

DESCRIPCIÓN DE INDICIOS PERCEPTIVOS DE VELOCIDAD PARA LA ANTICIPACIÓN DEL SERVICIO DE TENISTAS PROFESIONALES¹

Patrick Zawadzki^{1,2} y Josep Roca i Balasch¹

Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya, Universidad de
Barcelona, España¹ y Departamento de Tênis de Campo, Country Clube
de Chapecó, Brasil²

RESUMEN: El objetivo del estudio fue describir cuatro indicios perceptivos en situación real de competición para facilitar la anticipación en el resto del servicio de tenis. Se utilizó de un diseño observacional con base en el análisis cinemático de dos dimensiones. Fueron participantes jugadores profesionales diestros ($n = 18$) clasificados en ATP ($M = 112.84$, $DT = 86.02$). El análisis de correlación canónica fue utilizado sobre 42 variables en 293 servicios para encontrar indicios de apertura, profundidad y velocidad. El resultado principal demostró una fuerza de correlación para los segundos servicios de $R_c = 0.97$ ($Wilks = 0.0056$, $Chisq = 303.45$, $pChisq < 0.001$, $F = 4.67$, $pF < 0.001$, $df1 = 117$, $df2 = 117.74$). Los coeficientes canónicos de mayor peso y más anteriores al impacto en la ecuación sugieren el codo del brazo de la raqueta y el hombro del lanzamiento como indicios de velocidad. Se evidencia la relevancia temática del Estudio del Contrario como facilitador de respuestas más rápidas y ajustadas en situaciones de enfrentamiento en el deporte.

PALABRAS-CLAVE: Indicios de velocidad, percepción de movimiento, anticipación, tenis profesional.

SPEED PERCEPTUAL CUES DESCRIPTION FOR SERVE ANTICIPATION IN PROFESSIONAL TENNIS

ABSTRACT: The aim of this study was to describe four perceptual cues during real situation to help the anticipate response on tennis serve devolutions. An observational design was used thru bi-dimensional kinematics analysis. Were participants professional male players ($n=18$) with ATP ranking ($M = 112.84$, $DT = 86.02$). Canonical correlation analysis was applied in 42 variates by 293 serves to define wide, depth, and speed cues. Main result showed strong correlation on second serves $R_c = 0.97$ ($Wilks = 0.0056$, $Chisq = 303.45$, $pChisq < 0.001$, $F = 4.67$, $pF <$

0.001, $df1 = 117$, $df2 = 117.74$). Inside equation strongest canonical coefficients earlier from impact suggest the racket elbow and toss shoulder as speed perceptual cues. The Opponent Study importance as facilitator of faster and better adjusted responses in sport opposition situations was marked.

KEY-WORDS: Speed cues, movement perception, anticipation, professional tennis

DESCRIÇÃO DE INDÍCIOS PERCEPTIVOS DE VELOCIDADE PARA A ANTECIPAÇÃO DO SERVIÇO DE TENISTAS PROFISSIONAIS

RESUMO: O objetivo deste estudo foi descrever quatro indícios perceptivos em situação real de competição para facilitar a resposta antecipada durante a devolução do serviço de tênis. Foi utilizado um desenho observacional com base na análise da cinemática em duas dimensões. Foram participantes jogadores profissionais destros ($n = 18$) classificados no ranking ATP ($M = 112.84$, $DT = 86.02$). A análise de correlação canônica foi utilizada sobre 42 variáveis em 293 serviços para encontrar indícios de abertura, profundidade e velocidade. O resultado principal demonstrou uma força de correlação nos segundos serviços de $R_c = 0.97$ ($Wilks = 0.0056$, $Chisq = 303.45$, $pChisq < 0.001$, $F = 4.67$, $pF < 0.001$, $df1 = 117$, $df2 = 117.74$). Os coeficientes canônicos de maior peso e mais anteriores ao impacto na equação sugerem o cotovelo do braço da raquete e o ombro do braço de lançamento como indícios de velocidade. Evidencia-se a relevância temática do Estudo do Oponente como facilitador de respostas mais rápidas e ajustadas para as situações de enfrentamento no esporte.

PALAVRAS-CHAVE: Indícios de velocidade, percepção de movimento, antecipação, tênis profissional.

Una de las situaciones más difíciles en el tenis profesional es la del resto en el servicio delante a un buen sacador. Por tener la pelota sobre su dominio para iniciar el ataque el gesto técnico queda apurado, y por lo tanto, el rendimiento aumentado. Tal hecho genera una ventaja estratégica por permitir el ataque desde el primer golpeo en cada disputa por puntos.

Actualmente, el mayor registro de velocidad de un servicio se encuentra en los 263 km/h (ATP, 2012). Como ejemplo para elucidar el problema, cuando se piensa en un saque con una trayectoria de pelota de 20m entre el impacto con la raqueta y el bote en el cuadrado de servicio, si aquella velocidad fuera constante, el tiempo que tal pelota llevaría en cruzar la pista sería de aproximadamente 0,273s. Mottram (1975), ya había apuntado que un servicio ejecutado a 200km/h deja al restador cerca de 0,4s para

elaborar su respuesta hasta el momento del impacto en el cuadrado de servicio. Abernethy y Wollstein (1989) explican que a esta velocidad y considerando la desaceleración, el tiempo total para la respuesta sería alrededor de 0,6s.

Según Dent (1994), el tiempo necesario para que un jugador ejecute una técnica completa de golpeo de fondo es cerca de 0,3s. Si la respuesta del jugador fuera única y reaccionara solo al momento de impacto de la raqueta con la pelota, lo que caracterizaría un tiempo de reacción simple (Roca, 1983), haría falta más 0,2s para el inicio de la respuesta. Así que, si consideramos lo que Mottram (1975) citó, ya sería posible detectar la existencia de un déficit de 0,1s en el cual el restador debería resolver por lo menos la dirección del servicio. Pero, en realidad la respuesta no es simple, porque además, el jugador debe defender un área de servicio oficial con tamaño alrededor de 26,3m² donde el sacador puede optar por ejecutar diferentes combinaciones de direcciones, efectos y velocidades.

