



Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**“DISTANCIA RECORRIDA, POSICIÓN EN LA PISTA,
TIPO DE GOLPE Y RESULTADO EN TENIS.”**

(ESTUDIO OPEN 500 VALENCIA)

Autor:

Rafa Martínez Gallego

Director:

José Francisco Guzmán Luján

Valencia, Junio de 2012

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	12
1.1.	El proceso de entrenamiento	12
1.2.-	Análisis de rendimiento (Performance analysis)	14
1.3.-	Análisis notacional	14
1.3.1.-	Análisis táctico	16
1.3.2.-	Análisis técnico.....	20
1.3.3	Análisis de movimiento	24
1.3.4	Bases de datos y modelado.....	28
2.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	35
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	39
3.1	Muestra	39
3.2	Instrumentos	39
3.3	Procedimiento	42
3.4	Análisis estadístico	45
4.	RESULTADOS	49
4.1.	Análisis general.....	49
4.1.1.	Descriptivos generales	49
4.1.2	Análisis inferencial.....	50
4.2.	Análisis por zonas.....	50
4.2.1	Análisis descriptivo.....	50
4.2.2	Análisis inferencial.....	51
4.2.3	Análisis de las relaciones	51
4.3.	Análisis de la dirección de los golpes	52
4.3.1	Análisis descriptivo.....	52
4.3.2	Análisis inferencial.....	52
4.3.3	Análisis de las relaciones	53
5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
6.	REFERENCIAS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del proceso de entrenamiento.....	14
Figura 2. Módulo de calibración.....	42
Figura 3. Módulo de rastreo.....	43
Figura 4. Módulo de anotación.....	43
Figura 5. Módulo de presentación.....	44
Figura 6. Zonas en función de la posición en la pista.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios de análisis notacional táctico en deportes de raqueta.....	19
Tabla 2. Estudios de análisis notacional técnico en deportes de raqueta.....	23
Tabla 3. Estudios de análisis notacional de movimiento en deportes de raqueta.....	27
Tabla 4. Estudios de análisis notacional de modelado en deportes de raqueta.....	30
Tabla 5. Descriptivos generales.....	49
Tabla 6. Descriptivos en función de las zonas.....	50
Tabla 7. Resultados del análisis de las diferencias entre ganadores y perdedores en función del tiempo y la distancia recorrida en las zonas.....	51
Tabla 8. Correlación entre la distancia recorrida y el tiempo y la distancia recorrida en la ZO y ZD.....	51
Tabla 9. Descriptivos de los tipos de golpe.....	52
Tabla 10. Resultados del análisis de las diferencias entre ganadores y perdedores en cuanto a la dirección de los golpes ejecutados.....	53
Tabla 11. Correlación entre las direcciones de los golpes y variables temporales y de distancia.....	53

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

TA: Tiempo Activo.

TP: Tiempo Pasivo.

ZO: Zona ofensiva.

ZD: Zona defensiva.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El proceso de entrenamiento

El proceso de entrenamiento juega un papel vital en el rendimiento deportivo, entendiendo este proceso como la relación entre el entrenador y el deportista, a través de la cual se busca una mejora en el rendimiento. Esta mejora producida por el proceso de entrenamiento, va a provocar una serie de cambios observables en la conducta del deportista, por lo que la enseñanza de nuevas habilidades y el entrenamiento van a depender en gran medida del análisis de dichos cambios en la conducta. Para que la retroalimentación que recibe el deportista sea efectiva y se produzcan las mejoras que se persiguen, es necesario que la información que se analiza sea cierta y precisa. En la mayoría de las ocasiones, el análisis de rendimiento se basa en una serie de evaluaciones de tipo cualitativo realizadas por el entrenador (Hughes y Franks, 2007).

Franks, Goodman y Miller (1983) realizaron un diagrama mediante el cual se ilustra el proceso de entrenamiento (Figura 1).



Figura 1. Esquema del proceso de entrenamiento. (Franks et al. 1983)

Este diagrama describe el proceso de entrenamiento distinguiendo una fase de observación, otra fase de análisis y una fase de planificación. El entrenador observa el juego y lo analiza detectando aspectos positivos y negativos de las acciones observadas, estos aspectos junto con los resultados



anteriores, determinan la planificación de la siguiente práctica o competición. Finalmente se lleva a cabo la ejecución, y el proceso se repite. En este proceso de entrenamiento, según Hughes y Franks (2007), existen problemas que van a venir dados por la evaluación subjetiva del entrenador sobre las diferentes acciones que se dan en el juego, lo que va a repercutir directamente en la planificación y en el feedback que éstos aportan a sus deportistas.

El feedback aportado por el entrenador sobre el rendimiento de un deportista o equipo, tradicionalmente se ha basado en observaciones subjetivas proporcionadas durante la práctica, creyendo que el propio entrenador podía informar sobre los elementos críticos del rendimiento sin ningún tipo de ayuda en la observación. Sin embargo, varios estudios no solo contradicen esta opinión, sino que añaden que la capacidad de recordar de entrenadores con experiencia solo son ligeramente superiores a las de los novatos, y que incluso tras programas de entrenamiento observacional, las habilidades de los entrenadores para recordar sólo mejoraron ligeramente. Además, la investigación en psicología aplicada ha demostrado que estas habilidades para recordar también están influidas por factores que incluyen motivos del observador y creencias, por lo que no se puede considerar al entrenador como un perceptor pasivo de información, sino que su percepción de los acontecimientos es selectiva y constructiva, y no simplemente un proceso de copia. (Murray, Hughes, White y Locke, 2007)

Por otro lado, la cantidad de feedback y el momento en el que éste se proporciona, cobran mucha importancia tanto en el aprendizaje de nuevas habilidades como en la mejora del rendimiento (Murray, Maylor y Hughes, 1998), además, aunque tanto el feedback cualitativo como el cuantitativo son importantes, algunas investigaciones muestran que cuanto más cuantitativo y objetivo es el feedback, mayor efecto tiene sobre el rendimiento. (Franks et al., 1983; Franks, 1996).

1.2.- Análisis de rendimiento (Performance analysis)

Esta situación de importancia del feedback para la mejora del rendimiento, junto con las limitaciones de la capacidad de recordar de los entrenadores, lleva a la exigencia de aportar datos objetivos sobre los cuales basar la información aportada en éste, y es en este momento donde cobra un especial valor el análisis de rendimiento, que a través de la selección de los indicadores de rendimiento adecuados, va a ayudar a los entrenadores a identificar el nivel de rendimiento de un deportista o equipo de una forma objetiva. Tanto la biomecánica, analizando detalladamente la técnica individual, basándose en aspectos mecánicos y anatómicos, como el análisis notacional, analizando movimientos amplios o patrones de movimiento en deportes de equipo, relacionados principalmente con la estrategia y la táctica, están involucrados en este tipo de análisis (Hughes y Barlett, 2007).

El desarrollo de la informática y el avance de las tecnologías de la información en las últimas décadas, ha supuesto una revolución en el concepto del análisis del rendimiento, permitiendo un registro de la información más preciso y sencillo, facilitando la creación de bases de datos, y dotando de herramientas que hacen que la representación de los datos sea más estética, agradable e intuitiva, y por tanto, más fácil de entender para entrenadores y deportistas (Murray et al., 2007).

1.3.- Análisis notacional

Estos avances tecnológicos, junto a las limitaciones ya mencionadas anteriormente, que presentan los entrenadores para aportar feedback objetivo a sus deportistas, hacen que el análisis notacional mediante vídeo sea el método idóneo para “objetivar” la información (Hughes y Franks, 1997).



El análisis notacional es una forma objetiva de registrar el rendimiento, por lo que los eventos críticos se pueden cuantificar de una manera consistente y fiable, permitiendo que el feedback, ya sea cuantitativo o cualitativo, sea preciso y objetivo (Murray et al., 2007).

Aunque existen evidencias de estudios que empleaban el análisis notacional anteriormente (Fullerton, 1912; Messersmith y Corey, 1931; Reep y Benjamin, 1968; Downey, 1973), el verdadero surgimiento de estudios que utilizan el análisis notacional se produjo a finales de los años 70 y principios de los 80 (Reilly y Thomas, 1976; Sanderson y Way, 1979; Sanderson, 1983; Franks et al., 1983; Hughes, 1985), coincidiendo con la aparición de los ordenadores personales.

