

**Trabajo Fin de Grado**



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

Grado en ciencias de la Actividad Física y el Deporte  
2022-2023

**Efecto del entrenamiento de los perfiles mecánicos  
(horizontal y vertical) sobre el rendimiento en el cambio de  
dirección (COD) en tenistas**

**Autor: Sergio Quesada Ortiz**

**Tutor: Manuel Moya Ramón**

## INDICE

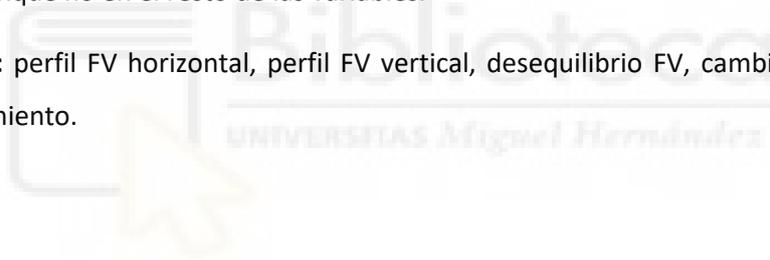
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>2. MÉTODO</b> .....	5
<b>2.1. PARTICIPANTES</b> .....	5
<b>2.2. DISEÑO CUASI EXPERIMENTAL</b> .....	5
<b>2.3. VALORACIONES</b> .....	5
<b>2.4. INTERVENCIÓN</b> .....	6
<b>2.6. ANALISIS ESTADÍSTICO</b> .....	8
<b>3. RESULTADOS.</b> .....	9
<b>4. DISCUSIÓN.</b> .....	11
<b>5. CONCLUSIONES Y LIMITACIONES</b> .....	13
<b>6. REFERENCIAS</b> .....	14



## RESUMEN

Uno de los factores determinantes en el rendimiento durante la práctica del tenis es el cambio de dirección (COD). Durante la práctica deportiva, los deportistas realizan multitud de cambios de dirección. El cambio de dirección está directamente relacionado con la potencia que el deportista es capaz de generar. El objetivo de este estudio cuasi experimental es comprobar el resultado de una intervención de 4 semanas con una aplicación de cargas basada en el perfil FV de 4 jugadores de tenis amateur sobre los perfiles mecánicos horizontal y vertical y comprobar su efecto en el cambio de dirección. Para ello, se llevó a cabo una evaluación del perfil FV para comparar el FVimb de cada deportista con el FVimb óptimo y se evaluó también el cambio de dirección. La intensidad con la que se realizaba cada ejercicio venía determinada por el % de FVimb, quedando caracterizado cada participante en función del porcentaje de desequilibrio la siguiente clasificación: Alto déficit de fuerza (<60%), bajo déficit de fuerza (60-90%), bien equilibrado (90-110%), bajo déficit de velocidad (110-140%), alto déficit de velocidad (>140%). A mayor déficit de fuerza, mayor fue la intensidad de las cargas. La intervención constaba de dos sesiones por semana de una hora de duración, separadas por 48 horas entre sí, una de ellas dirigida a mejorar el perfil mecánico horizontal y la otra dirigida al vertical. Tras la intervención se volvió a evaluar el cambio de dirección y el FVimb. Se observó un aumento no significativo de la FO ( $p=0.059$ ). Aunque los resultados no son concluyentes al no existir diferencias significativas, influido por lo reducido de la muestra y el breve tiempo de duración de la intervención, si se observan tendencias en la mejora de los niveles de fuerza de los deportistas, aunque no en el resto de las variables.

**Palabras clave:** perfil FV horizontal, perfil FV vertical, desequilibrio FV, cambio de dirección, tenis, entrenamiento.



## 1. INTRODUCCIÓN

El tenis es un deporte exigente de carácter intermitente que intercala periodos cortos de alta intensidad (2-10 segundos), con periodos de recuperación entre puntos (10-20 segundos) y periodos más largos de recuperación entre juegos o sets (60-90 segundos). La duración aproximada de un partido oscila entre 90 minutos y más de 5 horas, dependiendo del tipo de competición, superficie, nivel de los/as competidores/as (Wang et al., 2022).

Durante los periodos de alta intensidad, los jugadores deben moverse rápidamente, modificando su dirección y sentido continuamente. Un jugador de tenis recorre una distancia media de 3 metros por golpeo, durante puntos en los que se golpea la bola entre 4 y 5 veces aproximadamente, completando un total de entre 1300 a 3600 metros por cada hora de partido, todo ello supeditado al nivel de los deportistas y del tipo de superficie (Fernandez-Fernandez et al., 2014).