Es evidente que al restador queda resolver este déficit temporal anticipando el momento de impacto raqueta-pelota. Una de las opciones posibles podría darse por medio de la percepción de los movimientos preparatorios del oponente relativos a la técnica de ejecución. Abernethy y Wollstein (1989), Singer, Carough, Chen, Steinberg y Frehlich (1996), Tenenbaum, Levy-Kolker, Sade, Liebermann y Lidor (1996) y Goulet, Bard y Fleury (1989) son ejemplos de autores que dedicaron sus estudios a esto y demostraron que los jugadores expertos desarrollan la habilidad para predecir la dirección de la pelota antes de aquello momento.

Una de las líneas de investigación desarrollada desde entonces, sigue utilizando los videos como herramienta en su método. Scott, Scott y Howe (1998) utilizaron la presentación de videos con incremento de velocidad de exposición para entrenar la anticipación, después del aprendizaje con video encontró resultados en pista que sugieren una mejora en la capacidad. Rowe y McKenna (2001) desarrollaron una prueba con video válido para evaluar la anticipación de los jugadores en tenis, con ello también fueron capaces de diferenciar la capacidad de anticipación desarrollada por los jugadores expertos. Williams, Ward, Knowles y Smeeton (2002), utilizaron los videos para diferenciar expertos de menos expertos a partir del registro de la mirada en una primera fase y luego crear situaciones de simulación con instrucción y refuerzo para anticipar la dirección de los golpes de los oponentes. Farrow, Abernethy y Jackson (2005), utilizaron el método de oclusión temporal para identificar en qué momento los jugadores sacaban información de la técnica del contrario para elaborar su resto. Con dos experimentos, uno en laboratorio y otro en pista, encontraron resultados consistentes entre las dos condiciones apuntando que los jugadores realizan mejores

respuestas utilizándose de información encontrada en la ventana de tiempo que comprende entre 0,3s antes y 0,3s después del impacto raqueta-pelota en el servicio.

Estos estudios aportan evidencias respecto a diferencias existentes en lo que miran y durante qué periodo los jugadores pueden sacar información mientras anticipan el servicio de tenis. Entendiendo que el mirar está relacionado a la sensación y el ver a la percepción, tal como también difieren Goldstein (2006) y Roca (2006), estudios destinados a lo que ven los jugadores cuando miran el servicio todavía son pocos. La dificultad parece residir en ofrecer una explicación del porqué los jugadores miran hacia determinados puntos y momentos mientras realizan el resto.

En el circuito profesional es posible encontrar jugadores capaces de resolver este problema, lo que evidencia el establecimiento de algún tipo de asociación psicológica facilitadora. Roca (2006), cuando relata sobre el nivel funcional psicológico, apunta que las asociaciones perceptivas pueden darse de dos maneras: constante o configurada. La relación asociativa entre valores de estimulación en la primera se da con valores fijos y en la segunda con valores variables. El caso del resto en el servicio exige del jugador que se establezca una asociación configurada, donde los valores de estimulación primeros permiten que se anticipen los valores siguientes.

Entendiendo con este supuesto que la acción de servir ofrece indicios para que el mismo jugador pueda anticipar la dirección, velocidad y efecto producidos en la pelota por el contrario, el planteamiento general para este estudio ha sido atender a un nivel descriptivo de posibles indicios levantados en la literatura. Esta necesidad surge del hecho que la mayoría de los estudios revisados, que utilizan el video en su método de investigación, sostienen sus argumentos basados en las respuestas de jugadores frente a un único sacador.

Otros autores hicieron el intento de ofrecer indicios que pudiesen servir para que los restadores respondiesen a todos los sacadores. En una revisión sobre 40 años de estudios sobre anticipación en tenis, Crognier y Fery (2007) apuntan que los indicios llamados visuales relativos al movimiento del oponente derivan de la orientación corporal, dando como ejemplos de ello: la posición de apoyo, la orientación de la espalda y el movimiento del conjunto brazo-raqueta hacia el impacto. Sin embargo, no ofrecen una discusión respecto de los posibles tipos de asociación que el jugador pueda establecer para elaborar su respuesta.

Hernández y Sicilia (1998) amplían la discusión acerca de la ventana del tiempo revisada anteriormente cuando analizaran un jugador profesional, afirman que es posible sacar información a partir de la posición de alcance máximo del lanzamiento de la pelota en relación con la cabeza y la dirección producida por la propia acción técnica del servicio, su objetivo fue estudiar los indicios perceptivos o pre-índices relacionados

a los aspectos biomecánicos que el participante podría ofrecer. También sobre el lanzamiento de la pelota en el servicio, Zawadzki y Roca (2009, 2010), en un estudio piloto acerca de indicios perceptivos, analizaron el lanzamiento de ocho tenistas profesionales y fueron capaces de demostrar la relación con la profundidad del servicio, proporcionando una dimensión más a ser considerada en los planes de entrenamiento para el resto.

En el trabajo realizado por Singer, Cauraugh, Chen, Steinberg, Frehlich y Wang (1994), el objetivo propuesto era el de entrenar la rapidez mental de los jugadores frente a una serie de golpes, cuando en pista, recibían instrucciones de entrenadores que los acompañaban en cada situación. En el resto, eran instruidos a mirar tres tipos de indicios, el lanzamiento de la pelota (más adelante del cuerpo o sobre la cabeza), el hombro del lanzamiento y el ángulo de la cara de la raqueta, donde el objetivo era intentar predecir el efecto del servicio (plano o liftado) además de la posible dirección. La decisión por utilizar estos indicios como información a los participantes partió de la experiencia profesional de los entrenadores. Los resultados encontrados fueron positivos con el grupo que realizó las tareas de laboratorio, los autores apuntan que las decisiones fueron más rápidas cuando debían reaccionar a los servicios, además de registrar tiempos de anticipación más cortos, incrementaron la precisión en predecir el tipo y la localización del servicio ejecutado.