Por lo que respecta a deportes de raqueta, el primer sistema de análisis notacional manual publicado fue precisamente para tenis (Downey, 1973). Este sistema permitía registrar los tipos de golpes realizados, la posición en la pista, el resultado del golpe y el tipo de efecto utilizado en cada golpe. Debido a su complejidad, este sistema nunca se utilizó para el registro de datos, aunque sí fue importante para posteriores investigaciones que se basaron en sus ideas. Sanderson y Way (1979) utilizaron un sistema para squash basado en el del trabajo de Downey (1973), mediante el cual analizaban los patrones de juego positivos y negativos. Este sistema, a su vez, fue desarrollado por Sanderson (1983), incluyendo símbolos que permitían representar los diferentes golpes y posteriormente mostrarlos mediante un diagrama. El problema que presentó este sistema fue su complejidad para aprender a utilizarlo y el tiempo que se necesitaba emplear para poder analizar los datos de un partido, entre 40-50 horas. Los problemas que presentaban el uso de este tipo de sistemas más complejos empezaron a ser resueltos por Hughes (1985), al informatizar el procesamiento de los datos registrados mediante el sistema de Sanderson y Way (1979).

Estos primeros estudios que comenzaron a introducir herramientas informáticas, estaban limitados por la escasa capacidad de almacenamiento y procesamiento de los datos de los propios sistemas informáticos disponibles en ese momento, pero la rápida aparición de sistemas informáticos más potentes, pantallas digitales táctiles, sistemas interactivos mediante voz, lenguajes de programación visuales y programas específicos para el análisis de rendimiento, han permitido una reducción considerable del tiempo empleado en el aprendizaje y el análisis, y permiten una mayor precisión de los datos registrados. (Hughes, Hughes y Behan, 2007)

En la actualidad, según Hughes (1994), existen cuatro áreas principales dentro de las cuales se podría aplicar el feedback recogido a través del análisis notacional a los deportes de raqueta, como son, el análisis táctico, el análisis técnico, el análisis de movimiento, y la creación de bases de datos y modelado.

1.3.1.- Análisis táctico

La definición de los patrones tácticos del juego en el deporte ha sido un tema de interés para un gran número de investigadores, analizando las diferentes tácticas empleadas en diferentes niveles de deportes específicos (Murray et al., 2007).

El primer análisis notacional informatizado sobre la táctica empleada por jugadores de diferente nivel en deportes de raqueta fue llevado a cabo por Hughes (1985), quien comparó la distribución de los golpes de jugadores de squash recreacionales, regionales y nacionales utilizando un sistema de análisis notacional desarrollado por él mismo.

Por lo que respecta al tenis, esta es el área, de las cuatro que se han citado anteriormente, en la cual se centran un mayor número de trabajos. Hughes y Clarke (1995) utilizaron un sistema notacional informatizado para

analizar las estrategias empleadas según la superficie en los torneos de tenis de Wimbledon (superficie de hierba) y el Open de Australia (superficie sintética). En este estudio, analizaron variables temporales como el tiempo en los descansos entre juegos, entre juegos sin cambio, entre puntos, entre servicios, así como la duración de los puntos. Además, analizaron variables de posición a las que se hará alusión cuando se trate el análisis de movimiento. Más tarde O'Donoghue y Liddle (1998a) analizaron factores temporales en partidos de tenis masculinos y femeninos en superficie de hierba y de tierra. Siguiendo la misma línea que el trabajo anterior Verlinden, Ruyskenvelde, Van Gorp, Decker, Goosen and Clarijs (2004), compararon partidos masculinos y femeninos en los torneos de Wimbledon y Roland Garros, mostrando las diferencias entre género y superficie en cuanto a la duración de los puntos y los puntos jugados en la red. O'Donoghue y Liddle (1998b) extendieron su estudio previo (O'Donoghue y Liddle, 1998a) realizando una evaluación de la estrategia en función de la superficie para los partidos femeninos, mostrando una mayor importancia del servicio en pistas de hierba e indicando las causas y el efecto del juego en la red en ambas superficies. Del mismo modo, Collinson y Hughes (2002) centraron su estudio en las diferencias en la táctica empleada por las tenistas en función de la superficie en estos mismos torneos. Unierzyski and Wieczorek (2004) recogieron datos de las finales masculinas de estos torneos, encontrando diferencias en cuanto a la duración de los puntos y al porcentaje de puntos ganados en la red y con el servicio.

Otros estudios como el de O'Donoghue e Ingram (2001) compararon datos de los cuatro torneos de Grand Slam, encontrando también diferencias significativas en cuanto a la duración de los puntos y el porcentaje de puntos jugados desde el fondo de la pista, en función del género y de la superficie. Con datos de estos mismos torneos, O'Donoghue (2002) concluyó que tanto la superficie de juego como el género debían ser tenidas en cuenta para determinar la importancia de los puntos en los torneos de Grand Slam.

Takahashi, Wada, Maeda, Kodama, Nishizono y Kurata (2006) llevaron a cabo dos estudios en su trabajo, el primero consistió en validar una herramienta informatizada para el registro de los datos en tenis, y en el segundo, haciendo uso de dicha herramienta, compararon la duración de los puntos, la duración del servicio, y la duración de los golpes de fondo en tres torneos de Grand Slam jugados en diferentes superficies. Finalmente, O'Donoghue (2006) introdujo una variable que no se había estudiado hasta ese momento, el tipo de juego, comparando el número de veces que los jugadores subían a la red cuando no estaban en posesión del servicio, en función de si estaban disputando un juego normal o un tie-break, y en función del género.

En la Tabla 1 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

Tabla 1. Estudios de análisis notacional táctico en deportes de raqueta

Autor(es)	Deporte	VARIABLES ANALIZADAS
Hughes (1985)	Squash	Tipo de golpe Nivel
Hughes y Clarke (1995)	Tenis	VARIABLES TEMPORALES Superficie
O'Donoghue y Liddle (1998a)	Tenis	VARIABLES TEMPORALES Superficie Género
Verlinden et al. (2004)	Tenis	VARIABLES TEMPORALES Tipo de punto Superficie Género
O'Donoghue y Liddle (1998b)	Tenis	Tipo de punto Superficie
Collinson y Hughes (2002)	Tenis	Tipo de punto Superficie
Unierzyski y Wieczorek (2004)	Tenis	VARIABLES TEMPORALES Tipo de punto Superficie
O'Donoghue e Ingram (2001)	Tenis	VARIABLES TEMPORALES Tipo de punto Superficie
O'Donoghue (2002)	Tenis	Tipo de punto Superficie Género
Takahashi et al. (2006)	Tenis	VARIABLES TEMPORALES Superficie
O'Donoghue (2006)	Tenis	Tipo de punto Tipo de juego Género

Como puede observarse, el estudio de variables temporales como la duración de los puntos, o la duración de los descansos entre puntos o juegos, así como las diferencias entre las distintas superficies, y entre hombres y mujeres,

son objeto de estudio de muchos de estos trabajos. Además también encontramos estudios que analizan el tipo de punto, refiriéndose principalmente a si el punto se disputa desde el fondo de la pista o, por el contrario, se sube a la red.

A pesar de ser el área más estudiada dentro del análisis notacional, el análisis táctico, es un campo de investigación en el cual aún queda mucho por investigar, especialmente en el deporte del tenis. Como se ha mencionado unas líneas más arriba, la clasificación del tipo de punto en muchos de estos estudios se realiza en base a si el jugador sube a la red o se queda en el fondo, por lo que la definición de nuevas clasificaciones basadas, por ejemplo, en los tipos de golpe más utilizados o en las zonas de la pista en las que el jugador golpea con mayor frecuencia, podrían ser utilizadas en estudios futuros. También podría ser interesante analizar las diferencias, además de entre género y superficie, entre distintas modalidades o edades.