La capacidad de cambiar de dirección (Change of Direction, COD), definida como la capacidad de acelerar, desacelerar y rápidamente cambiar de dirección y velocidad, es uno de los factores determinantes en el rendimiento de muchos deportes. En el caso del tenis, se ha comprobado que aquellos deportistas que tienen una mayor velocidad lineal y capacidad para cambiar de dirección han mostrado un mayor rendimiento que aquellos que tardan más tiempo en realizar dichas acciones (Baena-Raya, Rodríguez-Pérez, et al., 2021).

En los últimos años se ha descrito y extendido el uso del concepto “perfil F-V” estableciendo la relación lineal entre ambas variables al ámbito del deporte, concretamente en la monitorización y utilización de acciones balísticas como el salto o las aceleraciones y desaceleraciones de los deportistas. Dentro de estas acciones balísticas que están directamente relacionadas con el impulso mecánico que se aplica al suelo, el cual está asociado a la potencia mecánica que el deportista puede generar, encontramos el COD (Samozino et al., 2014).

Según Samozino (2014), cada individuo tiene un perfil F-V óptimo que maximiza el rendimiento balístico, el cual representa el balance óptimo entre la fuerza y la velocidad. La diferencia entre este perfil óptimo y el actual (porcentaje de desequilibrio entre fuerza y velocidad, %FV imb), permite determinar el déficit en fuerza o velocidad. En la actualidad, encontramos en la literatura científica específica la descripción de métodos validados, todos ellos de campo, para la evaluación de las acciones balísticas de salto vertical y obtención de su perfil F-V vertical y para la evaluación del sprint y la obtención de su perfil F-V horizontal (Buchheit et al., 2014).

Mientras que el perfil F-V vertical nos da información acerca de la capacidad de los miembros inferiores de producir fuerza en una dirección vertical; el perfil F-V horizontal nos aporta información acerca de la capacidad de producir fuerza efectiva durante la realización de esprints (Jiménez-Reyes et al., 2017).

El perfil F-V vertical actual se puede determinar fácilmente mediante la realización de series de saltos verticales con diferentes cargas. En concreto,  $F_0$  (entendido como la fuerza máxima teórica que el deportista puede generar con sus miembros inferiores, derivada de la relación fuerza velocidad en el punto donde la velocidad es 0) y  $P_{max}$  (el punto máximo de la relación fuerza – velocidad) fueron los parámetros del perfil F-V horizontal que tuvieron asociaciones con el rendimiento en el COD (Baena-Raya, Rodríguez-Pérez, et al., 2021).

Durante la realización de saltos verticales,  $P_{máx}$  está negativamente relacionada con el déficit del perfil F-V (FVimb), hecho que indica la importancia de  $P_{max}$  en el diseño de entrenamientos para mejorar las acciones balísticas como el salto (Samozino et al., 2014).

El perfil F-V horizontal se puede determinar mediante la realización de esprints de 20 metros a máxima velocidad con 4 minutos de recuperación entre repeticiones. Para determinar la velocidad del deportista en los diferentes tramos de la prueba se colocan 5 pares de fotocélulas a diferentes distancias de la línea de inicio (0, 5, 10, 15 y 20) (Baena-Raya, Soriano-Maldonado, et al., 2021).

Estudios previos, mostraron recientemente que los parámetros obtenidos durante la realización del perfil F-V horizontal muestran asociaciones más fuertes con el rendimiento en el cambio de dirección que el perfil F-V vertical (Baena-Raya, Rodríguez-Pérez, et al., 2021) (Dobbin et al., 2022) (Baena-Raya, Soriano-Maldonado, et al., 2021) (Smajla et al., 2022).

El objetivo de este estudio exploratorio es valorar el desequilibrio existente en el perfil F-V en tenistas aficionados, entrenando sobre el perfil mecánico vertical y horizontal para corregir ese desequilibrio, comprobando si tiene una transferencia en la mejora del rendimiento en el cambio de dirección de los participantes.