Considerando las informaciones levantadas anteriormente, es posible concretar que al restador hace falta encontrar indicios los más anteriores posibles al momento impacto-raqueta para que gane tiempo en la elaboración de su respuesta al servicio. Por esta razón, este estudio ha tenido como objetivo describir cuatro propuestas de posibles indicios en la situación real de competición formulados a partir de la revisión de literatura, buscando establecer una relación con la dirección-velocidad producida en la pelota hasta el impacto en el cuadrado de servicio. El primer indicio estudiado fue el de posición (Pos) en relación con el centro de la pista. El segundo indicio descrito fue el del ángulo formado por la trayectoria de la pelota durante el lanzamiento (Lan). Como tercer indicio, el del arco formado por el cuerpo en el momento de máxima flexión en el servicio (Arc). Por último, el cuarto indicio (Ang) intentó resumir el ataque del brazo-raqueta del sacador en conjunto con la pelota y el hombro del lanzamiento en el primer momento en que el codo surgía por detrás del cuerpo del sacador.

MÉTODO

Este estudio ha sido preparado para describir la observación en situación real de competición sin ofrecer cualquier tipo de influencia o daño a los jugadores, utilizándose del análisis de la cinemática en dos dimensiones. Atendiendo al principio 8.03 del

código de ética de la APA, se encuadra a la tipología “observación naturalista en local público”, porque se considera que ofrece una situación de riesgo mínimo a los participantes (Shaughnessy, Zechmeister y Zechmeister, 2007). La autorización sobre los derechos de imagen y realización de la investigación fueron concedidos por la Federación Catalana de Tenis.

Participantes

Fueron participantes del estudio jugadores profesionales diestros ($n=18$), con edad media de 24,59 años ($DT = 3.07$) y estatura media de 1,84m ($DT = 0.06$). Todos clasificados en la lista de jugadores profesionales de la ATP ($M = 112.84$, $DT = 86.02$, diez entre los 100 primeros, cinco hasta los 200 y tres hasta los 305). En total los participantes procedían de nueve naciones distintas. Todos fueron registrados jugando en la misma pista en la primera y segunda ronda de competición oficial, durante su participación en el Trofeo Conde de Godó de Barcelona.

Material

Fue utilizada una cámara de video con trípode modelo DVR-HC23E (Sony Corporation, Japón) para la toma de imágenes en pista. Una vez que los videos fueron digitalizados, editados y ordenados, se empleó el software *Utilius®EasyInspect* versión 2.0.7 (Heinrich, 2009) para la medición de las coordenadas espaciales (cm) y temporales (s). Para el tratamiento de datos se utilizó el software *Matlab*, versión 7.11.0 R2010b (The Mathworks, Inc.) con la aplicación de la herramienta *Statistics Toolbox™*. Además, fue utilizado un ordenador modelo VPCS11C5E (Sony Corporation, Japón) acoplado a una pantalla de 23 pulgadas y material de escritorio para la realización del proyecto.

Procedimiento

Una vez acordados los permisos para la realización del proyecto, el paso siguiente fue determinar cuál pista del torneo sería mejor para las grabaciones y que además, propiciara la mejor posición para la cámara y el investigador. El objetivo era el de aproximarla el máximo posible del campo de visión del restador. La posición encontrada estaba situada a cerca de 8m de la línea de fondo siguiendo la línea lateral de la pista de individuales del lado del cuadrado de iguales del servicio, y a cerca de 2,1m de altura por encima de la pared divisora de la grada-pista (Figura 1). Ya en la semana anterior al torneo, se utilizó la aproximación óptica para encuadrar la imagen conteniendo el posible sacador y toda la altura del lanzamiento y el cuadrado de servicio de iguales. Una vez fijada la posición para este cuadro fue determinado los puntos de

calibración utilizados para el software de análisis cinemática. Fueron determinadas dos áreas de medición. La primera referente al servicio, ubicada sobre toda la línea del fondo de la pista de individuales, comprendiendo un rectángulo perpendicular al suelo de dos metros de altura con 8,23m de largura. La segunda referente al bote en el cuadrado de servicio, se utilizó las líneas del propio cuadrado como referencia para la calibración (6,4 x 4,14m.). En la semana del torneo, fue dado inicio a las grabaciones. En total se registró 494 servicios, siendo excluidos para el análisis los servicios que tenían como resultado el envío de la pelota en la red (*net*) o para fuera del cuadrado del servicio (*out*), además de aquellos en que el restador optaba por entrar en la pista para restar y que ocasionalmente ocluía la visión del bote de la pelota.

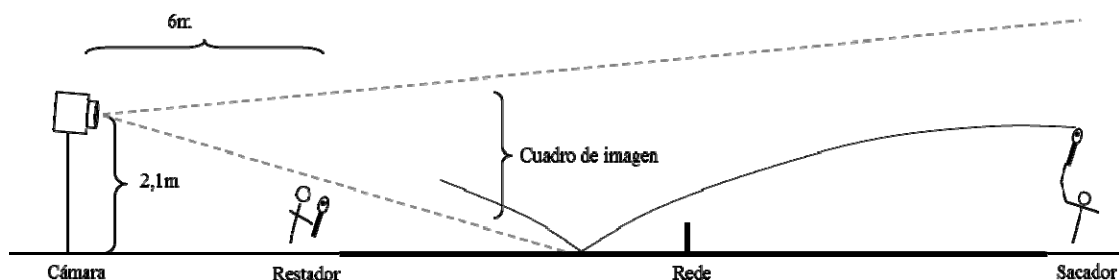


Figura 1. Posición de la cámara en la pista para la toma de imágenes de los sacadores

Una vez capturados los videos, estos fueron convertidos al formato digital, editados en archivos referentes al servicio y ordenados por jugador. En la fase siguiente los archivos fueron importados al software de análisis cinemático y determinado el procedimiento para la medición de los indicios. Todos los indicios fueron mensurados en centímetros (cm) y en grados (°) cuando el caso. Para el registro de cada indicio fueron determinados los puntos espaciales en coordenadas bidimensionales (x, y) que le componía, conforme Figura 2. A modo de estandarización de la digitalización de cada punto cinemático que componía un indicio, siempre se cogió el pixel más arriba y más a la izquierda como referencia cuando había dudas respecto de la precisión de la imagen acerca del punto espacial establecido. El primer indicio, el de posición (Pos) fue medido con la distancia del pie izquierdo del sacador hasta la marca de mitad de pista situada sobre la línea del fondo. El segundo indicio, el del lanzamiento de la pelota (Lan), se medió utilizando como vértice la altura máxima atingida por la pelota y el momento de despegue e impacto con la pelota como puntos determinantes de sus semirrectas. El tercer indicio estudiado fue el del arco del cuerpo (Arc) formado entre la punta del pie izquierdo, la rodilla de la pierna izquierda y la parte más alta de la cabeza en el momento