1.3.2.- Análisis técnico

La búsqueda de las debilidades y fortalezas técnicas puede ser de vital importancia tanto para entrenadores como para científicos en su búsqueda por mejorar el rendimiento de los deportistas (Murray et al., 2007). Los aspectos técnicos y tácticos guardan una relación muy directa, de modo que los métodos de investigación que definen las fortalezas y debilidades técnicas de los jugadores también estarán relacionadas con las tomas de decisiones tácticas (Hughes y cols. 2007). Los sistemas de análisis técnicos utilizados en los últimos años en deportes de raqueta (Hughes, 1985; Brown & Hughes, 1995) se han utilizado para mostrar las áreas en la cancha desde donde los jugadores realizan puntos ganadores y errores, y con qué golpes los realizan. Para dotar de una mayor profundidad al análisis, y por tanto al feedback, también es frecuente analizar los dos o tres últimos golpes del punto. Si se recogen todos estos datos



de un número suficiente de partidos, contra jugadores de un nivel adecuado, este análisis va a proporcionar indicaciones sobre la mayor o menor efectividad de cada uno de los golpes del jugador (Hughes et al. 2007).

Existen pocos estudios de análisis notacional basados en la técnica que se centren en el deporte del tenis. Furlong (1995) fue uno de los primeros autores en analizar el tenis desde esta perspectiva, en su trabajo comparó la efectividad del servicio en partidos masculinos y femeninos, tanto en modalidad individual como en dobles, en superficie de hierba y tierra batida. Posteriormente Taylor y Hughes (1995) compararon los patrones de juego de jugadores de categoría junior británicos, europeos y americanos/canadienses. Para realizar el análisis del patrón de juego, dividieron la pista en cuatro zonas, anotando los tipos de golpes realizados en cada una de ellas, así como el resultado del golpe. Schonborn (1999) centró su trabajo en el análisis de la efectividad del resto, comparándola con el porcentaje de puntos ganados tanto en superficie de tierra como en superficie rápida. Entre los estudios más actuales se encuentra el llevado a cabo por Gillet et al. (2009), donde se relacionan las zonas a las cuales son dirigidos los servicios y los restos, así como los efectos de estos golpes, con el porcentaje de puntos ganados en Roland Garros. Hizan et al. (2011) analizaron los mismos golpes (saque y resto) pero comparando jugadores profesionales, jugadores de alto nivel menores de 16 años y jugadores de alto nivel menores de 12 años tanto masculinos como femeninos. Las variables que compararon entre los distintos grupos fueron el porcentaje de primeros y segundos servicios, el porcentaje de puntos ganados con estos mismos golpes, y el porcentaje de puntos ganados restando primeros y segundos servicios. Finalmente, el estudio llevado a cabo por Loffing et al. (2009), al igual que muchos de los estudios ya citados, centra su trabajo en el análisis del servicio de jugadores profesionales, pero en este caso, dicho análisis se realiza en función del brazo dominante de los jugadores, mostrando diferencias significativas

entre jugadores diestros y zurdos en cuanto a la distribución tanto del primer como del segundo servicio.

En la Tabla 2 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

Tabla 2. Estudios de análisis notacional técnico en deportes de raqueta

Autor(es)	Deporte	Variables analizadas
Furlong (1995)	Tenis	Efectividad del servicio Género Modalidad Superficie
Taylor y Hughes (1995)	Tenis	Tipo de golpe Zona de golpeo Resultado del golpe Nacionalidad/Continente
Schonborn (1999)	Tenis	Efectividad del resto Resultado del punto Superficie
Gillet, et al. (2009)	Tenis	Zonas de servicio Zonas de resto Efecto Resultado del punto
Hizan et al. (2011)	Tenis	Tipo de servicio Tipo de resto Resultado del punto
Loffing et al. (2009)	Tenis	Tipo de servicio Zona de servicio Brazo dominante

Como se puede observar, la gran mayoría de estudios de análisis técnico, se centran principalmente en los golpes de servicio y resto. El análisis de la efectividad de otros golpes, como por ejemplo, los golpes de fondo, es un aspecto que debería ser considerado para futuras investigaciones. Además la inclusión de variables como la dirección de los golpes o la posición desde la que se ejecutan ampliaría aún más, y dotarían de un mayor interés a los trabajos.

1.3.3 Análisis de movimiento

La obtención de información precisa sobre la posición de los deportistas durante el juego es de gran interés para entrenadores y preparadores de deportistas, ya que permite relacionar el rendimiento de éstos con la táctica empleada y ayuda a diseñar mejores programas de entrenamiento. Además, los científicos pueden hacer uso de esta información para comprender mejor los patrones de actividad de los jugadores y las principales limitaciones que presentan (Barris y Button, 2008). En cuanto a deportes de raqueta, Hughes et al. (2007) indican que este tipo de análisis ha permitido una mejor comprensión de las exigencias físicas de los deportes y, por tanto, la creación de ejercicios de entrenamiento específicos que permiten preparar mejor a los jugadores.

La información obtenida a través del análisis de movimiento para la comprensión de las demandas físicas de los distintos deportes debe ser tratada y transmitida con cautela 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, omitiendo los esfuerzos que realizan los jugadores en las diversas acciones del juego, como podrían ser en el caso del tenis, 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 100% (Edgecomb y Norton, 2006).

A lo largo de los años se han empleado diversos métodos para cuantificar y analizar el movimiento de los deportistas, desde los estudios más pioneros, como el de Reilly y Thomas (1976), que calculaba la distancia recorrida contando los pasos que daban los jugadores y multiplicando por una longitud

media de zancada para cada jugador, hasta los más sofisticados que utilizan tecnología GPS o softwares específicos como Prozone o Amisco Pro (Vuckovic, Pers, James y Hughes, 2010).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el avance tecnológico de las últimas décadas ha tenido gran influencia dentro del análisis notacional, siendo especialmente importante en el área del análisis de movimiento. Un claro ejemplo de ello es la clasificación realizada por Barris y Button (2008), en la cual agrupan los estudios en función de si el método de rastreo utilizado es manual o automático.

Uno de los primeros métodos empleados para el análisis de movimiento en deportes de raqueta fue el desarrollado por Sanderson y Way (1979). En él empleaban un método manual que, además de analizar los golpes ejecutados, analizaba la posición de los jugadores en la pista. Posteriormente, y basándose en el trabajo de Sanderson y Way (1979), Hughes, Franks y Nagelkerke (1989) diseñaron un sistema de rastreo informatizado para squash que permitía introducir datos de posición de los jugadores mediante un dispositivo táctil y posteriormente calcular la distancia recorrida, velocidad y aceleración, utilizando un software específico. Hughes y Clarke (1995) desarrollaron un sistema más sofisticado para estudiar el efecto de la superficie sobre la estrategia en el tenis de élite. Estos autores, a través de una interfaz gráfica y las grabaciones en vídeo de los partidos, registraron la posición de los jugadores en la pista, el tiempo empleado en cada golpe y el tipo de golpe. El análisis de estos datos proporcionó información tanto posicional como temporal, así como frecuencias de distribución de los golpes y situaciones de finalización de los puntos.

Uno de los objetivos comunes en varios de los estudios que han aplicado el análisis de movimientos en tenis es el análisis del patrón de movimientos de los pies de los jugadores, así Richers (1995) que llevó a cabo un estudio sobre el

perfil de movimiento y fisiológico del tenis individual, realizó un análisis de los desplazamientos junto con una evaluación de las secuencias y repeticiones de los movimientos de pies de los jugadores. Hughes y Moore (1998) analizaron los patrones de movimiento de pies relativos a la táctica de saque-volea en tenis, indicando qué patrones eran los que más se repetían y relacionando ciertos movimientos con el resultado final del punto. Basándose en estos estudios y en el que llevó a cabo Pereira (2001) para squash, Hughes y Meyers (2005) analizaron los patrones de movimiento de pies en jugadores profesionales sobre superficie de hierba, indicando qué patrones se repetían con mayor frecuencia en cada fase del punto y en cada zona de la pista.

La distancia recorrida por los jugadores también ha sido un tema de interés común a varias de las investigaciones llevadas a cabo en este ámbito. Suda, Michikami, Sato y Umebayashi (2003), empleando el análisis mediante vídeo, analizaron un partido individual femenino indicando la distancia recorrida por una jugadora a lo largo del partido. Posteriormente, Filipcic (2006) realizó una comparación de la distancia recorrida entre niños y niñas de hasta 14 años, no encontrando diferencias significativas entre ambos grupos ni entre ganadores y perdedores. Fernández-Fernández, Sanz-Rivas, Sánchez-Muñoz, Pluim, Tiemessen y Méndez-Villanueva (2009) llevaron a cabo un estudio en el cual examinaban las diferencias en el perfil de actividad y las demandas fisiológicas entre jugadores veteranos de nivel avanzado y recreativo. En él indicaron, por un lado, que los jugadores de nivel avanzado recorrieron una distancia significativamente mayor que los jugadores de nivel recreativo y, por otro, que la velocidad media de desplazamientos de los jugadores de nivel avanzado fue significativamente menor que la de los jugadores de nivel recreativo.