## 2. MÉTODO

### 2.1. PARTICIPANTES

En este estudio participaron de forma voluntaria cuatro tenistas varones de nivel amateur con  $13.5 \pm 3.87$  años de práctica en el tenis (edad  $23 \pm 2.44$  años; altura  $177.5 \pm 7.93$  cm; masa corporal  $74.75 \pm 9.46$  kg). Antes del comienzo, se informó del objetivo del estudio y los participantes cumplieron un consentimiento informado sobre los posibles riesgos de la prueba de evaluación del perfil F-V. Este estudio fue aprobado por la Oficina de Investigación Responsable con código TFG.GAF.MMR.SQO.221219

### 2.2. DISEÑO CUASI EXPERIMENTAL

El protocolo del estudio se dividió en tres periodos, un periodo de valoración previo (PVPre) a la intervención, un periodo de entrenamiento (PE) de una duración de 4 semanas y un periodo de valoración posterior a la intervención (PVpost). La valoración inicial consistió en la evaluación del perfil FV de los deportistas mediante la realización de saltos verticales con diversas cargas externas y la evaluación de la capacidad de cambiar de dirección mediante el uso del test 505. Después de la valoración inicial y dependiendo de los resultados obtenidos en el perfil FV, se diseñaron las 8 sesiones de entrenamiento. El volumen de entrenamiento semanal fue el mismo para todos los deportistas 2 sesiones semanales de 1 hora de duración cada una. La intensidad a la que se realizaban los ejercicios durante las sesiones venía definida por los resultados obtenidos en el perfil FV, siendo mayor la intensidad cuanto mayor era el déficit de fuerza del deportista (Tabla 1). Todos los deportistas realizaron una sesión semanal de entrenamiento basado en la mejora de los mecanismos de aplicación de la fuerza horizontal y otra sesión basada en la mejora de los mecanismos de aplicación de la fuerza vertical. Además, el volumen de entrenamiento semanal de tenis fue de 6 horas semanales en todos los deportistas.

**Tabla 1.** Descriptivos volúmenes (repeticiones/semana) e intensidades generales (porcentaje de masa corporal) del periodo de intervención

	V_S1	V_S2	V_S3	V_S4	I_S1	I_S2	I_S3	I_S4
Valid	4	4	4	4	4	4	4	4
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	16.50	25.50	16.50	25.50	42.50	42.50	44.50	44.50
Std. Deviation					17.40	17.40	17.17	17.17
Minimum	16.50	25.50	16.50	25.50	19.00	19.00	21.00	21.00
Maximum	16.50	25.50	16.50	25.50	58.00	58.00	60.00	60.00

Nota: V, volumen; I, intensidad

### 2.3. VALORACIONES

Las valoraciones se realizaron en el laboratorio de análisis y optimización del entrenamiento del Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernandez de Elche. Durante el periodo de valoraciones se realizaron dos pruebas o test, ambos de carácter maximal, un primer test que evaluaba el perfil FV mediante la realización de saltos verticales en su modalidad "squat jump" (SJ) con cargas externas incrementales y una prueba de cambio de dirección, el test 505. Para la realización de ambas valoraciones se tuvieron en cuenta ciertas

consideraciones, instando a los participantes a no realizar ejercicio intenso durante al menos 48 horas antes de las pruebas, el día previo a las pruebas era de descanso o reposo, no se podía tomar alcohol o cafeína al menos 24 horas antes de las valoraciones y se debía haber realizado la ingestión de alimentos con periodo de tiempo de al menos 2 horas. El horario de realización de las pruebas se debía mantener más o menos estable para eliminar la influencia de los ritmos circadianos.

#### *Evaluación del perfil FV vertical*

Las sesiones de evaluación comenzaron con un calentamiento general en bicicleta y ejercicios de movilidad articular, seguido de un calentamiento específico compuesto por varios SJ máximos sin carga externa. Una vez finalizado el calentamiento, los participantes realizaron SJ máximo sin carga externa y contra cuatro cargas que oscilaban entre el 20% y el 45% del peso corporal para determinar las relaciones individuales del perfil fuerza velocidad (PFV). Antes de cada SJ, se indicó a los participantes que debían mantenerse erguidos y quietos en la zona de salto. A partir de entonces, flexionaron las rodillas hasta que alcanzaron un ángulo de rodilla de aproximadamente 90°. La posición inicial se mantuvo durante unos 2 segundos antes del inicio de la fase concéntrica y se controló con una cinta colocada a la altura desde la que debía iniciarse el salto. Los participantes siempre recibieron instrucciones de saltar lo más alto posible. Los participantes mantuvieron sus manos en la barra, incluido en el salto sin carga, en el que se usó una pica para que la posición fuese la misma en todos los saltos. Cualquier contramovimiento estaba cuidadosamente controlado. Si no se cumplían estos requisitos, se repetía el test. Se realizaron 2 intentos con cada carga con 2 minutos de recuperación entre intentos y 4-5 minutos entre cargas. Previamente a la realización del test se midió en una camilla la distancia desde el trocánter mayor hasta la punta de los pies estirados para conocer la altura de despegue (Jiménez-Reyes et al., 2017).

