la pista de baloncesto, de igual forma sucederá en la disciplina estudiada en esta investigación.

No se ha evidenciado más análisis en los movimientos de rotación en la literatura internacional debido a la ausencia de estudios que comparen ésta variable en función del resultado, y más específicamente en deportes de raqueta para poder compararlos con el presente estudio. Sin embargo esta variable adquiere un papel muy relevante en los deportes en silla de ruedas, ya que estos movimientos ayudan en la movilidad de los jugadores, previo

paso para una eficaz colocación al impactar la pelota en los deportes de raqueta como tenis o pádel.

4.3.3. Comparación de la intensidad de la carga entre ganadores y perdedores.

Los datos en pádel en silla revelaron que no hubo diferencias significativas en función del resultado en la variable velocidad promedio, siendo los jugadores perdedores quienes promediaron valores más altos respecto a los ganadores (0,54 frente a 0,52 m/s), puesto que son los que mayores distancias recorrieron. Lo mismo ocurrió en otro estudio en pádel en silla (Navas et al., 2017), con valores de $0,69 \pm 0,32$ m/s por parte de la dupla perdedora mientras que la dupla ganadora obtuvo un promedio de $0,56 \pm 0,25$ m/s. Estos valores contrastan con Ramon-Llin y Guzmán (2012) para los jugadores de nivel bajo que compararon, con promedios más altos a favor de los ganadores (1,05 frente a 1,1 m/s respectivamente). Sin embargo, en tenis en silla, Filipcic y Filipcic, (2009a) no encontraron estas diferencias, siendo los ganadores quienes promediaron velocidades más altas ($0,98 \pm 0,23$ vs $0,87 \pm 0,17$ m/s). Estos valores hacen creer que al igual que ocurría en la distancia y tal y como mencionaban Hughes y Franks (1994), los ganadores utilizaron la estrategia de mover al rival para conseguir un éxito mayor, debiendo desplazarse las duplas perdedoras más rápido para llegar en unas óptimas condiciones y así dar respuesta a su devolución.

Los jugadores perdedores además de realizar más giros en los tres niveles anteriormente descritos, también promedian velocidades angulares superiores al realizar estos giros, 5,48 frente a 4,77 °/s. Es razonable pensar que si realizan más giros deberán de hacerlo a una mayor velocidad para responder más rápidamente a las exigencias de los contrarios. Estos valores marcan la mayor intensidad que las duplas ganadoras exigen a las perdedoras, a la vez que corroboran los mayores valores encontrados en las distancias recorridas por las duplas perdedoras. Van der Slikke et al. (2016), no relacionaron la velocidad de rotación

entre ganadores y perdedores, pero si comprobaron que los jugadores de baloncesto en silla con puntuación más alta en sus clasificaciones funcionales, promediaron velocidades de rotación más elevadas.

Por último, los resultados del estudio de los jugadores de pádel en silla, revelaron que las duplas ganadoras permanecen durante más tiempo en posición de parado respecto a las duplas perdedoras. Las duplas perdedoras recorren más metros, un mayor número de giros y a mayor velocidad, y además, se encuentran menos tiempo parados (un 10,2% frente a un 14,2% de los ganadores). Probablemente, los ganadores en pádel en silla obtengan mejores resultados en cuanto a la habilidad técnica en la propulsión de la silla de ruedas que sus oponentes perdedores. Esto significa que pasarán más tiempo parados y menos tiempo girando tanto para un lado como para el otro, ya que posiblemente utilizaron la estrategia de mover al rival tal y como se menciona en estudios previos (Hughes y Franks 1994). A diferencia del tenis en silla donde los movimientos que predominan son aquellos en dirección hacia delante para cubrir una mayor distancia obteniendo una situación ventajosa para alcanzar la pelota para los jugadores ganadores (Sindall et al., 2013a), en pádel en silla existen más cambios de sentido de giros y de movimientos debido a la estructura del juego, por los rebotes de la pelota con las paredes, siendo más ventajoso conseguir una posición más estable consiguiendo con ello una situación tácticamente más eficaz realizando un menor número de cambios de sentido de giro. Los resultados de nuestro estudio en cuanto al porcentaje de tiempo tanto parado como en movimiento, son los mismos a los de Witte et al. (2016), ya que en su estudio los jugadores de nivel internacional (ganadores) permanecieron más tiempo en posición estática (5%) respecto los jugadores menos experimentados nacionales (perdedores) (2%). Estos resultados probablemente sugieren que los jugadores internacionales son más efectivos en la propulsión de su silla de ruedas

consiguiendo posteriormente situaciones de mayor estabilidad al quedarse más tiempo en posición estática.

5. Conclusiones

En el punto 1.4.1 algunas hipótesis fueron planteadas en relación al estudio previo de la literatura presentada. Estas hipótesis se revisan a la luz de los resultados obtenidos en la presente investigación:

Hipótesis 1: Las demandas cinemáticas en pádel en silla de ruedas tendrán valores inferiores a otras disciplinas deportivas en silla de ruedas.

Los resultados muestran que en comparación con otras disciplinas deportivas adaptadas, los jugadores de pádel en silla de ruedas, presentan valores inferiores sobre las variables cinemáticas estudiadas, principalmente debido a las dimensiones reducidas de la pista de pádel, añadido a que portan una raqueta.

Hipótesis 2: Los jugadores con una clasificación funcional más alta, obtendrán valores cinemáticos superiores que aquellos que tengan un nivel de clasificación funcional menor.

La clasificación funcional tuvo una gran influencia en las variables de rendimiento estudiadas, sin embargo, no se observó una relación entre un mayor nivel de clasificación funcional y mayores valores en las variables cinemáticas. El ranking de los jugadores, la experiencia deportiva en silla de ruedas, y los años en silla de ruedas en su vida diaria, se presentan como factores más determinantes de rendimiento, en vez de la clasificación funcional.

Hipótesis 3: Los jugadores con un resultado desfavorable obtendrán valores más elevados sobre las demandas cinemáticas.

Las duplas perdedoras presentaron mayores valores en las variables cinemáticas estudiadas, debido a la posible utilización de la estrategia de mover a sus rivales por parte de

las duplas ganadoras. En este sentido los jugadores ganadores en pádel en silla, permanecen más tiempo parados, lo que les confiere tácticamente mayor posibilidad para llegar a la pelota y en mejores condiciones respecto las duplas perdedoras, que permanecen más tiempo en movimiento por la pista.

6. Aplicaciones Prácticas

La evaluación del rendimiento de la movilidad es un requisito fundamental para los entrenadores, como por ejemplo el desarrollo de planes de formación, trabajo, discutir y mejorar el nivel de rendimiento de los deportistas, detectar fortalezas y debilidades del rendimiento de la movilidad y desarrollar configuraciones óptimas que se puedan llevar a cabo en la silla de ruedas. El uso de la observación sistemática y / o tecnológica a través de la visualización de imágenes de vídeos durante los partidos, puede proporcionar información útil para evaluar dicha movilidad.

Los datos de este estudio, son los primeros a nivel científico que evidencian las demandas de los jugadores de pádel en silla de ruedas. Debido al aumento de participantes en esta nueva modalidad, así como el número de licencias y de torneos a nivel nacional, es imprescindible estudiar y cuantificar el perfil de rendimiento de los jugadores. Para facilitar la creación y desarrollo de programas que capaciten el rendimiento en pádel en silla, se requiere una mayor comprensión de las demandas del juego para mejorar los principios clave sobre el rendimiento como son la especificidad y la individualización de cada jugador. Los datos extraídos del presente estudio sugieren programas de entrenamiento específicos para cada jugador y no en función del grupo funcional, ya que dentro de un grupo funcional existe una gran diversidad y especificidad de jugadores. Se deben crear programas relacionados con el volumen de actividad diseñados para obtener unos volúmenes de demandas aeróbicas suficientes para hacer frente a distancias de hasta 1500 m y 30 min por partido y, combinadas con demandas anaeróbicas requeridas de 6 m y 10 s por punto. Del mismo modo, los movimientos de rotación se presentan como una variable de gran relevancia dada las características estructurales del pádel en silla por la posibilidad del juego con las paredes. Las técnicas para perfilar dichos movimientos son importantes para comprender los perfiles de movilidad del jugador-silla. Estas técnicas tanto para perfilar movimientos rotacionales como

lineales, deben orientarse portando la pala para adecuar y transferir las habilidades y movimientos posteriormente a la propia competición.

La implicación práctica de los resultados presentados en esta investigación, implica que los jugadores de pádel en silla de ruedas deben enfocarse en las habilidades técnicas del manejo de la silla, como la técnica de impulsión con dos manos, lo que conlleva la adaptación a una correcta técnica portando la pala en la mano, y así como enfocar el entrenamiento en los movimientos de rotación, optimizando la configuración de la silla de ruedas con el propio jugador. Del mismo modo puede ser interesante para optimizar la propulsión de la silla, mejorar el acoplamiento de la mano con la raqueta, ya sea en el grip de la raqueta o en el de la llanta de la rueda. Estos cambios no solo afectarían en la propulsión, sino en la forma en que la pelota podría golpear, tal y como se ha demostrado en tenis en silla (de Groot et al., 2017). Dicho aumento de agarre en el grip de la raqueta, puede influir positivamente para evitar lesiones (Rossi, Vigouroux, Barla, y Berton, 2014), beneficiando tanto en el rendimiento como evitando lesiones.