En la Tabla 3 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

Tabla 3. Estudios de análisis notacional de movimiento en deportes de raqueta

Autor(es)	Deporte	VARIABLES ANALIZADAS
Sanderson y Way (1979)	Squash	Posición
Hughes et al. (1989)	Squash	Distancia recorrida Velocidad Aceleración
Hughes y Clarke (1995)	Tenis	Posición
Richers (1995)	Tenis	Tipo de desplazamiento Movimiento de pies
Hughes y Moore (1998)	Tenis	Movimiento de pies Resultado del punto
Pereira (2001)	Squash	Patrón de movimiento Zona de la pista Resultado del punto
Hughes y Meyers (2005)	Tenis	Patrón de movimiento Zona de la pista Fase del punto
Suda et al. (2003)	Tenis	Distancia recorrida
Filipic (2006)	Tenis	Distancia recorrida Género Resultado del partido
Fernández-Fernández et al. (2009)	Tenis	Distancia recorrida Velocidad Nivel

Como se ha podido comprobar, los patrones de movimiento de los jugadores, los movimientos de pies, la distancia recorrida o la velocidad de desplazamiento, son variables de estudio comunes a algunos de los estudios. Sin

embargo, no existen estudios de este tipo que analicen la distancia recorrida o la velocidad en jugadores profesionales, pero sobre todo, no existen estudios que relacionen el análisis de movimiento con otras de las áreas del análisis notacional, para tratar de explicar las diferencias de estas variables en función de aspectos técnico-tácticos.

1.3.4 Bases de datos y modelado

Los deportistas demuestran a menudo ciertos comportamientos estereotipados durante el juego que incluyen aspectos positivos y negativos del rendimiento. Cuando se realiza una observación durante un cierto período de tiempo pueden comenzar a definirse ciertos patrones de juego, pudiendo establecerse un modelo más exacto cuanto mayor sea la base de datos (Hughes y Barlett, 2007). Por tanto, estos modelos van a permitir obtener información muy valiosa sobre aquellos aspectos críticos del juego que se relacionan con un rendimiento exitoso, y además, ayudarán a predecir el juego de los propios deportistas o de los oponentes (Hughes et al. 2007; Hughes y Barlett, 2007).

En la literatura se pueden encontrar diversos estudios que utilizan el análisis notacional para establecer modelos de rendimiento en tenis. Al igual que en otras áreas ya tratadas en este trabajo, el servicio suele ser objeto de estudio de una gran parte de estos trabajos. (Gale, 1971; Norman, 1985; George, 1973; Gillman 1985; Hannan 1976; Walker y Wooders, 2001)

Entre los primeros trabajos de este tipo aplicados al tenis encontramos el llevado a cabo por Gale (1971), donde se empleó un modelo matemático simple para determinar la estrategia óptima del servicio. También el de George (1973), que utilizó un modelo simple probabilístico para determinar la estrategia de servicio óptima, indicando que la estrategia empleada normalmente podía no ser la mas idónea. Gillman (1985) llevó a cabo un análisis similar sobre las estrategias de servicio. Norman (1985) utilizó la programación dinámica para

determinar la estrategia óptima en cuanto a la velocidad de los primeros y segundos servicios. Hannan (1976) también centró su estudio en el análisis de las estrategias del servicio, pero teniendo en cuenta también la influencia del resto del oponente.

Más recientemente Walker y Wooders (2001) usaron una aproximación a la teoría de juegos para mostrar que el servicio y el resto en partidos concretos, guardan relación con el equilibrio en el juego. Brimberg, Hurley y Lior (2004) realizaron un modelo sobre la asignación de energía que los jugadores deben realizar en un deporte con una duración desconocida, en este modelo sugieren que cuando los jugadores están por detrás en el marcador, deben dividir su energía restante de manera uniforme entre todos los posibles juegos restantes. Barnett, Meyer y Pollard (2008) muestran como las estadísticas de un jugador en una superficie en concreto, pueden ser útiles para tomar decisiones sobre las estrategias del servicio, mostrando un ejemplo de un jugador que realiza primeros y segundos servicios a una alta velocidad.

En la Tabla 4 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

Tabla 4. *Estudios de análisis notacional de modelado en deportes de raqueta*

Autor(es)	Deporte	VARIABLES ANALIZADAS
Gale(1971)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del servicio Resultado del punto
George (1973)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto
Gillman (1985)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto
Hannan (1976)	Tenis	Tipo de servicio Tipo de resto Resultado del servicio Resultado del punto
Walker y Wooders (2001)	Tenis	Tipo de servicio Tipo de resto Resultado del punto Género Categoría
Brimberg et al.(2004)	Tenis/squash	Juegos restantes Juegos para ganar Energía utilizada Energía restante
Barnett et al. (2008)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto Superficie

Al igual que ocurre con los estudios de análisis técnico, la mayoría de los modelos desarrollados en los trabajos presentados se basan en el servicio y el resto, por lo que la creación de modelos para otros golpes debería considerarse en futuras investigaciones. Del mismo modo que en el análisis técnico, la



inclusión de variables como la dirección de los golpes o la posición desde la que se ejecutan, permitiría la creación de un mayor número de modelos.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El presente trabajo de investigación, llevado a cabo con jugadores profesionales de tenis en el Open 500 de Valencia, pretende examinar la relación existente entre la posición del jugador en la pista, las direcciones de los golpes, el resultado y la distancia recorrida.

Los objetivos planteados fueron los siguientes:

1. Analizar la distancia recorrida por los ganadores y perdedores.
2. Analizar las posiciones en la pista de los ganadores y perdedores.
3. Comprobar la relación entre la posición en la pista y la distancia recorrida.
4. Analizar las direcciones de los golpes de fondo ejecutados por ganadores y perdedores.
5. Comprobar la relación entre las direcciones de los golpes ejecutados y recibidos, y la distancia recorrida total, así como con el tiempo y la distancia en las diferentes posiciones en la pista.

Las hipótesis planteadas inicialmente que motivaron la realización del presente trabajo de investigación fueron las siguientes:

1. No existirán diferencias significativas entre ganadores y perdedores respecto a la distancia recorrida.
2. No existirán diferencias significativas entre ganadores y perdedores respecto a su posición en la pista.
3. Aquellos jugadores que permanezcan más tiempo y recorran más distancia en posiciones defensivas, recorrerán una mayor distancia total.
4. No existirán diferencias significativas entre ganadores y perdedores en cuanto al porcentaje de golpes paralelos y cruzados ejecutados.

-
5. Los jugadores que ejecuten un mayor número de golpes paralelos recorrerán una menor distancia total y estarán más tiempo en posiciones ofensivas.
 6. Los jugadores que reciban un mayor número de golpes paralelos recorrerán una mayor distancia total y estarán más tiempo en posiciones defensivas.
 7. Los jugadores que ejecuten un mayor número de golpes cruzados recorrerán una mayor distancia total y estarán más tiempo en posiciones defensivas.

CAPÍTULO 3

MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Muestra

La muestra de este estudio estuvo compuesta por 19 sets correspondientes a 8 partidos pertenecientes al Valencia Open 500, torneo de tenis que se desarrolla sobre superficie rápida y bajo techo. Los partidos fueron disputados por 11 jugadores profesionales clasificados entre el 5 y el 113 de la clasificación mundial de la ATP, todos ellos diestros, con una media (DT) de edad de 24.8 (2.9) años. Se obtuvo el consentimiento por escrito, por parte de la organización del torneo para llevar a cabo las grabaciones durante la disputa de los partidos.

3.2 Instrumentos

Para realizar las grabaciones se utilizaron dos cámaras de video Bosch modelo Dinion IP 455, las cuales grababan a una frecuencia de 25 fotogramas por segundo. Estas cámaras se colocaron en el truss que servía de soporte para la iluminación, a una altura de 20 m sobre cada uno de los fondos de la pista. Ambas cámaras iban conectadas mediante un cable IP a un ordenador portátil, que almacenaba las imágenes capturadas en formato mpeg-4. Este formato no era compatible con el software de procesamiento de las imágenes, por lo que se utilizó el programa AdvancedCSharpSample (Bosch, Munich, Alemania) para convertirlas al formato wmv, y posteriormente a formato mpeg-2 utilizando el programa Winff 1.3.1 (www.winff.org).