La hoja de cálculo utilizada para obtener los datos del PFV a partir de la altura de cada salto, también nos permitió extraer los datos del PFV horizontal el cual fue utilizado para determinar la intensidad de las sesiones de entrenamiento orientadas al perfil mecánico horizontal.

#### *Evaluación del Cambio De Dirección*

Para evaluar el cambio de dirección se utilizó el test 505. La línea de salida estaba colocada a 10 metros del punto de detección donde estaban colocadas las fotocélulas y a 5 metros de la línea de detección había colocada una segunda línea que el deportista debía pisar con al menos un pie antes de cambiar de dirección para volver a pasar por la línea de detección. A los deportistas se les indicó que no dejaran de acelerar hasta que ya hubiesen cruzado la línea de detección.

Se realizaron dos intentos para cada pie, usando el más rápido para el análisis estadístico (Nimphius et al., 2018).

## 2.4. INTERVENCIÓN

La intervención consistió en un periodo de entrenamiento de 4 semanas, durante las cuales se realizaban dos sesiones de entrenamiento por semana, de una hora de duración y separadas entre ellas por 48 horas. El volumen fue el mismo para todos los deportistas, tanto en tiempo de entrenamiento (60 minutos) como en series y repeticiones. La intensidad de cada ejercicio se definió en función del FV<sub>imb</sub> obtenido durante la evaluación del perfil FV y se puede

observar en la Tabla 2. La primera sesión semanal se centraba en la mejora de los mecanismos de aplicación de fuerza vertical, mientras que la segunda sesión se centraba en la mejora de los mecanismos de aplicación de fuerza horizontal. Los porcentajes de carga durante la realización de esprints lastrados, fue igual a la usada durante las sesiones de mejora de los mecanismos de aplicación de fuerza vertical (tabla 3). Todas las sesiones comenzaban con un calentamiento de carrera continua de 5 minutos, seguido de 5 minutos de movilidad articular y 5 minutos de calentamiento específico.

**Tabla 2.** Clasificación de los participantes en función del desequilibrio vertical y horizontal tras la evaluación del perfil FV.

<i>FV<sub>imb</sub> Categories</i>	<i>F-v Profile in % of OPTIMAL Thresholds (%)</i>	<i>Training loads ratio*</i>	<i>Loading focus/target</i>	<i>Exercises</i>	<i>Training loads</i>
		3 Strength		Back Squat	80–90% 1RM
High Force Deficit	<60	2 Strength-Power	Strength	Leg Press	90–95% 1RM
		1 Power		Deadlift	90–95% 1RM
		2 Strength		Clean Pull	80% 1RM
Low Force Deficit	60–90	2 Strength-Power	Strength-Power	Deadlift	80% 1RM
		2 Power		SJ	> 70% of BW
		1 Strength		CMJ	> 80% of BW
Well-Balanced	> 90–110	1 Strength-Power		SJ	20–30% of BW
		2 Power	Power	CMJ	35–45% of BW
		1 Power-Speed		Single leg SJ	BW
		1 Speed		Single leg CMJ	10% of BW
				Clean Pull Jump	65% 1 RM
		2 Speed		Depth Jumps	
Low Velocity Deficit	> 110–140	2 Power-Speed	Power-Speed	SJ	BW
		2 Power		CMJ	10% of BW
				Maximal VBJ	
		3 Speed			
High Velocity Deficit	> 140	2 Power-Speed	Speed	Horizontal SJ	< BW
		1 Power		CMJ with arms	BW

Nota: SJ, salto sin contramovimiento; CMJ, salto con contramovimiento

Tabla 3. Descriptivo de los programas de entrenamiento de las cuatro semanas para los participantes.

	FV IMB 90º	FV IMB 30º	SEMANA 1			SEMANA 2		
			EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD(BW)	VOLUMEN
S1	94%	126%	SJ	20%	24	SJ	20%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	0%	5	SPRINT LASTRADO	0%	6
			SPRINT LASTRADO	20%	5	SPRINT LASTRADO	20%	6
S2	60%	76%	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD(BW)	VOLUMEN
			SQUAT	70%	24	SJ	70%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	70%	5	SPRINT LASTRADO	70%	6
S3	52%	65%	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD(BW)	VOLUMEN
			SJ	20%	24	SJ	20%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	70%	5	SPRINT LASTRADO	0%	6
S4	42%	35%	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD(BW)	VOLUMEN
			SQUAT	70%	24	SJ	70%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	70%	5	SPRINT LASTRADO	70%	6
S4	42%	35%	SPRINT LASTRADO	35%	5	SPRINT LASTRADO	35%	6