Una vez vistas las aplicaciones que pueden tener los datos aportados en el presente trabajo para la planificación del entrenamiento, se expone un modelo de batería de ejercicios que puedan ser llevados a cabo tanto por entrenadores como por los propios jugadores. Los ejercicios a continuación expuestos son pensados para jugadores diestros, en caso de un jugador zurdo se alternan las posiciones.

EJERCICIO 1.Entrenamiento de carga específica**OBJETIVOS:**

- Físico: Desarrollar la resistencia específica de pádel en silla de ruedas.
- Táctico: Trabajar lectura de pelota para decidir jugar con o sin pared en situación defensiva.

DESCRIPCIÓN: El profesor envía al alumno secuencias de 4 pelotas seguidas a ambos lados del jugador, de manera que recorra 2 m laterales entre golpe y golpe. En función de la posición del profesor (según se muestra en la imagen), los golpes pueden ser paralelos o cruzados buscando del mismo modo paredes laterales o dobles paredes, con las siguientes características:

- Distancia por serie = 6 metros
- Número de golpes = 4
- Tiempo de cada serie = aproximadamente 10 segundos
- Número de series = 10
- Descanso entre series = 40 segundos

JUSTIFICACIÓN: Según los datos obtenidos en el presente trabajo, los jugadores de pádel en silla recorren una media de 6,38 m por jugada con una duración media de 9,9 s. Mediante este trabajo los jugadores especifican su trabajo a máxima velocidad para obtener una mayor transferencia en la posterior competición. A su vez, dejamos un descanso aproximado según la ratio obtenida en los resultados vistos con anterioridad (1:4,15).

TRANSFERENCIA A SITUACIÓN DE JUEGO:

1º Este ejercicio debe ir seguido de una situación de juego de intercambio de pelota con el entrenador para aumentar la variabilidad y ser progresivo en la dificultad de toma de decisión.

2º Igual que en el ejercicio anterior pero ahora, se juega el punto a partir de la cuarta pelota golpeada.

EJERCICIO 2. Entrenamiento de resistencia**OBJETIVOS:**

- Físico: Desarrollar la resistencia general de pádel en silla de ruedas.
- Táctico: Trabajar en zona defensiva interpretando el resto dependiendo del tipo de pelota enviada por el profesor.

DESCRIPCIÓN: El profesor envía al alumno pelotas de derecha y revés (pueden variar con pared fondo / sin pared) durante 50 seg. El alumno después de golpear cada pelota debe volver a la posición de la cinta roja para posteriormente ir a la posición dos y así sucesivamente. El profesor posteriormente podrá variar la secuencia y enviar la pelota a la cinta que él decida. La intensidad debe ser media, adecuando el profesor el envío de pelotas en función de la posición del jugador.

- Distancia por serie = 30 metros aproximadamente
- Nivel de intensidad = medio
- Tiempo de cada serie = 50 segundos
- Número de series = 5
- Descanso entre series = 120 segundos

JUSTIFICACIÓN: Los resultados del presente estudio indican que los puntos pueden llegar a tener una duración de hasta 54,40 s, por tanto es imprescindible trabajar la resistencia de los jugadores para adecuar su trabajo a la competición.

TRANSFERENCIA A SITUACIÓN DE JUEGO:

1º Pasados 30 seg, el jugador jugará en paralelo contra otro compañero sin la presencia del entrenador.

2º Igual que el ejercicio anterior pero ahora también el entrenador entra en juego jugando en posición de cruzado.

EJERCICIO 3. Entrenamiento de Desplazamientos

OBJETIVO:

- Técnico: Trabajar la técnica de impulsión en el giro a máxima velocidad.
- Táctico: Trabajar la lectura de pelota para jugar con o sin pared en función de la fuerza y trayectoria de ésta. Aprender a decidir entre la impulsión de una o dos manos en situaciones críticas.

DESCRIPCIÓN: El profesor envía al alumno una secuencia de cuatro pelotas tanto de derecha como de revés (con o sin pared) durante 10 seg de duración. El alumno después de ejecutar cada golpe, debe rodear el cono hasta desplazarse al siguiente golpe, realizando como mínimo cuatro giros antes de finalizar cada serie.

- Distancia por serie = 10 metros
- Nivel de intensidad = máximo
- Tiempo de cada serie = aproximadamente 10 segundos
- Número de series = 10
- Descanso entre series = 60 segundos

JUSTIFICACIÓN: Una de las conclusiones del presente trabajo es que las duplas ganadoras utilizan la táctica de mover al rival para conseguir una mayor fatiga en sus contrincantes y al mismo tiempo posibilitar la apertura de zonas libres en la pista del contrario. De media, las duplas perdedoras recorren 6,55 m con 2,19 giros por punto a una media de 0,54 s. A través de éste ejercicio se busca que el jugador recorra una mayor distancia a máxima velocidad realizando los giros lo más rápido posible. Se sigue trabajando con tiempos de alrededor de 10 s ya que de media los puntos duran 9,9 s.

TRANSFERENCIA A SITUACIÓN DE JUEGO:

1º En las series determinadas por el profesor, no será obligatorio rodear el cono si el jugador no prevé llegar a devolver la pelota debido a la intensidad ejercida por el profesor.

2º En las pelotas donde el jugador llegue forzado y reboten en pared, la devolución será siempre por globo, dotando así de un mayor tiempo al jugador para recuperar su posición inicial en pista.

EJERCICIO 4.Juego real

OBJETIVO:

- Físico: Transferir los aprendizajes aprendidos al juego real.
- Táctico: Aprender en la toma de decisiones en situación real de juego.

DESCRIPCIÓN: El profesor saca a cada pareja alternativamente y los jugadores deben intentar aguantar la bola en juego hasta 30 segundos. Pasado este periodo pueden jugar a ganar el punto.

- Distancia por serie = entre 30 - 40 metros.
- Tiempo de cada serie = entre 30 - 50 segundos.
- Número de series = 10
- Descanso entre series = 30 segundos

JUSTIFICACIÓN: Los resultados de los jugadores muestran que el pádel en silla es una de las disciplinas tanto adaptadas como no adaptadas donde el tiempo efectivo de juego es muy elevado (20 min de media) dada las características del juego (existencia de paredes, pista reducida, doble bote). Éste hecho, hace imprescindible el entrenamiento y mantenimiento de la bola en juego durante grandes periodos de tiempo (hasta 54,40 s máximo por punto) ya que pueden llegar incluso a recorrer 1456,60 m por partido con una media de tiempo efectivo de 20 min por partido. En este ejercicio reducimos la ratio de trabajo para ejercer mayor intensidad en el juego.

TRANSFERENCIA A SITUACIÓN DE JUEGO:

1º El profesor puede sacar a cada pareja variando sus golpes, es decir, pueden ser pelotas con paredes, sin paredes, en cruzado o paralelo para aportar una mayor variabilidad.

2º Pasados los 30 s indicados, una pareja podrá devolver la bola en juego con golpes ofensivos mientras la pareja contraria adoptará un rol defensivo, entrenando de esta manera esta estrategia defensiva para cuando se desarrollen dichas situaciones.

P

7. Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación

Los datos aportados por el presente trabajo de investigación, hacen que puedan extraerse diversas conclusiones para el posterior análisis y elaboración de diversos programas de entrenamiento que ayuden a evaluar el rendimiento de los atletas.

La base teórica para la fundamentación en el desarrollo de éste trabajo, ha revelado la ausencia de evidencias científicas en el campo del deporte adaptado, en concreto en los deportes en silla de ruedas y más específicamente en pádel en silla donde sólo se ha referenciado una publicación por los mismos autores de este trabajo de investigación. Por ello, se espera que los datos revelados sirvan como impulso hacia nuevos investigadores, para poder desarrollar nuevas investigaciones, dado el amplio abanico de posibilidades que tiene este deporte por ser tan novedoso.

La primera limitación que se plantea es la muestra del estudio, la cual está compuesta por 7 partidos por 22 jugadores profesionales de pádel en silla. Dado que el número de jugadores de pádel en silla están evolucionando paulatinamente, es recomendable establecer una comparativa con una muestra más amplia. Los resultados hacen referencia a valores medios de los jugadores que componen la muestra, sin tener en cuenta los perfiles de rendimiento individuales de cada jugador. Del mismo modo, al ser esta muestra de sujetos tan heterogénea, se recomienda que se examine la influencia potencial de varios grupos con distintas discapacidades en los perfiles de actividad para comprender mejor el desempeño del pádel en silla de ruedas. De este modo hay que ser cautos con los resultados finales del presente trabajo.