El procesamiento de las imágenes se llevó a cabo mediante el sistema de rastreo SAGIT. Este software permite rastrear el movimiento de los jugadores de forma automática bajo la supervisión de un operador, para ello, utiliza un algoritmo que compara cada fotograma con una imagen previamente almacenada de la pista vacía, cada píxel se compara con un valor umbral para

determinar si el jugador es detectado en esa coordenada (Vuckovic, Pers, James y Hughes, 2009).

El sistema se compone de cuatro módulos, (1) calibración, (2) rastreo, (3) anotación y (4) presentación.

1. El primer módulo (calibración) permite calibrar el espacio de juego y sincronizar las dos cámaras de video. Durante el proceso de calibración, se marca el instante de inicio y final del partido, en ambas cámaras de forma que queden sincronizadas. Esta sincronización fue realizada mediante un flash disparado en un punto que era registrado por ambas cámaras, en el centro de la pista. La pista era calibrada introduciendo manualmente una serie de puntos de referencia a lo largo de toda la pista siguiendo las instrucciones del programa, de esta forma, el programa puede determinar la correspondencia entre las coordenadas de la imagen y las de la pista (Vuckovic, Dezman, Erculj, Kovacic y Pers, 2002).



Figura 2. Módulo de calibración.

2. El módulo de rastreo se utiliza para obtener datos precisos sobre la posición de los jugadores en la pista. Antes de comenzar el rastreo, el operador debe indicar mediante un clic del ratón la posición en la pista de los jugadores para poder comenzar el proceso. En caso de que el sistema pierda la

posición del jugador, el programa permite al operador clicar nuevamente sobre la posición de éste para continuar el rastreo (Vuckovic et al., 2002).



Figura 3. Módulo de rastreo.

3. El modulo de anotación se utiliza para introducir manualmente los eventos observados en la pista, como puntos ganadores, errores, tipos de golpe, etc. Además el registro de estas acciones está sincronizado con los datos del rastreo (Vuckovic et al., 2002).



Figura 4. Módulo de anotación.

- (4) El modulo de presentación se utiliza para ver, exportar e imprimir los resultados obtenidos con la ayuda de los módulos de rastreo y anotación. Además, permite mostrar presentaciones visuales de los datos obtenidos (Vuckovic et al., 2002).

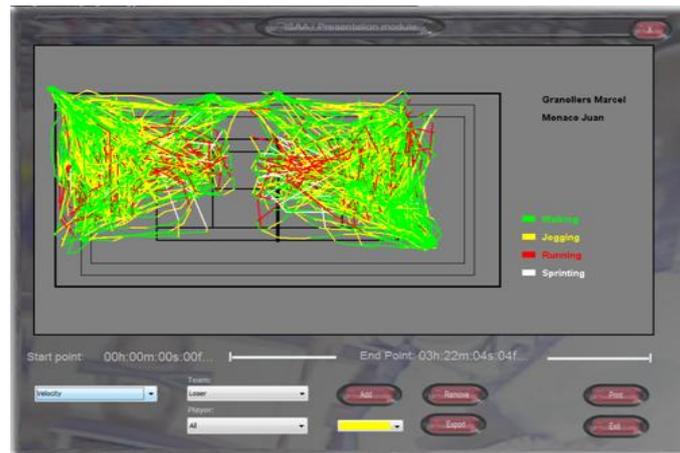


Figura 5. Módulo de presentación.

La fiabilidad de éste sistema de rastreo fue comprobada por Vuckovic et al. (2010), indicando que el error cometido sobre la posición real de los jugadores variaba entre 0.09 m y 0.5 m. Sin embargo, los autores probaron el sistema mediante pruebas deliberadamente extremas para calcular los valores máximos de error, obteniendo valores muy cercanos a los mínimos indicados.

Los datos obtenidos a través del SAGIT fueron exportados a la base de datos Microsoft Excel 2007 (Microsoft, Redmond, USA), seleccionando los datos de interés para el estudio, como la posición de los jugadores y los tipos de golpe, a través de consultas SQL en Microsoft Access 2010 (Microsoft, Redmond, USA).

3.3 Procedimiento

Tras la obtención de los permisos necesarios por parte de la organización, se procedió a la instalación de las cámaras en la pista, una semana antes del comienzo del torneo. Durante la semana del 31 de Octubre al 6 de Noviembre de 2011, se realizaron las grabaciones en la pista construida en el interior del Ágora de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia.

Posteriormente, una vez almacenadas todas las grabaciones, se llevo a cabo un proceso de conversión para obtener archivos de vídeo reconocibles por el sistema de rastreo que se iba a emplear. Estos archivos fueron procesados en la Universidad de Ljubljana (Eslovenia), mediante el programa SAGIT, descrito anteriormente, durante el mes de Mayo de 2012.

Como ya se indicó en la descripción del programa, en el módulo de anotación del SAGIT, los golpes deben ser introducidos manualmente, y aunque la fiabilidad de la posición en la que se producen va depender íntegramente del programa, la información adicional que se introduzca es probable que contenga errores debidos al operador. Por ello, para comprobar la fiabilidad de los datos, transcurridas 3 semanas desde el primer análisis, se llevó a cabo un análisis notacional de uno de los sets, obteniendo un índice de concordancia (número de acuerdos dividido entre número de desacuerdos) de .90.

Para poder llevar a cabo el análisis en función de la posición en la pista del jugador, se definieron dos zonas que dividen la pista en dos partes. La primera de ellas (ZO) comprende el espacio desde 1.5 m por detrás de la línea de fondo hasta la red, donde se considera que el jugador estará en una situación de equilibrio u ofensiva, y la segunda (ZD) desde 1.5 m por detrás de la línea de fondo hasta el final de la pista, donde se considera que el jugador estará en una situación defensiva (Figura 6).

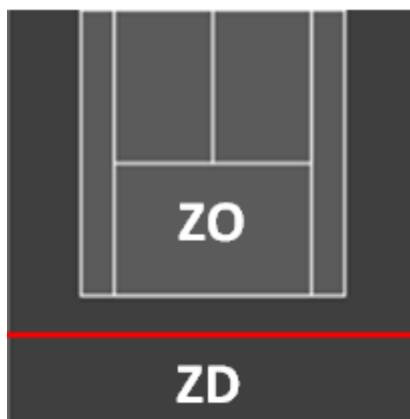


Figura 6. Zonas en función de la posición en la pista.

Finalmente, mediante los instrumentos especificados anteriormente, se definieron y ejecutaron consultas a la base de datos que proporcionaron la información necesaria para poder llevar a cabo el análisis estadístico de los datos. Las variables obtenidas a través de dichas consultas para el ganador y perdedor de cada set fueron:

- Tiempos activos y pasivos:
 - Totales
 - En ZO
 - En ZD
- Distancias recorridas y velocidades:
 - Totales
 - Durante TA
 - Durante TP
 - En ZO durante TA
 - En ZD durante TP
- Número de golpes ejecutados y recibidos:
 - Totales
 - Totales de fondo
 - Cruzados
 - Paralelos

Además, dada la variabilidad de la duración de los sets, se calcularon valores relativos para las variables de distancias recorridas, tiempos y número de golpes, dividiendo el valor de la variable por el total. En el caso de los golpes, únicamente se consideraron los golpes de fondo para el cálculo de los valores relativos.