de máxima flexión justo antes del inicio del ataque hacia la pelota. El cuarto indicio – Ang, fue compuesto por el ángulo formado por el hombro del brazo del lanzamiento, la altura de la pelota y la posición del codo de la raqueta en el momento que este surgía por detrás del cuerpo del sacador. El intento fue presentar una medida del ataque brazo-raqueta que fuera lo más anterior posible al impacto con la pelota. Además, las variables citadas anteriormente también fueron registradas todas en el momento de impacto. Cada uno de estos registros de servicio siguió acompañado de la observación del bote producido en el cuadrado de servicio, tres aspectos fueron registrados: el tiempo que tarda la pelota en llegar hasta el bote a partir del impacto con la raqueta del sacador, la profundidad y apertura del bote medida a partir de la red y de la línea central del cuadrado de servicio. Una vez que los datos de los indicios fueron recogidos se inició la fase de tratamiento de datos.

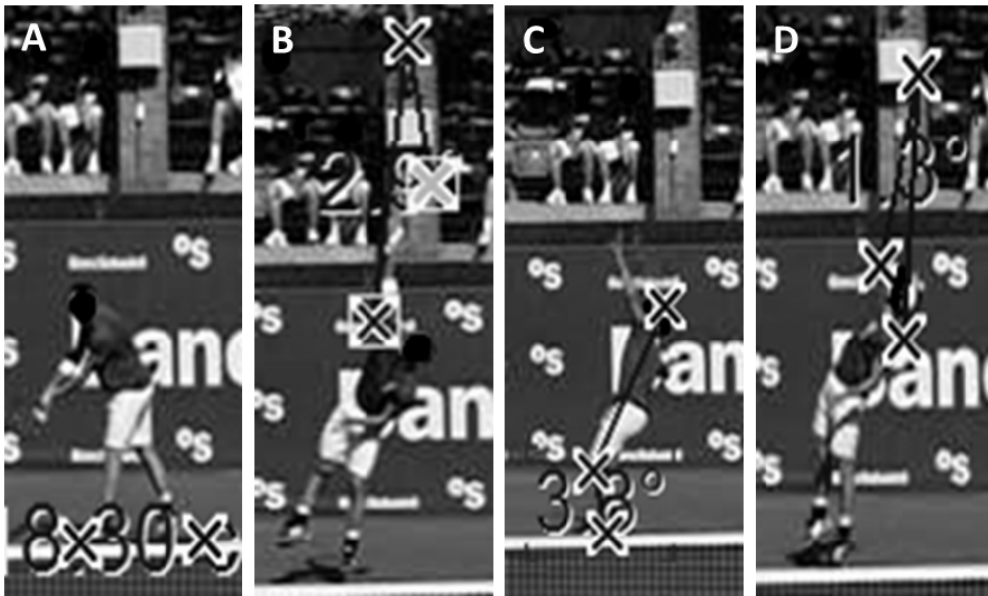


Figura 2. Indicios perceptivos del servicio. A) Posición. B) Lanzamiento. C) Arco del Cuerpo. D) Ángulo de ataque.

Análisis estadístico

Fueron analizados en total 293 servicios por medio de 42 variables. La prueba de Correlación Canónica (R_c), desarrollada por Hotelling (1936), fue aplicada entre los grupos de variables que comprendían el servicio y el bote en el cuadrado. Entendiendo el primero como el grupo de elementos de estimulación y el segundo como de resultado

de la acción, de esa manera, se atiende al concepto de configuración perceptiva adoptado y se justifica el uso de esta prueba. El análisis se restringió solamente al primer coeficiente de correlación, sus coeficientes canónicos y sus respectivos coeficientes de significación: Lambda de Wilks (*Wilks*), el Chi-Cuadrado (*Chisq* y *pChisq*) de Bartlett (1947) con la modificación de Lawley (1959), Rao (*F* y *pF*) para hipótesis nula, además de los grados de libertad de *Chisq* (*df1*) y del estadístico *F* (*df2*). Dos propósitos tuvieron lugar en el análisis de datos. El primero fue identificar si las variables formuladas por la revisión podrían servir de indicio para algún tipo de dimensión que el restador debería atender (apertura, profundidad y velocidad). El segundo fue explorar una asociación entre ellos, es decir, si había una posible combinación entre las variables que componían los indicios que pudiesen aumentar la fuerza de la predicción y disminuir la multicolinealidad.

RESULTADOS

El primer objetivo del análisis fue saber cuanto cada indicio y sus variables podrían ser predictivas del servicio. Los resultados encontrados fueron los siguientes: para la posición $R_c = 0.04$ (*Wilks* = 0.99, *Chisq* = 0.42, *pChisq* = 0.93, *F* = 0.14, *pF* = 0.93, *df1* = 3, *df2* = 302) teniendo el coeficiente predictivo de mayor peso el tiempo hasta el bote (54.84); para el lanzamiento $R_c = 0.25$ (*Wilks* = 0.89, *Chisq* = 36.39, *pChisq* = 0.05, *F* = 1.53, *pF* = 0.05, *df1* = 24, *df2* = 856.191) con el mayor peso en el grupo predictivo también para el coeficiente del tiempo hasta el bote (-10.87); para el arco del cuerpo el valor encontrado fue de $R_c = 0.36$ (*Wilks* = 0.73, *Chisq* = 93.41, *pChisq* < 0.001, *F* = 2.13, *pF* < 0.001, *df1* = 45, *df2* = 856.35) y el coeficiente del bote como mayor peso en el grupo predictor (3,53); y por último, para el ángulo de ataque $R_c = 0.37$ (*Wilks* = 0.72, *Chisq* = 94.43, *pChisq* < 0.001, *F* = 2.16, *pF* < 0.001, *df1* = 45, *df2* = 856.35) con el bote otra vez como el predictor de mayor peso (17.05).