Otra limitación a tener en cuenta, y dado que las configuraciones de las sillas del presente estudio no fueron manipulados por los investigadores, razón de más para el uso de la fotogrametría 2D, sería importante tener en cuenta las diferencias en las resistencias a la rodadura que experimentan los jugadores con su elección del tipo de neumático así como la

presión de las ruedas de las sillas. Cada jugador tiene unas configuraciones en su silla distintas al resto tanto en la presión, tamaño de la rueda y el ángulo de las ruedas. La interfaz de jugador-silla es un tema de gran interés, y es muy posible que la elección de la configuración de silla pueda haber influido en las variables cinemáticas como la velocidad, giros y distancias recorridas. Sería recomendable tener en cuenta estas variables para el posterior tratamiento de los datos a analizar.

Si bien se ha explorado la naturaleza dinámica del juego en pádel en silla de ruedas, se recomienda que las investigaciones futuras investiguen el efecto que pueden tener las variables situacionales en los perfiles de actividad, para establecer qué medidas de desempeño están asociadas con el rendimiento exitoso. Dichas variables pueden identificarse con el nivel de disputa de los encuentros, y el ranking formado por las parejas.

Finalmente, identificar los indicadores de rendimiento que describan y expliquen los comportamientos de los jugadores, resulta imprescindible para evaluar el rendimiento durante la competición. En deportes de raqueta, la distribución de puntos y errores permite caracterizar el rendimiento de los jugadores, prediciendo el resultado y éxito del partido. A través de un análisis de notaciones es posible cuantificar estas variables.

8. Referencias

- Abdel-Aziz, Y.I., y Karara, H.M. (1971). Direct linear transformation: from comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings ASPUI Symposium on Close-Range Photogrammetry. American Society of Photogrammetry*, Church Falls, VA, pp. 1-19.
- Abel, T., Platen, P., Rojas Vega, S., Schneider, S. y Strüder, H.K. (2008). Energy expenditure in ball games for wheelchair users. *Spinal Cord*, 46, 785–790.
- Aguado, X. y Riera, J. (1989). Medición del trabajo del waterpolista durante la competición. *Apunts*, 15, 2-9.
- Akyüz, M., Yalcin, E., Selçuk, B. y Degirmenci, I. (2014). The barriers limiting the social integration of wheelchair users with spinal cord injury in Turkish society. *Neurosurgery Quarterly*, 24(3), 225–228.
- Almonacid, B. (2011). *Perfil de juego en el pádel de alto nivel*. Tesis Doctoral: Universidad de Jaén.
- American College of Sports Medicine (ACSM, 2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46, 1334–1359.
- Anneken, V., Hanssen-Douse, A., Hirschfield, S., Scheuer, T. y Thietje, R. (2010). Influence of physical exercise on quality of life in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 48(5), 393–399.

- Barfield, J.P., Malone, L.A. y Coleman, T.A. (2009). Comparison of heart rate response to tennis activity between persons with and without spinal cord injuries: implications for a training threshold. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80, 71–77.
- Barlet, R. (1997). Introduction to Sport Biomechanics. *E y FN Spon*: Londres.
- Barros, R.M.L., Misuta, M.S., Menezes, R.P., Figueroa, P.J., Moura, F.A. y Cunha, S.A. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 233–242.
- Bernardi, M., Guerra, E., Di Giacinto, B., Di Cesare, A., Castellano, V. y Bhambhani, Y. (2010). Field evaluation of Paralympic athletes in selected sports: implications for training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42, 1200–1208.
- Betik, A.C. y Hepple, R.T. (2008). Determinants of $\dot{V}O_{2\max}$ decline with aging: an integrated perspective. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 33(1), 130–140.
- Bhambhani, Y. (2002). Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury. *Sports Medicine*, 32, 23-51.
- Bloomfield, J., Polman, R. y O'Donoghue, P. (2004). The Bloomfield Movement Classification: Motion analysis of individual players in dynamic movement sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4, 20 –31.
- Bloomfield, J., Polman, R. y O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63 -70.

- Bloxham, L.A, Bell, G.J., Bhambhani, Y. y Steadward, R.D. (2001). Time motion analysis and physiological profile of Canadian world cup wheelchair basketball players. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 10(3), 183-198.
- Boninger, M.L. y Robertson, R.N. (1996). Upper limb nerve entrapments in elite wheelchair racers. *American Journal of Physical Medicine and rehabilitation*, 75, 170-176.
- Boyd, L.J., Ball, K. y Aughey, R.J. (2013). Quantifying external load in Australian football matches and training using accelerometers. *International Journal of Sports and Physiology Performance*, 8,44-51.
- Broadhead, G.D. (1981). Time passage in adapted physical education. In: Perspectives on the academic discipline of physical education, a tribute to G. Lawrence Rarick (edited by Brooks, G.A.). *Champaign, IL: Human Kinetics*.
- Brubaker, C.E., McLaurin, C.A. y Gibson, J.D. (1980). Effect of seat position on wheelchair performance. *Proceedings of the International Conference on Rehabilitation Engineering. Ottawa Canadian Medical and Biological Eng*, 134–136.
- Brubaker, C.E., McClay, I.S. y McLaurin, C.A. (1984). Effect of seat position on wheelchair propulsion efficiency. *Proceedings of the 2nd International Conference on Rehabilitation Engineering. Ottawa Canadian Medical and Biological Eng*, 12–14.
- Buckley, S.M. y Bhambhani, Y.N. (1998). The effects of wheelchair camber on physiological and perceptual responses in younger and older men. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 15: 15–24.
- Buffard, M. (1993). The perils of averaging data in adapted physical activity research. *Adapted Physical Activity Quarterly*. 4, 257-267.

- Burnham, R.S., May, L., Nelson, E., Steadward, R.D. y Reid, D.C. (1993). Shoulder pain in wheelchair athletes: the role of muscle imbalance. *American Journal of Sports Medicine*, 21 (2), 238-242.
- Burton, M., Fuss, F.K. y Subic, A. (2010). Sports wheelchair technologies. *Sports Technology*, 3 (3), 154–167.
- Cahill, N., Lamb, K., Worsfold, P., Headey, R. y Murray, S. (2013). The movement characteristics of English Premiership rugby union players. *Journal of Sports Science*, 31(3):229–237.
- Cala, A. (2009). *Análisis biomecánico del segmento de la carrera a pie de la competición en triatlón*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Cala, A., Veiga, S., García, A. y Navarro, E. (2009). Previous cycling does not affect running efficiency during a triathlon world cup competition. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 49, 152-159.
- Cardinal, B.J. y Spaziani, M.D. (2003). ADA compliance and the accessibility of physical activity facilities in western Oregon. *American Journal of Health Promotion*, 17(3), 197–201.
- Challis, J.H. y Kerwin, D.G. (1992). Accuracy assessment and control point configuration when using the DLT for photogrammetry. *Journal of Biomechanics*, 25, 1053-1058.
- Chandler, P., Pinder, S., Curran, J. y Gabbett, T. (2014). Physical demands of training and competition in collegiate netball players. *Journal and Strength Conditioning Research*, 28(10), 2732-2737.

- Churton, E. y Keogh, J.W.L. (2013). Constraints influencing sports wheelchair propulsion performance and injury risk. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 5:3.
- Christmass, M.A., Richmond, S.E., Cable, N.T., Arthur, P.G. y Hartmann, P.E. (1998). Exercise intensity and metabolic response in singles tennis (intensité de l'effort et réponse métabolique au cours de matchs de tennis en simple). *Journal of Sports Sciences*, 16(8), 739–747.
- Comellas, J. y Lopez Viñaspre, P. (2001). Análisis de los requerimientos metabólicos en tenis. *Educación Física y Deportes* 65, 60-63.
- Comité Paralímpico Español (CPE). www.paralimpicos.org
- Comité Paralímpico Europeo (EPC). www.europaralympic.org
- Comité Paralímpico Internacional (IPC). www.paralympici.org
- Cooper, R.A., Baldini, F.D., Boninger, M.L. y Cooper, R. (2001). Physiological responses to two wheelchair racing exercise protocols. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 15(1), 191–195.
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B.J. y Cañas, J. (2017c). Game performance and length of rally in professional pádel player. *Journal of Human Kinetics*, 55: 161–169.
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B.J. García-Benítez, S. y Echegaray, M. (2017b). Evolution of pádel in Spain according to practitioners' gender and age. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 34: 39–46.

- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B.J. y Muñoz, D.M. (2017a). Exploring game dynamics in pádel: implications for assessment and training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (In Press).
- Cowan, R.E., Nash, M.S. y Anderson, K. (2012). Perceived exercise barriers and odds of exercise participation among persons with SCI living in high-income households. *Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 18, 126-127.
- Cowan, R.E., Nash, M.S. y Anderson, K. (2013). Exercise participation barrier prevalence and association with exercise participation status in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 51, 27-32.
- Coutts, K.D. (1992). Dynamics of wheelchair basketball. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(2), 231-234.
- Coutts, A.J. y Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 133–135.
- Cramer, H. (1999). *Mathematical methods of statistics*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Croft, L., Dybrus, S., Lenton, J. y Goosey-Tolfrey, V.L. (2010). A comparison of the physiological demands of wheelchair basketball and wheelchair tennis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 301–315.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H. y West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 43, 1025 –1042.