3.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos). Se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de la muestra y la prueba de Levene para comprobar que se podían asumir varianzas iguales. Se utilizaron pruebas t para muestras independientes para comprobar las diferencias en cuanto a distancia recorrida entre ganadores y perdedores, y análisis de correlación para comprobar las relaciones entre las distintas variables. Se aceptaron como significativas aquellas diferencias, cuya probabilidad de ser debidas al azar, fue inferior al 5% ($p < 0,05$).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. Análisis general

4.1.1. Descriptivos generales

La duración media (DT) de los sets que componen la muestra de estudio fue de 2820 (761) s, donde 732 (201) s fueron de tiempo activo, lo que representa un 26% del tiempo total. Por juego, la duración media fue de 280 (44) s, de los cuales 73 (14) s fueron de tiempo activo. La distancia media recorrida por los jugadores fue de 2382 (735) m, recorriendo 999 (329) m durante el tiempo activo, lo que representa un 42% de la distancia total. En cada juego los jugadores recorrieron una distancia media de 236 (52) m, siendo de 99 (25) m la distancia media recorrida durante el tiempo activo. La velocidad media de desplazamiento fue de 1 (0,11) m/s, siendo de 1.36 (0,16) m/s durante el tiempo activo y de 0,66 (0,9) m/s durante el tiempo pasivo. (Tabla 5)

Tabla 5. Descriptivos generales

	Set			Juego		
	Tiempo Activo	Tiempo Pasivo	Total	Tiempo Activo	Tiempo Pasivo	Total
Duración (s)	732 (201)	2088 (589)	2820 (761)	73 (14)	207 (34)	280 (44)
Distancia recorrida (m)	999 (329)	1383 (428)	2382 (735)	99 (25)	137 (30)	236 (52)
Velocidad (m/s)	1,36 (0,16)	0,66 (0,9)	1 (0,11)	1,36 (0,16)	0,66 (0,9)	1 (0,11)

Por lo que respecta al número de golpes por set, los jugadores ejecutaron una media de 178 (58) golpes, mientras que en cada juego el número medio de golpes fue de 18 (4).

4.1.2 Análisis inferencial

La prueba t para muestras independientes no mostró diferencias significativas en cuanto a la distancia recorrida por los ganadores y perdedores ($t = ,29$; $gl = 36$; $p > ,05$).

4.2. Análisis por zonas

4.2.1 Análisis descriptivo

En la Tabla 6 pueden observarse los estadísticos descriptivos tanto para la ZO como para la ZD. El tiempo medio que permanecieron los jugadores en la ZO a lo largo de un set fue de 572 (170) s, mientras que en cada juego lo hicieron durante 57 (13) s, lo que representa un 78% del TA. La distancia media recorrida en esta zona fue de 744 (258) m por set, siendo de 74 (20) m por juego, lo que supone un 74% de la distancia recorrida durante el TA. La velocidad media a la que se desplazaron los jugadores en esta zona fue de 1,29 (0,14) m/s. En cuanto a la ZD, los jugadores permanecieron un promedio de 160 (93) s a lo largo de un set, y 16 (9) s a lo largo de un juego, siendo esta duración un 22% del TA total. La distancia media recorrida por set fue de 255 (149) m, siendo de 25 (13) m por juego, lo que supone un 26 % de la distancia recorrida durante el TA. La velocidad media de desplazamiento en esta zona fue de 1,63 (0,39) m/s.

Tabla 6. Descriptivos en función de las zonas

	Set		Juego	
	ZO	ZD	ZO	ZD
Tiempo (s)	572 (170)	160 (93)	57 (13)	16 (9)
Distancia recorrida (m)	744 (258)	255 (149)	74 (20)	25 (13)
Velocidad (m/s)	1,29 (0,14)	1,63 (0,39)	1,29 (0,14)	1,63 (0,39)

4.2.2 Análisis inferencial

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos en la prueba t para muestras independientes, donde se comparan las medias del tiempo y la distancia recorrida relativos en las zonas de la pista, con el resultado final.

Tabla 7. Resultados del análisis de las diferencias entre ganadores y perdedores en función del tiempo y la distancia recorrida en las zonas

	t	gl	Significación
Tiempo en ZO	,568	36	,573
Distancia en ZO	,318	36	,752
Tiempo en ZD	,568	36	,573
Distancia en ZD	,318	36	,752

Como puede observarse no existen diferencias significativas entre ganadores y perdedores para ninguna de las variables comparadas.

4.2.3 Análisis de las relaciones

El análisis de correlación no mostró ninguna relación entre la distancia total recorrida durante el TA y las variables de tiempo relativo y distancia recorrida relativa en las dos zonas (Tabla 8).

Tabla 8. Correlación entre la distancia recorrida y el tiempo y la distancia recorrida en la ZO y ZD

	Tiempo en ZO	Distancia recorrida en ZO	Tiempo en ZD	Distancia recorrida en ZD
Distancia recorrida	,674	,489	,674	,489

* $p < ,05$

4.3. Análisis de la dirección de los golpes

4.3.1 Análisis descriptivo

Como puede observarse en la Tabla 9, los jugadores ejecutaron una media de 82 (37) golpes de fondo cruzados por set, mientras que en cada juego el número medio de golpes cruzados fue de 8 (3), lo que representa un 64% del total de golpes ejecutados. En cuanto a los golpes de fondo paralelos, los jugadores ejecutaron 44 (15) golpes por set de media, siendo la media por juego de 4 (1), lo que representa un 25% del total de golpes ejecutados.

Tabla 9. *Descriptivos de los tipos de golpe*

	Set	Juego
Golpes cruzados	82 (37)	8 (3)
Golpes paralelos	44 (15)	4 (1)

4.3.2 Análisis inferencial

La prueba t para muestras independientes llevada a cabo para comprobar las diferencias entre el porcentaje de golpes paralelos y cruzados respecto del total de golpes de fondo ejecutados por los ganadores y perdedores, mostró diferencias significativas entre ambos grupos. Los ganadores ejecutaron un número significativamente mayor de golpes cruzados que los perdedores ($t = ,48$; $gl = 36$; $p > ,05$), que ejecutaron más golpes paralelos (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados del análisis de las diferencias entre ganadores y perdedores en cuanto a la dirección de los golpes ejecutados

	t	gl	Significación
Cruzados	3,481	36	,001
Paralelos	-3,481	36	,001

4.3.3 Análisis de las relaciones

Los valores de correlación entre las direcciones de los golpes ejecutados y recibidos, con la distancia recorrida general y la distancia recorrida y el tiempo en cada una de las zonas, puede observarse en la Tabla 11.

Tabla 11. Correlación entre las direcciones de los golpes y variables temporales y de distancia

	Distancia recorrida	Tiempo en ZO	Distancia recorrida en ZO	Tiempo en ZD	Distancia recorrida en ZD
Cruzados ejecutados	,36*	-,29	-,352*	,29	,352*
Paralelos ejecutados	-,36*	,29	,352*	-,29	-,352*
Cruzados recibidos	,23	,42**	,404*	-,42**	-,404*
Paralelos recibidos	-,23	-,42**	-,404*	,42**	,404*

* $p < ,05$ ** $p < ,001$

Se obtuvo una relación positiva significativa entre el porcentaje de golpes cruzados ejecutados y la distancia recorrida ($r = ,36$; $p < ,05$), así como con la distancia recorrida en la ZD ($r = ,29$; $p < ,05$), obteniéndose el mismo índice de correlación e idéntica significación, pero en sentido negativo, en relación con la ZO ($r = -,29$; $p < ,05$). Del mismo modo, la relación entre el porcentaje de golpes paralelos con las distintas variables es la misma que la de los golpes cruzados, pero en sentido contrario. En cuanto a los golpes recibidos, no se da una relación significativa con la distancia recorrida total, aunque puede observarse una tendencia hacia una relación positiva con los golpes cruzados ($r = ,23$; $p = ,17$). Sí que se obtuvo una relación positiva significativa entre el porcentaje de golpes cruzados y el tiempo en ambas zonas, siendo la relación positiva para la

zona ofensiva ($r = ,42; p < ,05$) y negativa para la zona defensiva ($r = ,42; p < ,05$). La relación del porcentaje de golpes paralelos recibidos con las distintas variables fue la misma que para los golpes cruzados, pero en sentido inverso.

CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como se esperaba, los resultados obtenidos en relación al primer objetivo del estudio, no mostraron diferencias significativas en cuanto a la distancia recorrida durante el tiempo activo entre ganadores y perdedores. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Filipcic (2006) en su estudio con jugadores jóvenes, donde tampoco encontró diferencias significativas entre ambos grupos. La gran mayoría de los estudios que analizan las distancias recorridas, emplean partidos completos como unidad de análisis (Suda et al., 2003; Filipcic, 2006), lo que implica por un lado, una gran variabilidad en cuanto a duración, y por otro, debido al sistema de puntuación del tenis, que las diferencias en cuanto a puntos ganados puedan ser muy bajas o incluso favorables al perdedor del partido. Estas razones, junto con aumentar el tamaño de la muestra hizo que en este estudio se escogiera como unidad de análisis el set, sin embargo, la variabilidad sigue siendo muy grande y se siguen dando los mismos problemas relativos al sistema de puntuación, por lo que deberían emplearse unidades de análisis más concretas como juegos o incluso puntos para poder comprobar si, en esos casos, existen diferencias en cuanto a la distancia recorrida.