En un segundo momento, a razón de los resultados encontrados anteriormente, se analizó la posible interacción entre los indicios en todos los servicios registrados, y después solamente en los primeros intentos y los segundos intentos. Los resultados obtenidos revelan valores para todos los servicios de $R_c = 0.26$ (*Wilks* = 0.92, *Chisq* = 22.03, *pChisq* = 0.037, *F* = 1.85, *pF* = 0.037, *df1* = 12, *df2* = 756.97). Para los primeros intentos $R_c = 0.21$ (*Wilks* = 0.94, *Chisq* = 12.67, *pChisq* = 0.39, *F* = 1.05, *pF* = 1.05, *df1* = 12, *df2* = 569.12). Y para los segundos intentos $R_c = 0.47$ (*Wilks* = 0.74, *Chisq* = 22.39, *pChisq* = 0.03, *F* = 1.92, *pF* = 0.03, *df1* = 12, *df2* = 196.07). Todas las condiciones presentaron como mayor coeficiente canónico el tiempo del impacto hasta el bote (6.81; -14.48; 16.98). La Figura 3 presenta la relación entre los valores de los coeficientes canónicos en el grupo de los indicios. Pese el hecho que los resultados no

fueron significativos para el grupo de primeros intentos, nótese la relación inversa en el orden de pesos y la fuerza creciente de la izquierda hacia la derecha en los coeficientes canónicos entre el análisis ejecutado en todos servicios, primeros intentos y los segundos intentos. Es posible leer que el Ángulo del codo-pelota-hombro representa un peso importante en la predicción en cualquiera de las condiciones analizadas.

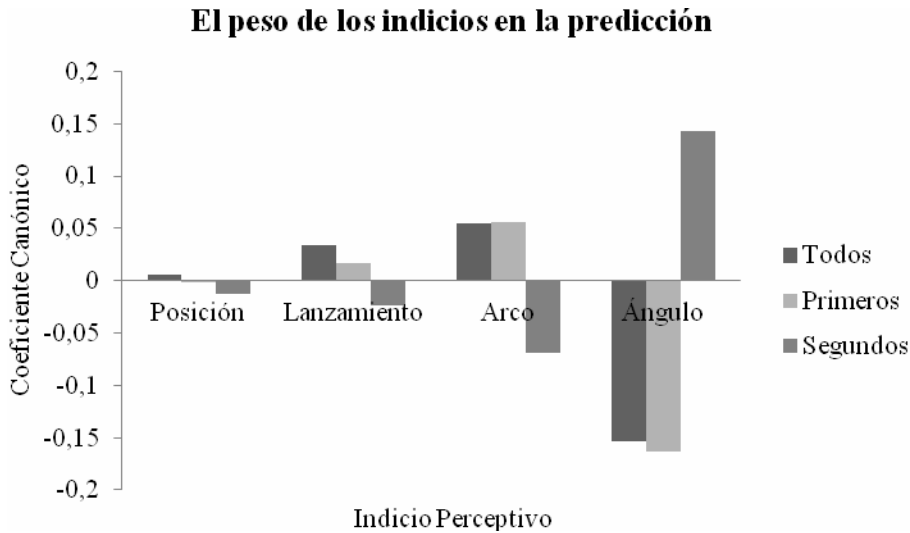


Figura 3. Coeficientes Canónicos de los indicios para cada condición de análisis. Todos los servicios $R_c = 0,26$. Primeros intentos $R_c = 0,21$. Segundos intentos $R_c = 0,47$.

El segundo objetivo de análisis fue el de averiguar la existencia de una asociación entre los indicios y las variables que le componían (Tabla 1 y 2). La Tabla 1 presenta los resultados para la combinación de todos los indicios y sus variables. Los resultados para el análisis sobre todos los servicios fueron $R_c = 0.46$ ($Wilks = 0.58$, $Chisq = 152.07$, $pChisq < 0.001$, $F = 2.13$, $pF < 0.001$, $df1 = 75$, $df2 = 793.05$), para los primeros servicios $R_c = 0.53$ ($Wilks = 0.47$, $Chisq = 147.88$, $pChisq < 0.001$, $F = 2.1$, $pF < 0.001$, $df1=75$, $df2 = 550.91$) y para los segundos servicios fueron $R_c = 0.85$ ($Wilks = 0.11$, $Chisq = 146.74$, $pChisq < 0.001$, $F = 2.37$, $pF < 0.001$, $df1 = 75$, $df2 = 159.3$). Los coeficientes con mayor peso en ambos grupos fueron otra vez el tiempo que tarda el codo hasta el impacto (-17.69; 4.22; -12.68) y el tiempo para el bote (0.45; 11.10; -6.17).

	Todos	1ºs	2ºs
Primero Rc	0.46	0.53	0.85
Cof. Canónicos			
<i>Servicio</i>			
posición	0.01	0.02	0.11
lanzamiento	0.01	-0.01	0.01
despeguex	-0.16	-0.08	-0.31
despeguey	-0.08	0.11	0.04
alturax	0.28	0.06	0.81
alturay	0.06	-0.09	0.18
impactox	-0.41	-0.23	-0.70
impactoy	-0.03	-0.11	-0.16
tiempo lan	-0.02	0.39	-0.07
arco final	0.01	-0.01	0.02
piefx	0.07	-0.13	0.52
piefy	0.07	0.40	0.11
rodillafx	-0.28	-0.28	-0.94
rodillafy	-0.01	-0.34	0.23
cabezafx	0.15	0.36	0.11
cabezafy	0.22	0.12	0.05
tiempo arc	0.07	-0.04	-0.03
tiempo ang	-17.69	4.22	-12.68
angulo	-0.02	0.14	-0.09
hombroxc	-0.06	0.14	0.45
hombroyc	-0.15	-0.10	0.09
pelotaxc	0.18	0.27	0.17
pelotayc	-0.04	0.06	-0.23
codoxc	0.20	-0.14	-0.13
codoyc	-0.03	0.03	-0.17
<i>Bote</i>			
Apertura	-0.01	0.00	0.00
Profundidad	0.00	0.00	0.00
Tiempo Raq-Bot	0.45	11.10	-6.17