- Curtis, K.A., Drysdale, G.A., Lanza, R.D., Kolbe, M., Vitolo, R.S. y West R. (1999). Shoulder pain in wheelchair users with tetraplegia and paraplegia. *Archives of Physical and Medical Rehabilitation*, 80, 453–457.
- Dallmeijer, A.J., Hopman, M.T., Angenot, E.L. y van der Woude, L.H.V. (1997). Effect of training on physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia. *Scandinavian Journal of Rehabilitation and Medicine*, 29(3), 181 – 186.
- de Groot, S., Bos, F., Koopman, J., Hoekstra, A.E. y Vegter, R.J.K. (2017). Effect of holding a racket on propulsion technique of wheelchair tennis players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27, 918-924.
- de Groot, S., de Bruin, M., Noomen, S.P. y van der Woude, L.H.V. (2008). Mechanical efficiency and propulsion technique after 7 weeks of low-intensity wheelchair training. *Clinical Biomechanics*, 4, 434–441.
- de Groot, S., Post, M.W., Snoek, G.J., Schuitemaker, M. y van der Woude, L.H.V. (2013a). Longitudinal association between lifestyle and coronary heart disease risk factors among individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 51(4), 314–318.
- de Groot, S., van der Scheer, J.W., Bakkum, A.J., Adriaansen, J.J., Smit, C.A., Dijkstra, C., ALLRISC, Post, M.W. y Van der Woude, L.H. (2015). Wheelchair-specific fitness of persons with a long-term spinal cord injury: cross-sectional study on effects of time since injury and physical activity level. *Disability and Rehabilitation*, 26, 1–7.
- de Groot, S., van der Scheer, J.W., Bakkum, A.J., Adriaansen, J.J., Smit, C.A. Dijkstra, C., ALLRISC, Post, M.W. y van der Woude, L.H.V. (2016). Wheelchair-specific fitness of persons with a long-term spinal cord injury: cross-sectional study on effects of time

- since injury and physical activity level. *Disability and Rehabilitation*, 38(12), 1180–1186.
- de Groot, S., Valent, L.J., van Koppenhagen, C.F., Broeksteeg, R., Post, M.W. y van der Woude, L.H.V. (2013b). Physical activity in wheelchair users with spinal cord injury: prerequisites for and effects of an active lifestyle. *Nederlands Tijdschrift Voor Geneeskunde*, 157(37), A6220.
- de Hoyo, M., Sañudo, B. y Carrasco, L. (2007). Demandas Fisiológicas de la competición en Pádel. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 3, 8, 54- 58.
- de Lira, C.A., Vancini, R.L., Minozzo, F.C., Sousa, B.S., Dubas, J.P., Andrade, M.S., Steinberg, L.L. y da Silva, A.C. (2010). Relationship between aerobic and anaerobic parameters and functional classification in wheelchair basketball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(4), 638–643.
- de Witte A.M., Hoozemans, M.J., Berger, van der Slikke, R.M.A., van der Woude, L.H.V. y Veeger, D.H. (2017). Development, construct validity and test-retest reliability of a field-based wheelchair mobility performance test for wheelchair basketball. *Journal of Sports Science*, 36(1):1-10.
- de Witte A.M., Hoozemans, M.J., Berger, M.A., van der Woude, L.H.V. y Veeger, D.H. (2016). Do field position and playing standard influence athlete performance in wheelchair basketball? *Journal of Sports Science*, 34(9):811–820.
- Devillard, X., Rimaud, D., Roche, F. y Calmels, P. (2007). Effects of training programs for spinal cord injury. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 50(6), 490–498

- Diaper, N. y Goosey-Tolfrey, V.L. (2009). A physiological case study of a Paralympic wheelchair tennis player: reflective practise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 300– 307.
- Di Russo, F., Bultrini, A., Brunelli, S. Delussu, A.S., Polidori, L., Taddei, F., Traballes, M. y Spinelli, D. (2010). Benefits of sports participation for executive function in disabled athletes. *Journal of Neurotrauma*, 27(12), 2309–2319.
- Dolbow, D.R. y Figoni, S.F. (2015). Accommodation of wheelchair-reliant individuals by community fitness facilities. *Spinal Cord*, 53(7), 515–519.
- Doyle, T.L.A, Davis, R.W., Humphries, B., Dugan, E.L., Horn, B.G., Shim, J.K., y Newton., R.U. (2004). Further evidence to change the medical classification system of The National Wheelchair Basketball Association. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 21, 63-70.
- Duda, J.L. (2005). Motivation in sport: The relevance of competence and achievement goals. In: Handbook of competence and motivation. Elliot, AJ and Dweck, CS, eds. *New York: Guilford Publications*. pp. 311–330.
- Duffield, R., Reid, M., Baker, J., y Spratford, W. (2010). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 523–525.
- Edgecomb, S. J., y Norton, K. I. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 25 –32.

- Faupin, A., Campillo, P., Weissland, T. y Micallef, J.P. (2002). Effect of the wheel camber of a wheelchair on the linear speed and on the speed of turning of the wheelchair basketball player. *Cinesiologie*, 201: 4–6.
- Faupin, A., Campillo, P., Weissland, T., Gorce, P. y Thevenon, A. (2004). The effects of rear wheel camber on the mechanical parameters produced during the wheelchair sprinting of handibasketball athletes. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41: 421–428.
- FEDMF (Federación Española de Deportes de Personas con Discapacidad Física). www.feddf.es
- Fernández, J., Méndez-Villanueva A. y Pluim, B.M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 387-391.
- Fernández, J., Sanz, D. y Méndez, A. (2012). La velocidad y la agilidad. En J. Fernández, A. Méndez, y D. Sanz, (Eds). Fundamentos del entrenamiento de la condición física para jugadores de tenis en formación. Barcelona. Real Federación Española de Tenis.
- Fernández-Fernández, J., Sanz-Rivas, D., Sánchez-Muñoz, C., Pluim, B.M., Tiemessen, I. y Méndez-Villanueva, A. (2009). A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 0(0), 1-7.
- Ferro, A., Villaceros, J. y Pérez, J. (2016). Sprint performance of elite wheelchair basketball players: applicability of a laser system for describing the velocity curve. *Adapted Physical Activity Quarterly*. 33 (4), 358–373.

- Figueroa, P. J., Leite, N. J. y Barros, R. M. (2006). Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis. *Computer Vision and Image Understanding*, 101, 122–135.
- Filipic, A. y Filipic, T. (2009a). Analysis of movement velocity and distance covered in wheelchair tennis. *Kinesiologia Slovenia*, 15(2), 25-32.
- Filipic, A. y Filipic, T. (2009b). Time characteristics in wheelchair tennis played on hard surfaces. *Kinesiology*, 41(1), 67–75.
- Filipic, A. y Filipic, T. (2006). Analysis of time and game characteristics in top profile tennis. *Acta Universitatis Carolinae Kinesiology*, 42(1), 41–53.
- Finley, M.A. y Rodgers, M.M. (2004). Prevalence and identification of shoulder pathology in athletic and nonathletic wheelchair users with shoulder pain: a pilot study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(3B), 395–402.
- Fitzgerald, S.G., Arva, J., Cooper, R.A., Dvorzvak, M.J., Spaeth, D.M., Boninger. y M.L. (2003). A pilot study on community usage of a pushrim-activated, power-assisted wheelchair. *Assistive Technol*, 15(2):113–119
- Fliess-Douer, O., Vanlandewijck, Y.C., Post, M.W.C. van der Woude, L.H.V. y de Groot, S. (2013). Wheelchair skills performance between discharge and one year after inpatient rehabilitation in hand-rim wheelchair users with spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 45, 553–559.
- Franks, I.M. (1996) Use of feedback by coaches and players. In T. Reilly., J. Bangsbo y M. Hughes. (Eds.) *Science and Football III*. London.

- Franks, I.M., Goodman, D. y Miller, G. (1983). Analysis of performance: Qualitative or Quantitative. *Sports*, March.
- Frencken, W.G., Lemmink, K. A., y Delleman, N. J. (2010). Soccer-specific accuracy and validity of the local position measurement (LPM) system. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 641–645.
- Froehlich-Grobe, K., Lee, J., Aaronson, L., Nary, D.E., Washburn, R.A. y Little, T.D. (2014). Exercise for everyone: a randomized controlled trial of project workout on wheels in promoting exercise among wheelchair users. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(1), 20– 28.
- Fullerton, H.D., Borckardt, J.J. y Alfano, A.P. (2003). Shoulder pain: a comparison of wheelchair athletes and nonathletic wheelchair users. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(12), 1958–1961.
- Fuss, F.K. (2012). Speed measurements in wheelchair sports—theory and application. *Sports Technology*. 5 (1–2), 29–42.
- Gabbett, T., Jenkins, D. y Abernethy, B. (2012). Physical demands of professional rugby league training and competition using microtechnology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(1), 80-86.
- García, A. y García, J. (2010). Diferencia de oferta de pistas de pádel en las diferentes comunidades autónomas españolas. *EFDeportes*, 14, 140.
- Garshick, E., Mulroy, S., Graves, D., Greenwald, K., Horton, J.A. y Morse, L.R. (2016). An active lifestyle is associated with reduced dyspnea and greater life satisfaction in spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, (In Press).