Los resultados obtenidos que hacen referencia al segundo objetivo de estudio confirman la hipótesis planteada, al no haber diferencias significativas entre ganadores y perdedores respecto al tiempo y la distancia recorrida en las dos zonas analizadas. El hecho de que un jugador adopte posiciones más defensivas u ofensivas en la pista, no tiene porqué guardar una relación con el resultado, ya que el rendimiento de cada jugador dependerá de su estilo de juego, de la estrategia adoptada en cada momento, y de la efectividad de sus golpes en cada situación. Sin embargo, como ya se ha indicado anteriormente, sería conveniente estudiar este aspecto empleando como unidad de análisis el

punto en lugar del set por las mismas razones que se han expuesto con anterioridad.

En cuanto a la hipótesis relacionada con el tercer objetivo de estudio, se planteaba que existiría una relación significativa positiva entre el tiempo y la distancia recorrida en la zona defensiva, y la distancia recorrida total durante el TA, pero los resultados no han confirmado esta hipótesis. Existen estudios que, a través del análisis de variables fisiológicas, evidencian que el estilo de juego tiene influencia sobre las demandas energéticas, siendo éstas menores para jugadores ofensivos (Fernández, Méndez-Villanueva, Pluim, 2006; Smekal et al., 2001). Esto nos llevaba a pensar que aquellos jugadores que permanecieran durante más tiempo en la zona defensiva recorrerían una mayor distancia, lo que incrementaría sus demandas energéticas. Por ello, como se ha mencionado en la discusión de los dos objetivos anteriores, es muy probable que la unidad de análisis no sea la idónea para poder comprobar estas relaciones, y esto haya provocado que no se cumpla la hipótesis planteada.

Por lo que respecta a la relación entre la dirección de los golpes ejecutados y el resultado final, se había hipotetizado que no existirían diferencias entre ganadores y perdedores, pero los resultados han mostrado como los ganadores ejecutan un mayor porcentaje de golpes cruzados que los perdedores. Según Miley y Crespo (1999) la utilización de los golpes cruzados cuando los dos jugadores se encuentran en el fondo de la pista, va a permitir ganar tiempo y controlar el peloteo, reduciendo además el número de errores no forzados. Por otro lado, uno de los principios tácticos del tenis consiste en la utilización de los ángulos cruzados para desplazar al oponente (Domínguez, 2010). Estos aspectos relacionados con la ejecución de golpes cruzados, parecen haber sido determinantes en el rendimiento de los tenistas participantes en este estudio.

Por lo que respecta al quinto objetivo planteado inicialmente, en el cual se buscaba comprobar la relación entre las direcciones de los golpes con la distancia recorrida y las posiciones en la pista, los resultados confirman la hipótesis de que existe una relación significativa entre las variables, excepto en la relación entre los golpes paralelos recibidos y la distancia recorrida, donde se observa una tendencia, pero no significativa.

La ejecución de un golpe paralelo desde el fondo de la pista, generalmente va a permitir al jugador tomar la iniciativa del punto, ya que el oponente dispondrá de menor tiempo para llegar a la pelota, lo que provocará que en muchas ocasiones, tenga que golpear en una posición defensiva, permitiendo que la posición del jugador que ejecuta el golpe paralelo pueda ser más ofensiva. Por otro lado, aunque en este estudio no se han dado diferencias significativas entre la posición en la pista y la distancia recorrida, por las razones explicadas anteriormente, existen estudios que evidencian unas menores demandas energéticas para jugadores ofensivos (Fernández, Méndez-Villanueva, Pluim, 2006; Smekal et al., 2001), lo que se correspondería con una menor distancia recorrida. Estos aspectos podrían explicar, por un lado, la relación entre la ejecución de un mayor porcentaje de golpes paralelos con una menor distancia recorrida, así como con un mayor porcentaje de tiempo en ZO, y por otro, la relación entre el porcentaje de golpes paralelos recibidos con un mayor porcentaje de tiempo en ZD. Además, como ya se ha mencionado anteriormente, los golpes cruzados van a permitir jugar con un menor riesgo al reducir el número de errores no forzados (Miley y Crespo, 1999), por lo que los jugadores, probablemente tenderán a realizar este tipo de golpes cuando se encuentren en posiciones defensivas, de ahí la relación positiva entre la distancia recorrida total y en ZD, y los golpes cruzados ejecutados.

A partir de los resultados y discusión expuestos a lo largo de este documento en relación a los objetivos e hipótesis establecidos al inicio del trabajo, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- No existen diferencias significativas en cuanto a distancia recorrida entre los ganadores y perdedores de los sets.
- No existen diferencias significativas entre ganadores y perdedores, respecto al tiempo y la distancia recorrida en las posiciones analizadas.
- Los jugadores que permanecen más tiempo y recorren más distancia en posiciones defensivas, no recorren más distancia a lo largo del set.
- Los ganadores ejecutan más golpes cruzados que los perdedores y viceversa.
- Los jugadores que ejecutan un mayor número de golpes paralelos recorren una menor distancia a lo largo del set y permanecen más tiempo en posiciones ofensivas.
- Los jugadores que reciben un mayor número de golpes paralelos recorren una mayor distancia a lo largo del set y permanecen más tiempo en posiciones defensivas.
- Los jugadores que ejecutan un mayor número de golpes cruzados recorren una mayor distancia total a lo largo del set y permanecen más tiempo en posiciones defensivas.

A continuación se indican algunas de las limitaciones encontradas a lo largo del trabajo de investigación presentado:

- Como ya se ha puesto de manifiesto a lo largo de la discusión, la unidad de análisis empleada no es la más idónea para analizar diferencias en cuanto a tiempo, distancias recorridas y resultado. Un análisis por puntos reduciría la variabilidad en cuanto a la duración y, al ser la unidad de análisis más concreta posible, eliminaría los problemas derivados del sistema de puntuación en el tenis ya citados anteriormente.
- La muestra de la cual está compuesta el estudio, a pesar de ser representativa de la situación concreta en la que se desarrolló el torneo, no permite que los resultados obtenidos sean generalizables al tenis de élite. Para ello, sería necesario un tamaño de muestra mayor, que permitiera analizar más jugadores y distintas superficies, tanto en pista cubierta como al aire libre.

Seguidamente se muestran las principales aportaciones que presenta este trabajo:

- Existen poca investigación en la que se analice el movimiento de jugadores de tenis de alto nivel, por lo que la información aportada en este trabajo en cuanto a distancias recorridas, velocidades y tiempos puede ser muy valiosa tanto para investigadores como para entrenadores que centren su trabajo en este deporte.
- El análisis de las posiciones en la pista y las direcciones de los golpes, relacionado con el movimiento, es un aspecto que no se ha

investigado previamente en el tenis, y que por tanto, dota de un mayor interés a la información aportada en este estudio.

Finalmente, se indican algunas posibles líneas de investigación relacionadas con el área en la cual se ha centrado este trabajo:

- Estudios que lleven a cabo un análisis por puntos de las mismas variables que se han utilizado en este trabajo con muestras similares, lo que permitiría averiguar si las diferencias o relaciones que no se han dado en esta investigación han sido debidas al tipo de análisis.
- Investigaciones que adopten líneas similares a la seguida en el presente trabajo empleando distintas muestras con jugadores de distintos niveles o distintas superficies
- Estudios que analicen la efectividad de los golpes en función de las zonas que se ejecuten, relacionándola con variables de movimiento, como la distancia recorrida entre golpes, el tiempo disponible entre golpes, la posición del oponente, etc.
- Complementar la información obtenida mediante el análisis notacional con registros de variables fisiológicas, como la frecuencia cardíaca o el consumo de gases.