Estadísticos			
<i>Wilks</i>	0.58	0.47	0.11
<i>Chisq</i>	152.07	147.88	146.74
<i>pChisq</i>	3.61E-07	1.08E-06	1.45E-06
<i>F</i>	2.13	2.10	2.37
<i>pF</i>	3.76E-07	1.17E-06	2.83E-06
<i>df1</i>	75	75	75
<i>df2</i>	793.05	550.91	159.30

Los resultados encontrados mostraron una fuerza de predicción importante para los segundos intentos ($R_c = 0.85$), sin embargo, un último análisis fue ejecutado en el intento de aumentar la explicación sobre la correlación encontrada. Fueron añadidas las variables de la fase de impacto al último procedimiento presentado. Los resultados encontrados, presentado en la Tabla 2, para el análisis sobre todos los indicios con variables y variables al impacto presentó una fuerza de correlación de $R_c=0.47$ ($Wilks = 0.5$, $Chisq = 197.56$, $pChisq < 0.001$, $F = 1.77$, $pF < 0.001$, $df1 = 117$, $df2 = 791.76$). Los coeficientes canónicos de mayor peso en cada grupo de variables fueron, nuevamente, el tiempo que lleva el codo hasta el impacto a partir del momento en que aparece por detrás del cuerpo del sacador (10.17) y el tiempo en que tarda la pelota entre el impacto con la raqueta y el bote en el cuadrado del servicio (-0.14). Es posible notar la relación inversa que nos indica que cuanto más tiempo lleva el codo para impactar, menos tiempo tarda la pelota para cruzar la pista. Para los primeros servicios los coeficientes encontrados fueron de $R_c = 0.58$ ($Wilks = 0.41$, $Chisq = 177.71$, $pChisq < 0.001$, $F = 15.987$, $pF < 0.001$, $df1 = 117$, $df2 = 540.12$), con los coeficientes de mayor peso siendo también el tiempo entre el momento en que el codo aparece y el impacto con la pelota (14.06) y el tiempo de vuelo entre impacto raqueta-bote en el cuadrado de servicio (11.29), en esta condición preséntense con una relación positiva, es decir, que cuanto más lento sea el movimiento del codo hasta el impacto más lento será el servicio. Los resultados presentados para los segundos intentos fueron los de mayor fuerza encontrados para este estudio, $R_c = 0.97$ ($Wilks = 0.0056$, $Chisq = 303.45$, $pChisq < 0.001$, $F = 4.67$, $pF < 0.001$, $df1 = 117$, $df2 = 117.74$), y además los que presentaron una relación distinta a los análisis anteriores respecto del primer grupo de coeficientes. Más de una variable presentó valores importantes para el peso del coeficiente canónico, la posición horizontal del codo en el momento en que aparece (-3.2), la altura del hombro también cuando aparece (2.69), seguidos por la posición vertical del hombro cuando impacta (-3.32) y las alturas de la pelota (-3.08) y de la cabeza (2.59) también al impacto.

	Todos	1ºs	2ºs
Primero Rc	0.47	0.58	0.97
Coef. Canónicos			
<i>Servicio</i>			
posición	-0.03	0.00	0.20
lanzamiento	-0.02	-0.01	-0.01
despeguex	0.14	-0.02	-0.09
despeguey	0.05	0.13	-0.31
alturax	-0.28	-0.02	-0.50
alturay	-0.04	-0.04	-1.02
impactox	0.06	-0.34	1.06
impactoy	-0.16	-0.13	0.84
tiempo lan	0.02	-0.39	-0.01
arco final	-0.12	-0.03	0.02
piefx	-0.03	-0.21	-1.62
piefy	-0.10	0.29	-0.26
rodillafx	-0.05	-0.15	1.82
rodillafy	0.15	-0.32	-0.48
cabezafx	-0.09	0.29	1.77
cabezafy	0.00	-0.09	0.79
arco inicial	-0.09	0.04	-0.01
pieix	0.01	0.14	0.09
pieiy	-0.03	0.05	0.85
rodillaix	0.10	-0.06	-0.14
rodillaiy	0.11	0.04	-2.05
cabezaix	0.04	0.27	1.02
cabezaiy	0.24	0.05	2.59
tiempo arc	-0.07	-0.04	0.50
tiempo ang	10.17	14.06	1.49
ang impacto	0.03	0.11	0.03
hombrox	-0.09	-0.23	-3.32
hombroy	0.02	0.04	-1.68
pelotax	0.20	0.25	0.31
pelotay	0.13	0.00	-3.08
codox	-0.11	-0.19	1.42
codoy	0.03	0.03	0.09
angulo	0.05	0.08	-0.04
hombrox	0.01	0.19	1.09
hombroy	0.10	-0.14	2.69
pelotax	-0.02	0.15	0.58
pelotay	0.03	0.04	-0.12
codox	-0.28	-0.12	-3.20
codoy	0.00	0.09	1.63
<i>Bote</i>			
Apertura	0.01	0.00	0.00
Profundidad	0.00	0.00	0.01
Tiempo Raq-Bot	-0.14	11.29	1.44

Estadísticos			
<i>Wilks</i>	0,9264	0,41	0,0056
<i>Chisq</i>	220,307	177,71	303,45
<i>pChisq</i>	0,0372	2.53E-04	1.71E-18
<i>F</i>	18,505	15,987	4,67
<i>pF</i>	0,0372	2.88E-04	7.21E-16
<i>df1</i>	12	117	117
<i>df2</i>	756,97	540,12	117,74

DISCUSIÓN

El objetivo del estudio fue averiguar el peso de los indicios propuestos en la predicción de la apertura, profundidad o velocidad del servicio. El resultado principal apuntó una fuerte relación ($R_c = 0.97$) entre los grupos de variables cuando analizados los segundos servicios. Basándose en los coeficientes canónicos fue posible concretar una relación que apunta a indicios espaciales para la predicción de la velocidad del servicio combinados en dos momentos. El primero cuando el codo surge por detrás del cuerpo del sacador y el segundo al momento de impacto con la pelota. Específicamente, en el primer momento cuanto más hacia la derecha está el codo y más alto está el hombro del lanzamiento, y, cuanto menor sea la altura en el impacto de la pelota con el hombro del lanzamiento más hacia la derecha, menos velocidad tiene el servicio, y viceversa.