- Gasston, V. y Simpson, C. (2004). A netball specific fitness test. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 4(2), 82-96.
- Ginis, K.A. y Hicks, A.L. (2007). Considerations for the development of a physical activity guide for Canadians with physical disabilities. *Canadian Journal of Public Health*, 98, S135– S147.
- Gómez, M.A., Pérez, J., Molik, B., Syzman, R.J. y Sampaio, J. (2014). Performance analysis of elite men's and women's wheelchair basketball teams. *Journal of Sports Sciences*, 32(11), 1066–1075.
- González Frutos, P. (2014). *Análisis biomecánico zancada a zancada de la prueba “60 metros vallas” durante los campeonatos del mundo y de España de pista cubierta Valencia 2008*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Goosey-Tolfrey, V. (2010). Supporting the Paralympic athlete: focus on wheeled sports. *Disability and Rehabilitation*, 32, 2237–2243.
- Goosey-Tolfrey, V., Castle, P., Webborn, N. y Abel, T. (2006). Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(8), 684-687.
- Goosey-Tolfrey, V.L. y Moss, A.D. (2005). The velocity characteristics of wheelchair tennis players with and without the use of racquets. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 22, 291–301.
- Grehaigne, J., Godbout, P. y Bothier, D. (2001). The teaching and learning of decision making in team sports. *Quest*, 53(1), 59-76.

- Groppel, J.L. (1993). *Tenis para jugadores avanzados*. Madrid: Gymnos.
- Gutierrez, D.D., Mulroy, S.J., Newsam, C.J., Gronley, J.K. y Perry, J. (2005). Effect of forearm seat position on shoulder demands during wheelchair propulsion: part 2 – an electromyographic analysis. *Journal Spinal Cord Med*, 28: 222–229.
- Gutierrez, D.D., Thompson, L., Kemp, B., Mulroy, S.J. (2007). The relationship of shoulder pain intensity to quality of life, physical activity, and community participation in persons with paraplegia. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 30(3), 251–255.
- Haisma, J.A., van der Woude, L.H.V., Stam, H.J., Bergen, M.P., Sluis, T.A.R. y Bussman, J.B.J. (2006). Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. *Spinal Cord*, 44, 642–652.
- Hart, A. (inédito): “IPC’s Head of Classification Meeting Introduction”. En 2017 Head of Classification Meeting. Ponencia llevada a cabo en Bad Honnef, Alemania.
- Higham, D., Pyne, D., Anson, J., Hopkins, W. y Eddy, A. (2016). Comparison of activity profiles and physiological demands between international rugby seven matches and training. *J Strength Cond Res*, 30(5), 1287-94.
- Hosseini, S., Fallahpour, M., Sayadi, M., Gharib, M. y Haghgoo, H. (2012). The impact of mental practice on stroke’ postural balance. *Journal of the neurological science*, 322 (1-2), 263 – 267.
- Hughes, M.D. y Barlett, R. (2007). What is performance analysis?. En Hughes, M. (Ed.), *Basics of Performance Analysis*. Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.

- Hughes, C.J., Weimar, W.H., Sheth, P.N. Brubaker, C.E. (1992). Biomechanics of wheelchair propulsion as a function of seat position and user to chair interface. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73: 263–269.
- IPC (2007): International Paralympic Committee Classification Code (en línea). <[https://www. paralympic.org/2007-classification-code](https://www.paralympic.org/2007-classification-code)>, acceso 10 de febrero de 2017.
- IPC (2015): International Paralympic Committee Athlete Classification Code (en línea). <https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/151218123255973_2015_12_17%2BClassification%2BCode_FINAL_0.pdf>, acceso 10 de febrero de 2017.
- IPF (2016). List of associated country members to the International Pádel Federation. Available from: <http://www.padelipf.com/federaciones>.
- ITF (Federación Internacional de Tenis). www.itftennis.com
- Jacobs, P.L. y Nash. M.S. (2004). Exercise recommendations for individuals with spinal cord injury. *Sports Medicine*, 34(11), 727–751.
- James, N. and Bradley, C. (2004). Disguising ones intentions: The availability of visual cues and situational probabilities when playing against an international level squash player. *In: Science and Racket Sports III*. Eds: Lees, A., Kahn, J.F. and Maynard, I.W. Abingdon, Oxon: Routledge. 247-252.
- Janssen, T.W.J., Dallmeijer, A.J., Veeger, H.E.J., y Woude, L.H.V. (2002). Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39, 29-39.

- Johnson, M.J., Stoelzle, H.Y., Finco, K.L., Foss, S.E. y Carstens, K. (2012). ADA compliance and accessibility of fitness facilities in western Wisconsin. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 18(4), 340–353.
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Pine, M. J., Spurr, R. W., Murphy, A. J., y Pruyn, E. C. (2012). The validity and reliability of 5-Hz global positioning system units to measure team sport movement demands. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 26, 758–765.
- Karusisi, N., Thomas, F., Meline, J. y Chaix, B. (2013). Spatial accessibility to specific sport facilities and corresponding sport practice: the RECORD study. *International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity*, 10(48), 1–10.
- Kehn, M. y Kroll, T. (2009). Staying physically active after a spinal cord injury: a qualitative exploration of barriers and facilitators to exercise participation. *BMC Public Health*, 9(168), 1– 11.
- King, A.C., Haskell, W.L., Young, D.R., Oka, R.K. y Stefanick, M.L. (1995). Long-term effects of varying intensities and formats of physical activity on participation rates, fitness, and lipoproteins in men and women aged 50 to 65 years. *Circulation*, 91(10), 2596–2604.
- Koontz, A.M., Cooper, R.A., Boninger, M.L., Souza, A.L. y Fay, B.T. (2002). Shoulder kinematics and kinetics during two speeds of wheelchair propulsion. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(6), 635-49.
- Koontz, A.M., Yang, Y., Boninger, D.S., Kanaly, J., Cooper, R.A., Boninger, M.L., Dieruf, K. y Ewer, L. (2006). Investigation of the performance of an ergonomic handrim as a

- pain relieving intervention for manual wheelchair users. *Assist Technology*, 18: 123–143.
- Kosel, M. (1993). Competitive sports for handicapped patients. Motivation, attitude, facts. *Die Rehabilitation*, 32(4), 241–249.
- Kotajarvi, B.R., Sabick, M.B., A, K., Zhao, K.D., Kaufman, K.R. y Basford, J.R. (2004). The effect of seat position on wheelchair propulsion biomechanics. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(3B): 403–414.
- Kovacs, M.S. (2007). Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Medicine*, 37(3), 189–198.
- LaMere, T.J. y Labanowich, S. (1984). The history of sport wheelchairs: part 1 – development of the basketball wheelchair. *Sports 'n Spokes*, 9: 6–11.
- Larsson, P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Medicine*, 33, 1093–1101.
- Learmonth, Y.C., Rice, I.M., Ostler, T., Rice, L.A. y Motl, R.W. (2015). Perspectives on physical activity among people with multiple sclerosis who are wheelchair users. *The International Journal of Multiple Sclerosis Care*, 17(3), 109–119.
- Lee, Y.H., Oh, K.J., Kong, I.D., Kim, S.H., Shinn, J.M., Kim, J.H., Yi, D., Lee, J.H., Chang, J.S., Kim, T.H. y Kim, E.J. (2015). Effect of regular exercise on cardiopulmonary fitness in males with spinal cord injury. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 39(1), 91–99.

- Mallo, J. (2006). *Análisis del rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición en fútbol*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Mallo, J. y Navarro, E. (2004). Analysis of the load imposed on under-19 soccer players during typical football training drills. *Journal of Sports Sciences*, 22(6), 510.
- Mallo, J., Navarro, E., Garcia-Aranda, J.M., Gilis, B. y Helsen, W. (2008). Analysis of the kinematical demands imposed on top-class assistant referees during competitive soccer matches. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 22:235-42.
- Mallo, J., Navarro, E., Garcia-Aranda, J.M. y Helsen, W. (2009). Physical demands of top-class soccer assistant refereeing during high-standard matches. *International Journal Sports Medicine*, 30:331-6.
- Mallo, J., Veiga, S., Lopez de Subijana, C. y Navarro, E. (2008). Activity profile of top-class female soccer refereeing in relation to the position of the. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13 (2010) 129-132.
- Martínez-Gallego, R. (2012). Distancia recorrida, posición en la pista, tipo de golpe y resultado en tenis (Estudio Open 500 Valencia).
- Martinez-Gallego, R., Guzmán, J.F., James, N., Pers, J., Ramón-Llin, J. y Vuckovic, G. (2013). Movement characteristics of elite tennis players on hard courts with respect to the direction of ground strokes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(2), 275–281.
- Mason, B.S., Lenton, P., Rhodes, J., Cooper, R. y Goosey-Tolfrey, V. (2014). Comparing the activity profiles of wheelchair rugby using a miniaturized data logger and radio-frequency tracking. *Biomed Research International*, 348048.