CAPÍTULO 6

REFERENCIAS

6. REFERENCIAS

- Barris, S. & Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Med*, 38(12), pp. 1025-1043.
- Bloomfield, J., Polman, R. & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, pp. 63-70.
- Brimberg, J., Hurley, W.J. & Lior, D.U. (2004). Allocating energy in a first-to-n match. *Journal of Management Mathematics*, 15(1), pp. 25–37.
- Collinson, L. & Hughes, M. *Surface effect on strategy of elite female tennis players. Journal of Sports Science*, 21, pp. 266–267.
- Crespo M. & Miley D. (1999). *Manual para entrenadores avanzados* (pp. 47-49). London: International Tennis Federation.
- Domínguez, G. (2010). Aspectos a tener en cuenta para el diseño de ejercicios basados en la táctica en el deporte del tenis. *Revista de transmisión del conocimiento educativo y de la salud*, 2(5), pp. 423-440.
- Downey, J.C. (1973). *The Singles Game*. London: E.P.Publications.
- Edgecomb, S.J. & Norton, K. (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, pp. 25-32.

- Fernández, J., Méndez-Villanueva A. & Pluim, B.M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40, pp. 387-391.
- Fernández-Fernández, J., Sanz-Rivas, D., Sánchez-Muñoz, C., Pluim B.M., Tiemessen, I. & 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), pp. 1-7.
- Ferris, T.L. (2003). Emergence: An illustration of the concept for education of young students. En: Proceedings of the Thirteenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (pp. 945–956). Australia.
- Franks, I.M. (1996) Use of feedback by coaches and players. In Reilly, T., Bangsbo J. & Hughes M. (Eds.) *Science and Football III*. London: E. and F.N. Spon.
- Franks, I.M., Goodman, D. & Miller, G. (1983). Analysis of performance: Qualitative or Quantitative. *SPORTS*, March.
- Fullerton, H.S. (1912). The inside game: the science of baseball. *The American Magazine*, 70, pp. 2-13.
- Gale, D. (1971). Optimal strategy for serving in tennis. *Mathematics Magazine*, 44(4), pp. 197–199.
- George S.L. (1973). Optimal strategy in tennis: a simple probabilistic model. *Applied Statistics*, 22, pp. 97–104.



- Gillman, L. (1985). Missing more serves may win more points. *Mathematics Magazine*, 58(4), pp. 222–224.
- Hannan, E.L. (1976). An analysis of different serving strategies in tennis. En Ladany, S.P., Machol, R.E. & Morrison D.G. (Eds). *Management Science in Sports* (pp. 139-141). Amsterdam: North–Holland Publishing Company.
- Hughes, M. (1985). A comparison of the patterns of play of squash. En Brown, I.D., Goldsmith, R., Coombes, K. & Sinclair, M.A. (Eds.), *International Ergonomic* (pp. 139-141) London: Taylor & Francis.
- Hughes, M.D. (1994). A time-based model of the activity cycles in squash, with different scoring systems, and tennis, on different surfaces, *Journal of Sports Science*, 13, pp. 85.
- Hughes, M.D. & Barlett, R. (2007). What is performance analysis?. En Hughes, M. (Ed.), *Basics of Performance Analysis* (pp. 6-11). Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.
- Hughes M. & Clarke. S. (1995). Surface effect on patterns of play of elite tennis players. En: Reilly, T., Hughes, M. & Lees, A. (Eds.). *Science of Racket Sports* (pp. 272-278). London: E. & F. N. Spon.
- Hughes, M.D. & Franks, I.M. (1997). *Notational Analysis of Sport*. London: E. & F. N. Spon.
- Hughes, M.D. & Franks, I.M. (2007). The need for objective feedback. En Hughes, M. (Ed.), *Basics of Performance Analysis* (pp. 6-11). Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.

- Hughes, M., Hughes, M.T. & Behan, H. (2007). The evolution of computerised notational analysis through the example of racket sports. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 1(1), pp. 3-28.
- Hughes, M. & Meyers, R. (2005). Movement patterns in elite men's singles tennis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5(2), pp. 110-134.
- Hughes M. & Moore, P. (1998). Movement Analysis of Elite Level Male Serve and Volley Tennis Players. En: Lees, A., Maynard, I., Hughes M. & Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 254-259). London: E. & F. N. Spon.
- Messersmith, L.L. & Corey, S. M. (1931). Distance traversed by a basketball player. *Research Quarterly*, 2(2), pp. 57-60.
- Murray, S., Maylor, D. & Hughes, M.D. (1998) The effect of computerised analysis as feedback on performance of elite squash players. En: Lees, A., Maynard, I., Hughes M. & Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 235-240). London: E. & F. N. Spon.
- Murray, S., Hughes, M.T., White, C. & Locke, D. (2007). Analysis of performance. En Hughes, M. (Ed.), *Basics of Performance Analysis* (pp. 21-31). Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.
- Norman, J.M. (1985). Dynamic programming in tennis-when to use a fast serve. *J. Opl Res. Soc*, 36(1), pp. 75-77.
- O'Donoghue, P.G. (2002a). The most important points in Grand Slam singles tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, pp. 125-135.

- O'Donoghue, P.G. (2006). Elite tennis strategy during tie-breaks. En Dancs, H., Hughes, M. & O'Donoghue, P.G. (Eds.), *Performance Analysis of Sport 7* (pp. 654-660). Cardiff: CPA Press, UWIC.
- O'Donoghue, P.G. & Ingram, B (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sport Sciences*, 19, pp. 107-115.
- O'Donoghue, P.G. & Liddle, S.D. (1998a). A notational analysis of time factors of elite men's and ladies' singles tennis on clay and grass surfaces En: Lees, A., Maynard, I., Hughes M. & Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 241-246). London: E. & F. N. Spon.
- O'Donoghue, P.G. and 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. & Reilly, T. (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 247-253). London: E. & F. N. Spon.
- Pers, J., Bon, M., Kovacic, S., Sibila, M., & Dezman, B. (2002). Observation and analysis of large-scale human motion. *Human Movement Science*, 21, pp. 295-311.
- Reep, C. & Benjamin, B. (1968). Skill and Chance in Association Football. *Journal of the Royal Statistical Society*, 131(4), pp. 581-585.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15, pp. 257-263.

- Reilly, T. & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, pp. 87-97.
- Richers, T. A. (1995). Time-motion analysis of the energy systems in elite and competitive singles tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 28, pp. 73-86.
- Sanderson, F.H. (1983). A notation system for analysing squash. *Physical Education Review*, 6, pp. 19-23.
- Sanderson, F.H. & Way, K.I.M. (1979). The development of objective methods of game analysis in squash rackets. *British Journal of Sports Medicine*, 11(4), p. 188.
- Schonborn, R. (1999). The return of serve. En: *Proceedings of the 11th ITF Worldwide Coaches Workshop: Top Tennis Coaching* (pp. 38–43). London: ITF.
- Smekal, G., Von Duvillard, S.P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P. Baron, R., Tschan, H. & Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), pp. 999-1005.
- Suda K., Michikami, S., Sato, Y., Umebayashi, K. (2003). Automatic measurement of running distance during tennis matches using computer-based trace analysis. *Applied sport science for high performance tennis*, pp. 151.
- Takahashi, H., Wada, T., Maeda, A., Kodama, M., Nishizono, H., & Kurata, H. (2006) The relationship between court surface and tactics in tennis using

- a computerized scorebook for tennis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(2), pp. 15-25.
- Unierzyski, P. & Wieczorek, A. (2004). Comparison of tactical solutions and game patterns in the finals of two grand slam tournaments in tennis. En: Lees, A., Kahn, J.F. & Maynard, I.W. (Eds.). *Science and Racket Sports III* (pp. 169-174). London: Routledge.
- Verlinden, M., Van Ruyskenvelde, J., Van Gorp, B., De Decker, S., Goosen, R. & Clarijs, J.P. (2004). Effect of gender and tennis court surface properties upon strategy in elite singles. En: Lees, A., Kahn, J.F. & Maynard, I.W. (Eds.). *Science and Racket Sports III* (pp. 163-168). London: Routledge.
- Vuckovic, G., Dezman, B., Erculj, F., Kovacic, S. & Pers, J. (2002). Computer tracking of players at squash matches. *Acta kinesiol.* 7, pp. 216-220.
- Vuckovic, G., Pers, J., James, N. & Hughes M. (2009). Tactical use of the T area in Squash by players of differing standard. *Journal of Sports Sciences*, 27 (8), pp. 863-871.
- Vuckovic, G., Pers, J., James, N. & Hughes, M. (2010). Measurement error associated with the SAGIT/Squash computer tracking software. *European Journal of Sport Science*, 10(2), pp. 129-140.
- Walker, M. & Wooders, J. (2001). Minimax play at Wimbledon. *American Economic Review*, 91(5), pp. 1521–1538.