Estos datos muestran una relación entre indicios que es dependiente de la variación entre espacio y tiempo. Cuando se trata de la percepción y fenómenos donde haya la combinación de estas dos dimensiones, Roca (2006) conceptualmente explica que al nivel funcional se podría tratar de la percepción del movimiento, una vez que atender a los indicios tiempo-espaciales permite facilitar respuestas más ajustadas a la realidad de los jugadores. Concretamente en este caso, Roca (1984) y Poulton (1950 y 1952) acrecientan que al tratar de ofrecer indicios perceptivos que faciliten la respuesta anticipada de modo tempo-modal, se trata de la anticipación coincidente. A favor de la importancia de tratar los indicios espaciales y temporales de manera concatenada también se manifestaron Smeeton y Huys (2011), Huys, Smeeton, Hodges, Beek y Williams (2008) y Huys, Cañal-Bruland, Hagemann, Beek, Smeeton y Williams (2009).

Todos los demás resultados tuvieron como coeficientes canónicos con peso diferencialmente mayor una variable en cada grupo, es posible definir que el mayor tiempo codo-impacto es predictor del mayor tiempo impacto-bote (o velocidad del servicio). Entre todos los análisis, el de mayor peso que incluyó las variables de los indicios sin el momento del impacto, se presentó una correlación también importante ($R_c = 0.85$). Lo que resalta una segunda posibilidad de anticipar la velocidad de gran parte de los servicios estudiados utilizando como indicio esta variable temporal.

Respecto del análisis inicial de los indicios propuestos, la poca fuerza encontrada en las correlaciones permite apuntar que no pueden ser tratados como tal cuando se piensa en el grupo de jugadores estudiados. Lo que refuerza las conclusiones respecto de la importancia de tratarlos de forma concatenada. Otra consideración del análisis inicial puede ser vista en la Figura 3, pese el hecho de que están todos analizados en conjunto, el peso mayor de la predicción se encuentra en los momentos más cerca del impacto, principalmente sobre el comienzo del ataque brazo-raqueta del oponente. Al considerar el tiempo encontrado para el momento codo-impacto ($M = 0.1s$; $DT = 0.01$), es posible observar similitudes en los datos obtenidos y una ampliación en la explicación ofrecida por Farrow, Abernethy y Jackson (2005) respecto de la ventana de tiempo donde los jugadores sacan información para anticipar. Estos autores relataran que tal ventana empieza a los 0,3s antes del impacto. Lo que correspondería aproximadamente al arco del cuerpo formado en la máxima flexión del jugador ($M = 0.33s$, $DT = 1.91$), representando la mayor parte del peso en las correlaciones encontradas en este estudio.

En otro orden, el aplicado al entrenamiento en pista, es posible considerar que cuando un entrenador da informaciones a sus jugadores para que miren hacia un determinado tipo de indicio deben estar seguros de su existencia en el caso específico. Caso contrario, estarán descentrando sus jugadores de los elementos pertinentes para elaborar su respuesta. Para este estudio, en lo que concierne al espacio donde deben ser percibidos los indicios apuntados, la variación encontrada para todos los jugadores comprende una ventana espacial con amplitud horizontal de 184.64 cm. para el codo y amplitud vertical de 59.9 cm. para el hombro en el momento “Ang”, y una ventana espacial con amplitud horizontal de 225.32 cm. para el hombro, vertical de 77.63 cm. para la cabeza y 58.78 cm. para el salto en el momento “Imp”. La aplicabilidad de técnicas destinadas a la mejora de la atención o del *centering* ocupa importancia tanto para los entrenadores como para los psicólogos deportivos.

Es posible asumir que la variación en la técnica ejecutada por los sacadores ocurre en un área espacial perceptible al restador, queda por definir en futuras investigaciones si esto ocurre al nivel individual, tal como demostraron Hernández y Sicilia (1998). Y en una segunda orden, quedaría por definirse como y cuanto estos resultados sirven de estímulo a la percepción del restador. Los autores Ida, Fukuhara, Sawada y Ishii (2011) e Ida, Fukuhara, Kusubori y Ishii (2011) han podido demostrar la relación entre el juzgamiento anticipatorio del restador y el patrón del sacador cuando frente a modelos humanos digitales, situando una justificativa más a los resultados obtenidos.

La búsqueda por los indicios más anteriores respecto de la técnica, cuando se piensa en los sacadores como un grupo, puede estar limitada al momento del ataque, a partir de la máxima flexión y cuando el ataque brazo-raqueta entra en escena. Sin embargo, otros tipos de indicios pueden existir, como podría ser aquellos donde el jugador se adapta a estímulos más ligados a las situaciones en que se encuentra y a su historia de competición. Son ejemplos de eso la situación de ofensiva o defensiva impuesta por el marcador, sus emociones, sus rutinas o cualquier aspecto que influya en su rendimiento (Anchique, 2006, Deschamps y De Rose Júnior, 2008, Iglesias, Gasset, González y Anguera, 2010).

El método propuesto en este estudio posee limitaciones en dos sentidos principales. La primera respecto de la metodología en el registro de variables, por tratar de una recogida en situación real de una competición importante, el conflicto de intereses sobre los derechos adquiere igual proporción. Además, es imposible utilizar cualquier tipo de marcador biomecánico en los jugadores, lo que lleva a la discusión de la posición de la camera y del campo de visión del restador. Se asumió ambas posiciones como la misma, pese el hecho de que estuviera lo más cerca posible del campo de visión del restador, no lo era. La segunda limitación dice respecto al análisis estadístico, para la realización del procedimiento de análisis de correlación canónica la muestra debe componerse de tantos intentos cuanto variables como mínimo, este hecho limitó el análisis al grupo de jugadores en la condición estudiada porque cada jugador realizó entre 11 y 32 servicios durante cada uno de sus partidos.

A modo de conclusión, se considera que los indicios de velocidad encontrados pueden servir para los planes de competición y entrenamiento para facilitar la respuesta anticipada del restador en el servicio de tenis. El tiempo que transcurre entre el momento que el codo aparece y el impacto, además de las posiciones del codo y del hombro del lanzamiento sirven para iniciar tal propósito. Se rechaza la utilización de los indicios propuestos inicialmente porque se considera que inducen al descentramiento de los jugadores. Las evidencias confirman el amplio campo de posibilidades de ofrecer a los jugadores respuestas más rápidas y ajustadas por medio del Estudio del Contrario.