- Mason, B.S., Porcellato, L., van der Woude, L.H.V. y Goosey-Tolfrey, V.L. (2010). A qualitative examination of wheelchair configuration for optimal mobility performance in wheelchair sports: a pilot study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42, 141–149.
- Mason, B.S., Van der Woude, L.H. y Goosey-Tolfrey, V.L. (2013). The ergonomics of wheelchair configuration for optimal performance in the wheelchair court sports. *Sports Medicine*, 43(1), 23–38.
- Mason, B. S., Van der Woude, L. H. y Goosey-Tolfrey, V. L. (2009). Influence of glove type on mobility performance for wheelchair rugby players. *American Journal of Physical Medicine y Rehabilitation*, 88, 559–570.
- Mason, B., Van der Woude, L., Tolfrey, K., y Goosey-Tolfrey, V. (2012). The effects of rear-wheel camber on maximal effort mobility performance in wheelchair athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 33, 199–204.
- Masse, L.C., Lamontagne, M. y O’Riain, M.D. (1992). Biomechanical analysis of wheelchair propulsion for various seating positions. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 29: 12–28.
- McVeigh, S.A., Hitzig, S.L. y Craven, B.C. (2009). Influence of sport participation on community integration and quality of life: a comparison between sport participants and nonsport participants with spinal cord injury. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 32, 115–124.
- Medola, F.O., Elui, V.M.C., Santana, C.S. y Fortulan, C.A. (2014). Aspects of manual wheelchair configuration affecting mobility: a review. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(2), 313–318.

- Menayo, R., Fuentes, J.P., Luis, V. y Moreno, F.J. (2004). Aplicación de un protocolo automatizado para el análisis de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en jugadores de tenis durante la ejecución del split-step y volea. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 12, 95-113.
- Molanorouzi, K., Khoo, S. y Morris, T. (2015). Motives for adult participation in physical activity: type of activity, age and gender. *BMC Public Health*, 15(66), 1–12.
- Molik, B., Lubelska, E., Koxmol, A., Bogdan, M., Yilla, A.B. y Hyla, E. (2008). An examination of the international wheelchair rugby Federation classification system utilizing parameters of offensive game efficiency. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 25(4), 335-351.
- Morgulec-Adamowicz, N., Kosmol, A., Bogdan, M., Molik, B., Rutkowska, I. y Bednarczuk, G. (2010). Game efficiency of wheelchair rugby athletes at the 2008 Paralympic Games with regard to player classification. *Human Movement*, 11(1), 29-36.
- Moss, A.D., Fowler, N.E. y Tolfrey, V.L. (2003). A telemetry-based velocometer to measure wheelchair velocity. *Journal of Biomechanics*, 36 (2), 253–257.
- Mulroy, S.J., Newsam, C.J., Gutierrez, D.D., Requejo, P., Gronley, J.K., Haubert, L.L. y Perry, J. (2005). Effect of fore-aft seat position on shoulder demands during wheelchair propulsion: part 1 – a kinetic analysis. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 28: 214–221.
- Muraki, S., Tsunawake, N., Hiramatsu, S. y Yamasaki M. (2000). The effect of frequency and mode of sports activity on the psychological status in tetraplegics and paraplegics. *Spinal Cord*, 38, 309–314.

- Navarro, E. (2004). Sistemas de análisis biomecánicos. Anteproyecto INEF-UPM.
- Navarro, E. y Mallo, J. (2001). “Aplicación de la biomecánica a la mejora del rendimiento en los deportes de equipo”, conferencia en “I Curso de Actualización del entrenamiento en alta competición en los deportes de equipo”, Director: Dr. Javier Sampedro. INEF – UPM, Madrid.
- Navarro, E., Mallo, J., Cala, A. y Veiga, S. (2007). Analysis of sport performance by mean a dlt-2d based photogrammetric system. XXIV Internacional Symposium on Biomechanics in Sports. F. Muller, *International Society of Biomechanics on Sports*, Salzburg, 594-597.
- Nooijen, C.F., de Groot, S., Postma, K., Bergen, M.P., Stam, H.J., Bussmann, J.B. y van den Berg-Emons, R.J. (2012). A more active lifestyle in persons with a recent spinal cord injury benefits physical fitness and health. *Spinal Cord*, 50(4), 320–323.
- Nooijen, C.F., Post, M.W., Spooren, A.L., Valent, L.J., Broeksteeg, R., Sluis, T.A., Stam, H.J., Act-Active Research Group, y van den Berg-Emons, R.J. (2015). Exercise self-efficacy and the relation with physical behavior and physical capacity in wheelchair-dependent persons with subacute spinal cord injury. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 12(103), 1–8.
- O’Donoghue P.G. (2010). Research methods for sports performance analysis. Routledge, 2010.
- O’Donoghue P.G. (2008). Time-motion analysis. In M. Hughes y I.M. Franks (eds), *Essentials of Performance Analysis: An introduction* (pp. 180-205). London. Routledge.

- O'Donoghue, P.G. (2002). Time-motion analysis of work-rate in English FA Premier League soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 2, 36–43.
- O'Donoghue, P.G. y Ingram, B. (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sport Sciences*, 19, 107-115.
- O'Donoghue, P.G. y Liddle, S.D. (1998b). A match analysis of elite tennis strategy for ladies' singles on clay and grass surfaces. En: Lees, A., Maynard, I., Hughes M. y Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 247-253). London.
- Ogata, H. (1994). A review of wheelchair marathon and tennis. *Journal of the University of Occupational and Environmental Health*, 16(3), 201–217.
- Ogris, G., Leser, R., Horsak, B., Kornfeind, P., Heller, M., y Baca, A. (2012). Accuracy of the LPM tracking system considering dynamic position changes. *Journal of Sports Sciences*, 30, 1503–1511.
- OMS (1980). Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías. Ginebra: OMS.
- OMS (2001) Clasificación Internacional del Funcionamiento, las Discapacidades y la Salud. Ginebra: OMS.
- Pansiot, J., Zhang, Z., Lo, B. y Yang, G.Z. (2011). WISDOM: wheelchair inertial sensors for displacement and orientation monitoring. *Measurement Science and Technology*. 22 (10), 105801.

- Paulson, T. y Goosey-Tolfrey, V. (2017). Current perspectives on profiling and enhancing wheelchair court sport performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(3):275–286.
- Pérez, J. (2003b). *Análisis del perfil de exigencia en el baloncesto en silla de ruedas*. Tesis Doctoral: Universidad Politécnica de Madrid.
- Pérez, J. (2003a). La investigación en ciencias del deporte aplicadas al deporte adaptado. En I Conferencia Internacional sobre Deporte Adaptado. Libro de Acta. Martínez, J.O. (ed.). Málaga: Instituto Andaluz del Deporte, pp. 229-243.
- Pérez, J., Blasco-Yago, M., González-Lázaro, J., García-Hernández, J.J., Soto-Rey, J. y Coterón, J. (2013). Paraciclismo: estudio sobre los procesos de integración a nivel internacional. *En Apunts. Educación Física y Deportes*, 1er trimestre, nº 111, pp. 79-86.
- Pérez, J., Navarro, E., y Sampedro, J. (2005). Distance Covered and Velocity during Wheelchair Basketball Related Players Functional Classification. *The Proceedings of the 15th International Symposium Adapted Physical Activity, Verona*, (pp. 18–19), Verona: Tipolitografija don Calabria.
- Pérez, J., Navarro, E., y Sampedro, J. (2007). Evaluación de los desplazamientos en baloncesto en silla de ruedas mediante técnicas de análisis biomecánico. *Biomecánica aplicada a la actividad física y el deporte*, eds P. Pérez y S. Llana, Colección Aula Deportiva Técnica, Universidad de Valencia, Spain, 351 – 378.

- Petersen, C., Pyne, D., Dawson, B., Kellett, A. y Portus, M. (2011). Comparison of training and game demands of national level cricketers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1306-1311.
- Pluim, B.M., Staal, J.B., Marks, B.L., Miller, S. y Miley, D. (2006). Health benefits of tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 760–768.
- Polo, M. (2007). *Influencia de variables biomecánicas y fisiológicas sobre el rendimiento deportivo de atletas en silla de ruedas. Optimización del rendimiento de un atleta de élite mundial*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, Valencia.
- Pyfer, J.L. (1986). Early research concerns in adapted physical education 1930-1960. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 3 (2), 95-103.
- Ramón-Llin, J. y Guzmán, J.F. (2012). Distancia recorrida y velocidad de desplazamiento en pádel, en función de 2 niveles de juego. En *I Congreso Ibero-americano de la red interuniversitaria de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. Universidad San Antonio. Murcia.
- Ramón-Llin, J., Guzmán, J.F., Martínez-Gallego, R., Vučković, G. y James, N. (2012a). Distance covered, speed of movement and heart rate of the world champion pádel player during a relatively easy 2011 pro tour match. Research paper presented at the 9th World Congress of Performance Analysis of Sport; Worcester, UK, July. In D.M. Peters and P.G. O'Donoghue (Eds.), *Programme and e-Book of Abstracts of the World Congress of Performance Analysis of Sport IX*, University of Worcester: U K. pp. 53.
- Ramón-Llin, J., Guzmán, J.F., Martínez-Gallego, R., Vučković, G. y James, N. (2012b). Distance covered and velocity of movements of pádel players during a closely con

- tested 2011 pro tour match. Research paper presented at the 9th World Congress of Performance Analysis of Sport; Worcester, UK, July. In D.M. Peters and P.G. O'Donoghue (Eds.), Programme and e-Book of Abstracts of the World Congress of Performance Analysis of Sport IX, University of Worcester: UK. pp. 97-98.
- Ramón-Llin, J., Guzmán, J.F., Vučković, G., Llana, S. y James, N. (2010). Players' covered distance according playing level and balance between teams: a preliminary analysis in paddel. In M. Hughes (ed.) Research in Sports Science 6. Szombathely: West-Hungary University, Hungary, pp. 188-193.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15, 257-263.
- Reilly, T. y Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, 87 –97.
- Reina, R. (2010). La actividad física y deporte adaptado ante el Espacio Europeo de Enseñanza Superior. Sevilla: Wanceulen.
- Reina, R. (2014). Evidence-based classification in paralympic sport: application to football-7a-side. *European journal of human movement*, 32: 161-185.
- Reina, R., y Vilanova, N. (2016). Guía sobre clasificación de la discapacidad en deporte paralímpico. Elche: Universidad Miguel Hernández, Comité Paralímpico Español.
- Recuperado de:
http://www.paralimpicos.es/publicacion/ficheros/Guia%20clasificaci%C3%B3n%20U MH-CPE_2.pdf

- Richter, M.W. (2001). The effect of seat position on manual wheelchair propulsion biomechanics: a quasi static model based approach. *Medical Engineering & Physics*, 23: 707–712.
- Richter, M.W., Rodriguez, R., Woods, K.R., Karpinski, A.P, y Axelson, P.W. (2006). Reduced finger and wrist flexor activity during propulsion with a new flexible handrim. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87: 1643–1647.
- Riera, J. (1986). Análisis cinemático de los desplazamientos en la competición de baloncesto. Revista de investigación y documentación sobre Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, INEF Madrid, año II, nº 3, 31-41.
- Rhodes, J.M., Mason, B.S., Malone, L.A. y Goosey-Tolfrey, V.L. (2015b). Effect of team rank and player classification on activity profiles of elite wheelchair rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 33:19, 2070-2078.
- Rhodes, J., Mason, B., Perrat, B., Smith, M. y Goosey-Tolfrey, V. (2014). The validity and reliability of a novel indoor player tracking system for use within wheelchair court sports. *Journal of sports sciences*, 32(17), 1639-1647.
- Rhodes, J.M., Mason, B.S., Perrat, B., Smith, M.J., Malone, L.A., Goosey-Tolfrey, V.L. (2015a). Activity profiles of elite wheelchair rugby players during competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10 (3), 318–324.
- Rosenberg, D.E., Huang, D.L., Simonovich, S.D. y Belza, B. (2013). Outdoor built environment barriers and facilitators to activity among midlife and older adults with mobility disabilities. *Gerontologist*, 53(2), 268–279.

- Rossi, J., Vigouroux, L., Barla, C. y Berton, E. (2014). Potential effects of racket grip size on lateral epicondylar risks. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24: e462-e470.
- Roy, J.L.P., Menear, K.S., Schmid, M.M.A., Hunter, G.R. y Malone, L.A. (2006). Physiological responses of skilled players during a competitive wheelchair tennis match. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 665–671.
- Sánchez-Pay, A., Sanz-Rivas, D. y Torres-Luque G. (2015a). Match analysis in a wheelchair tennis tournament. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15, 540-550.
- Sánchez-Pay, A., Torres-Luque, G., Fernández-García, A.I. y Sanz-Rivas, D. (2013). Análisis de la influencia de la superficie de juego en el tenis en silla de ruedas. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 24(8), 217-222.
- Sánchez-Pay, A., Torres-Luque, G. y Sanz-Rivas, D. (2015b). Match activity and physiological load in wheelchair tennis players: a pilot study. *Spinal Cord*, 1-5.
- Sanz, D. (2003). *El tenis en silla de ruedas*. Barcelona: Paidotribo.
- Sanz, D. Cid, J. Fernández, J. y Reina, R. (2009). *Patrón de actividad en el tenis en silla de ruedas de alta competición*. Paper presented at the STMS World Congress, October, Valencia.
- Sañudo. B., de Hoyo, M. y Carrasco, L. (2008). Demandas fisiológicas y características estructurales de la competición en pádel masculino. *Apunts Educación Física y Deportes*, 4, 23-28.

- Sarro, K. J., Misuta, M. S., Burkett, B., Malone, L. A., y Barros, R. M. L. (2010). Tracking of wheelchair rugby players in the 2008 demolition derby final. *Journal of Sports Sciences*, 28, 193–200.
- Sherrill, C., Silliman, L., Gench, B. y Hinson, M. (1990). Self-actualisation of elite wheelchair athletes. *Paraplegia*, 28(4), 252–60.
- Skivington, M., Christie, M. y Young, G. (2002). Fitness facilities: readiness to comply with the Disability Discrimination Act [online]. Retrieved from <http://www.efds.co.uk/assets/0000/3405/OOOO9.pdf>, 24 February 2016.
- Sindall, P., Lenton, J.P., Cooper, R., Tolfrey, K. y Goosey-Tolfrey, V (2014). Data logger device applicability for wheelchair tennis court movement. *Journal of Sports Sciences*, 33:5, 527-533.
- Sindall, P., Lenton, J.P., Tolfrey, K., Cooper, R.A., Oyster, M. y Goosey-Tolfrey, V. (2013a). Wheelchair tennis match-play demands: effect of player rank and result. *International journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 28-37.
- Sindall, P., Lenton, J.P., Whytock, K., Tolfrey, K., Oyster, M., Cooper, R. y Goosey-Tolfrey, V.L. (2013b). Criterion validity and accuracy of global positioning satellite and data logging devices for wheelchair tennis court movement. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 36:383–393.
- Sluijs, E.M., Kok, G.J. y van der Zee, J. (1993). Correlates of exercise compliance in physical therapy. *Physical Therapy*, 73, 771–782.

- Smekal, G., von Duvillard, S.P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P. y Baron, R. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 999–1005.
- Sosnoff, J.J., Rice, I.M., Hsaio-Weeksler, E.T., Hsu, I.M., Jayaraman, C. y Moon, Y. (2015). Variability in wheelchair propulsion: a new window into an old problem. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 3(105), 1–7.
- Spetch, L.A. y Kolt, G.S. (2001). Adherence to sport injury rehabilitation: implications for sports medicine providers and researchers. *Physical Therapy in Sport*, 2, 80–90.
- Spörner, M. L., Grindle, G. G., Kelleher, A., Teodorski, E. E., Cooper, R., y Cooper, R. A. (2009). Quantification of activity during wheelchair basketball and rugby at the national veteran's wheelchair games: A pilot study. *Prosthetics and Orthotics International*, 33, 210–217.
- Thomas, J.R. y Nelson, J.K. (1985). *Introduction to research in health, physical education, recreation and dance*. Champaign, IL; Human Kinetics.
- Tolerico, M.L., Ding, D., Cooper, R.A. Spaeth, D.M., Fitzgerald, S.G., Cooper, R., Kelleher, A. y Boninger, M.L. (2007). Assessing mobility characteristics and activity levels of manual wheelchair users. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 44(4), 561–571.
- Torres-Luque, G., Sánchez-Pay, A., Fernández-García, A.I. y Palao, J.M. (2014). Characteristics of a temporal structure in tennis. A review. *Journal of Sport and Health Research*, 6(2), 117-128.

- Troy, K.L., Munce, T.A. y Longworth, J.A. (2015). An exercise trial targeting posterior shoulder strength in manual wheelchair users: pilot results and lessons learned. *Disability and Rehabilitation Assistive Technology*, 10(5), 415–420.
- Tweedy, S. M. (2002): “Taxonomic theory and the ICF: foundations for a unified disability athletics classification”. *Adapted physical activity quarterly*, 19 (2): 220-237.
- Tweedy, S. y Diaper, N. (2010). Introduction to wheelchair sport. In: V. Goosey-Tolfrey, ed, *Wheelchair Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics, 3-29.
- van den Berg-Emons, R.J., Bussmann, J.B., Haisma, J.A., Sluis, T.A., van der Woude, L.H.V., Bergen, M.P. y Stam, H.J. (2008). A prospective study on physical activity levels after spinal cord injury during inpatient rehabilitation and the year after discharge. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, 2094–2101.
- van der Linden, M.L., Valent, L., Veeger, H.E.J. y van der Woude, L.H.V. (1996). The effect of wheelchair handrim tube diameter on propulsion efficiency and force application. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 4: 123–32.
- van der Scheer, J.W., de Groot, S., Tepper, M., Gobets, D., Veeger, D.H., ALLRISC group y van der Woude, L.H.V. (2015). Wheelchair-specific fitness of inactive people with long-term spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 47(4), 330–337.
- van der Slikke, R. M. A., Berger, M. A. M., Bregman, D. J. J., Lagerberg, A. H., y Veeger, H. E. J. (2015). Opportunities for measuring wheelchair kinematics in match settings: Reliability of a three inertial sensor configuration. *Journal of Biomechanics*, 48(12), 3398-3405.