REFERENCIAS

- Abernethy, B. y Wollstein, J. (1989). Improving anticipation in racket sports. *Sports Coach*, 12(4), 15-18.
- Anchique, F. A. (2006). Efectos de la autosugestión positiva en el incremento de la efectividad del servicio en tenistas de campo. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 1(1), 13-26.

- ATP (2012). Aussie groth hits speedy serves. *ATP Challenger*. Retrieved 07/08/2012, 2012, from <http://www.atpworldtour.com/News/Tennis/2012/05/Features/Groth-Fast-Serve.aspx>
- Bartlett, M. S. (1947). The general canonical correlation distribution. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 1-17.
- Crognier, L. y Fery, Y. A. (2007). 40 ans de recherches sur l'anticipation en tennis: une revue critique. *Science & Motricite*, 62(3), 9-35.
- Dent, P. (1994). Reading the game. *ITF Coaching & Sports Science Review*, 3, 4-5.
- Deschamps, S. R. y De Rose Júnior, D. (2008). Treinamento psicológico e sua influência nos estados de humor e desempenho técnico de atletas de basquetebol. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 3(2), 169-182.
- Farrow, D., Abernethy, B. y Jackson, R. C. (2005). Probing Expert Anticipation with the Temporal Occlusion Paradigm: Experimental Investigations of Some Methodological Issues. *Motor Control*, 9(3), 330-349.
- Goldstein, E. B. (2006). *Sensación y percepción* (6 ed.). Madrid: Thomson.
- Goulet, C., Bard, C. y Fleury, M. (1989). Expertise differences in preparing to return a tennis serve: A visual information processing approach. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 11, 382-398.
- Heinrich, J. (2009). Utilius easyInspect (Version 2.0.7). Markkleeberg, Germany: CCC software.
- Hernandez, F. M. y Sicilia, A. O. (1998). Analysis of a professional tennis player to determine anticipatory pre-cues in the service. *Journal of Human Movement Studies*, 35, 219-231.
- Hotelling, H. (1936). Relations between two sets of variates. *Biometrika*, 28(3/4), 321-377.
- Huys, R., Cañal-Bruland, R., Hagemann, N., Beek, P., Smeeton, N. y Williams, A. M. (2009). Global Information Pickup Underpins Anticipation of Tennis Shot Direction. *Journal of Motor Behavior*, 41(2), 158-171.
- Huys, R., Smeeton, N., Hodges, N., Beek, P. y Williams, A. (2008). On the dynamic information underlying visual anticipation skill. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 70(7), 1217-1234.
- Ida, H., Fukuhara, K., Kusubori, S. y Ishii, M. (2011). A study of kinematic cues and anticipatory performance in tennis using computational manipulation and computer graphics. *Behavior Research Methods*, 43(3), 781-790.

- Ida, H., Fukuhara, K., Sawada, M. y Ishii, M. (2011). Quantitative relation between server motion and receiver anticipation in tennis: Implications of responses to computer-simulated motions. *Perception*, 40(10), 1221-1236.
- Iglesias, X., Gasset, A., González, C. y Anguera, M. T. (2010). Interacción competitiva y presión ambiental en deportes de combate: aplicación de la metodología observacional. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 5(2), 267-282.
- Lawley, D. N. (1959). Tests of significance in canonical analysis. *Biometrika*, 46(1/2), 59-66.
- Mottram, T. (1975). *Tackle tennis*. London: Stanley Paul.
- Poulton, E. C. (1950). Perceptual anticipation and reaction time. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2, 99-112.
- Poulton, E. C. (1952). The basis of perceptual anticipation in tracking. *British Journal of Psychology*, 43, 295-302.
- Roca, J. (1983). *Temps de reacció i esport*. Barcelona: Generalitat de Catalunya-Institut Nacional d'Educació Física.
- Roca, J. (1984). Anticipació coincident. *Apunts. Educació Física i Esports*, 21, 15-22.
- Roca, J. (2006). *Psicologia: una introducció teòrica*. Girona: Documenta Universitaria.
- Rowe, R. M. y McKenna, F. P. (2001). Skilled anticipation in real-world tasks: Measurement of attentional demands in the domain of tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 7(1), 60-67.
- Scott, D., Scott, L. M. y Howe, B. L. (1998). Training anticipation for intermediate tennis players. *Behavior Modification*, 22(3), 243-261.
- Shaughnessy, J. J., Zechmeister, E. B. y Zechmeister, J. S. (2007). *Métodos de investigación en psicología* (7 ed.). México: McGraw-Hill.
- Singer, R. N., Cauraugh, J. H., Chen, D., Steinberg, G. M., Frehlich, S. G. y Wang, L. (1994). Training Mental Quickness in Beginning/Intermediate Tennis Players. *Sport Psychologist*, 8(3), 305-318.
- Singer, R. N., Cauraugh, J. H., Chen, D., Steinberg, G. y Frehlich, S. (1996). Visual search, anticipation and reactive comparisons between highly skilled and beginning tennis players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 8(1), 9-26.
- Smeeton, N. J. y Huys, R. (2011). Anticipation of tennis-shot direction from whole-body movement: The role of movement amplitude and dynamics. *Human Movement Science*, 30(5), 957-965.
- Tenenbaum, G., Levy-Kolker, N., Sade, S., Liebermann, D. G. y Lidor, R. (1996). Anticipation and confidence of decisions related to skilled performance. *International Journal of Sport Psychology*, 27(3), 293-307.

- Williams, A. M., Ward, P., Knowles, J. M. y Smeeton, N. J. (2002). Anticipation skill in a real-world task: Measurement, training, and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8(4), 259-270.
- Zawadzki, P. y Roca, J. (2009). Indicator of depth for the return of serve. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 16(49), 21-22.
- Zawadzki, P. y Roca, J. (2010). Un estudio sobre indicios perceptivos para el resto en el servicio de tenis. *Revista de Psicología del Deporte*, 19(1), 59-71.

Manuscrito recibido: 14/09/2012

Manuscrito aceptado: 16/10/2012