- van der Slikke, R.M.A., Berger, M.A.M., Bregman, D.J.J., Lagerberg, A.H. y Veeger, H.E.J. (2016a). From big data to rich data, the key kinematics of wheelchair mobility performance. *Journal of Biomechanics*, 49(14), 3340–3346.
- van der Slikke, R.M.A., Berger, M., Bregman, D. y Veeger, D. (2016b). Push characteristics in wheelchair court sport sprinting. *Procedia Engineering*. 147, 730–734.
- van der Slikke, R.M.A., Mason, B.S., Berger, M.A.M. y Goosey-Tolfrey, V.L. (2017). Speed profiles in wheelchair court sports; comparison of two methods for measuring wheelchair mobility performance. *Journal of Biomechanics*, 65, 221-225.
- van der Woude, L.H.V. (1989). Manual wheelchair propulsión: an ergonomic perspective. Tesis doctoral, Universidad Libre de Amsterdam. Free University Press, Amsterdam.
- van der Woude, L.H.V., Bouw, A., van Wegen, J., van As, H., Veeger, D. y de Groot, S. (2009). Seat height: effects on submaximal hand rim performance during SCI rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41: 143–149.
- van der Woude, L.H.V., Veeger, D., Rozendal, R.H. y Sargeant, T..J. (1989). Seat height in hand rim wheelchair propulsion. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 26: 31–50.
- van der Woude, L.H.V., Veeger, H.E.J., Rozendal, R.H., van Ingen Schenau, G.J., Rooth, F. y van Nierop, P. (1988). Wheelchair racing: effects of rim diameter and speed on physiology and technique. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 20: 492–500.
- van der Woude, L.H.V., Formanoy, M. y de Groot, S. (2003). Hand rim configuration: effects on physical strain and technique in unimpaired subjects. *Medical Engineering & Physics*, 25: 765–774.

- van Koppenhagen, C.F., de Groot, S., Post, M.W, Hoekstra, T., van Asbeck, F.W., Bongers, H., Lindeman, E. y van der Woude, L.H.V. (2013a). Patterns of changes in wheelchair exercise capacity after spinal cord injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(7), 1260–1267
- van Koppenhagen, C.F., de Groot, S., Post, M.W, van Asbeck, F.W., Spijkerman, D., Faber, W.X., Lindeman, E. y van der Woude, L.H.V. (2013b). Wheelchair exercise capacity in spinal cord injury up to five years after discharge from inpatient rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 45(7), 646–652.
- Vanlandewijck, Y.C., Evaggelinou, C., Daly, D.J., van Houtte, S., Verellen, J., Aspeslagh, V., Hendrickx, R., Piessens, T. y Zwakhoven (2003). Proportionality in wheelchair basketball classification. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 20(4), 369-380.
- Vanlandewijck, Y.C., Evaggelinou, C., Daly, D.J., Verellen, J., van Houtte, S., Aspeslagh, V., Hendrickx, R., Piessens, T. y Zwakhoven, B. (2004). The relationship between functional potential and field performance in elite female wheelchair basketball players. *Journal Sports Science*, 22(7):668–675.
- Vanlandewijck, Y.C., Daly, D.J. y Theisen, D. (1999). Field test evaluation of aerobic, anaerobic, and wheelchair basketball skill performances. *International Journal of Sports Medicine*, 20(8), 548-554.
- Vanlandewijck, Y.C., Theisen, D. y Daly, D.J. (2001). Wheelchair propulsion biomechanics: implications for wheelchair sports. *Medicine and Science in Sports and Exercises*, 31(5), 339-367.

- Veeger, D. (H.E.J.), Hadj Yahmed, M., van der Woude, L.H.V. y Charpentier, P. (1991). Peak oxygen uptake and maximal power output of Olympic wheelchair-dependent athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(10), 1201–1209.
- Veeger, D. (H.E.J.), van der Woude, L.H.V. y Rozendal, R.H. (1989). The effect of rear wheel camber in manual wheelchair propulsion. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 26: 37–46.
- Vegter, R., de Groot, S., Lamothe, C.J., Veeger, D.H. y van der Woude, L.H.H. (2014). Initial skill acquisition of handrim wheelchair propulsion: a new perspective. *Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 22(1), 104–113.
- Vegter, R.J., Hartog, J., de Groot, S., Lamouth, C.J., Bekker, M.J., van der Scheer, J.W., van der Woude, L.H.V. y Veeger, D.H. (2015). Early motor learning changes in upper-limb dynamics and shoulder complex loading during handrim wheelchair propulsion. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, 12(26), 1–14.
- Vegter, R.J.K., Lamothe, C.J., de Groot, S., Veeger, D.H.E.J. y van der Woude, L.H.V. (2013). Variability in bimanual wheelchair propulsion: consistency of two instrumented wheels during handrim wheelchair propulsion on a motor driven treadmill. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 29(10):9.
- Vegter, R.J.K., Lamothe, C.J., de Groot, S., Veeger, D.H.E.J. y van der Woude, L.H.V. (2014). Inter-individual differences in the initial 80 minutes of motor learning of handrim wheelchair propulsion. *Public Library of Science One*, 9(2), 1–10.
- Veiga, S. (2010). *Análisis de la competición mediante un método de distancias individualizadas*. Tesis Doctoral. Universidad Castilla La Mancha.

- Venter, R.E., Opperman, E., Opperman, S. (2011). The use of global positioning system (GPS) tracking devices to assess movement demands and impacts in under-19 rugby union match play. *African Journal Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 17, 1–8.
- Vučković, G., Dezman, B., Erculj, F., Kovacic, S., Pers, J. (2004). Differences between the winning and the losing players in a squash game in terms of distance covered. En A. Lees, J.F. Khan, I.W. Maynard (Eds.). *Science and Racket Sports III* (202-207).
- Vučković, G. y James, N. (2010). The distance covered by winning and losing players in elite squash matches. *Kinesiologia Slovenica*, 16, 1 -2, 44–50.
- Vučković, G., Pers, J., James, N. y Hughes M. (2009). Tactical use of the T area in squash by players of differing standard. *Journal of Sports Sciences*, 27(8), 863-871.
- Vučković, G., Pers, J. y Kovacic, S. (2005). Motion Analysis of the International and National Rank Squash Players. In: *4th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis ISPAS 2005*, Zagreb, Croatia, 334-338.
- Walsh, C.M., Marchiori, G.E. y Steadward, R.D. (1986). Effect of seat position on maximal linear velocity in wheelchair sprinting. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 11: 186–190.
- Wei, S., Huang, S., Jiang, C. y Chiu J. (2003). Wrist kinematic characterisation of wheelchair propulsion in various seating positions: implication to wrist pain. *Clinical Biomechanics*, 18: S46–S52.

- White, A.D. y MacFarlane, N.G. (2015). Analysis of international competition and training in men's field hockey by global positioning system and inertial sensor technology. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1),137-143.
- Wootten, M. y Wootten, J. (2012). *Coaching basketball successfully* (3rd revise ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Woude, L.H.V., Baker, W.H., Elkhuisen, J.W., Veeger, H.E.J., y Gwinn, T. (1998). Propulsion technique and anaerobic work capacity in elite wheelchair athletes: Cross-sectional analysis. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 222-234.
- Yilla, A.B. (2004). Anatomy of the sports wheelchair. *Athletic Therapy Today*, 9: 33–35.
- Zwinkels, M., Verschuren, O., Janssen, T.W., Ketelaar, M., Takken, T. y Sport-2-Stay Fit study group. (2014). Exercise training programs to improve hand rim wheelchair propulsion capacity: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 28(9), 847–861.

9. Anexos

Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

En Murcia a 27 de febrero de 2015

DON/DOÑA....., mayor de edad, con
Documento Nacional de Identidad o
Pasaporte.....

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por el Doctorando Daniel Navas Sanz, de la Universidad Politécnica de Madrid. La meta de este estudio es **“ANÁLISIS DEL PERFIL DE RENDIMIENTO DEL JUGADOR DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS”**

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá rellenar un cuestionario. Esto tomará aproximadamente un minuto de su tiempo.

Del mismo modo nos permite utilizar las imágenes grabadas durante el torneo con el único propósito de ser analizadas y utilizadas para el objeto de la investigación.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas a la entrevista serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier

momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas del cuestionario le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por Daniel Navas Sanz. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es **“ANÁLISIS DEL PERFIL DE RENDIMIENTO DEL JUGADOR DE PÁDEL EN SILLA DE RUEDAS”**

Me han indicado también que tendré que responder un cuestionario, lo cual tomará aproximadamente un minuto.

También he sido informado de que las imágenes del torneo serán utilizadas con el mero objetivo de ser analizadas y utilizadas para el objeto de la investigación.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de ésta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a Daniel Navas Sanz al teléfono 699265213 o email: daninavas80@hotmail.com

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a Daniel Navas Sanz al teléfono anteriormente mencionado.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

(en letras de imprenta)

DATOS JUGADOR

NOMBRE JUGADOR:

EDAD:

PESO:

RANKING:

TIPO SILLA:

LATERALIDAD: DIESTRO:

☐

ZURDO:

☐

POSICIÓN DE JUEGO: DRIVE:

☐

REVÉS:

☐