	FV IMB 90º	FV IMB 30º	SEMANA 3			SEMANA 4		
			EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN
S1	94%	126%	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN
			SJ	30%	24	SJ	30%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	0%	5	SPRINT LASTRADO	0%	6
S2	60%	76%	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN
			SQUAT	75%	24	SJ	75%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	70%	5	SPRINT LASTRADO	70%	6
S3	52%	65%	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN
			SJ	30%	24	SJ	30%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	70%	5	SPRINT LASTRADO	70%	6
S4	42%	35%	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN	EJERCICIO	INTENSIDAD (BW)	VOLUMEN
			SQUAT	90%	24	SJ	90%	40
			CMJ	35%	32	CMJ	35%	50
			SPRINT LASTRADO	80%	5	SPRINT LASTRADO	80%	6
S4	42%	35%	SPRINT LASTRADO	35%	5	SPRINT LASTRADO	35%	6

Nota: Fvimb, desequilibrio fuerza-velocidad; SJ, salto sin contramovimiento; CMJ, salto con contramovimiento

## 2.6. ANALISIS ESTADÍSTICO

Los datos de la intervención se presentan como promedios  $\pm$  la desviación estándar (SD). Al ser una muestra reducida, sobre los datos pre y post se realizó el test de normalidad de Shapiro-Wilk. Una vez comprobada la normalidad de los datos se procedió a la realización de un t-test de Student para muestras relacionadas. Además, se aportan los tamaños del efecto mediante la “d” de Cohen. La escala usada para la interpretación del ES fue la propuesta Rhea(2004) para deportistas entrenados: ES trivial (<.25), pequeño (.25-.5), moderado (.5-1,0) y grande (>1.0) La significación estadística se asumió con un “p” valor  $\leq$  .05. Los datos fueron analizados utilizando el software JASP (versión 0.14, University of Amsterdam, Netherlands).

### 3. RESULTADOS.

En la tabla 4 se presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, en la que podemos observar que todas las variables pre-post cumplen con el principio de normalidad.

Tabla 4. Test de normalidad de Shapiro-Wilk

		<b>W</b>	<b>p</b>
V505 pre (s)	- V505 post (s)	0.963	0.798
FV imb pre 30	- FV imb post 30	0.869	0.295
FV imb pre 90	- FV imb post 90	0.851	0.229
V0 pre (m/s)	- V0 post (m/s)	0.911	0.490
F0 pre (N/Kg)	- F0 post (N/Kg)	0.798	0.099
Pmax pre (W/Kg)	- Pmax post (W/kg)	0.988	0.949

Nota: V505, tiempo en el test 505; FV imb, desequilibrio fuerza-velocidad; V0, velocidad máxima teórica; F0, fuerza máxima teórica; Pmax, potencia máxima teórica.

En la tabla 5 se presentan los datos descriptivos de las variables de estudio distribuidas por pares y tiempos de recogida.

Tabla 5. Descriptivo pre-post de las variables de estudio

	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>SE</b>
V505 pre (s)	4	2.308	0.189	0.094
V505 post (s)	4	2.337	0.156	0.078
FV imb pre 30	4	77.250	35.453	17.727
FV imb post 30	4	126.750	38.535	19.267
FV imb pre 90	4	60.250	24.798	12.399
FV imb post 90	4	98.000	29.292	14.646
V0 pre (m/s)	4	3.850	1.197	0.599
V0 post (m/s)	4	2.763	0.600	0.300
F0 pre (N/Kg)	4	30.350	2.477	1.239
F0 post (N/Kg)	4	37.125	5.243	2.622
Pmax pre (W/Kg)	4	28.700	6.766	3.383
Pmax post (W/kg)	4	25.125	2.486	1.243

Nota: V505, tiempo en el test 505; FV imb, % desequilibrio fuerza-velocidad; V0, velocidad máxima teórica; F0, fuerza máxima teórica; Pmax, potencia máxima teórica

En la tabla 6 se presentan los datos del t-test de Student para muestras pareadas o relacionadas. Podemos observar que no hay cambios significativos en ninguna de las variables evaluadas; aunque podemos observar que hay cuatro variables cercanas a la significación estadística que arrojan información contraria a la esperada. Así mismo, los tamaños del efecto de esas variables son grandes.

**Tabla 6.** T-test de Student de las variables de estudio.

Measure 1	Measure 2	t	df	p	Cohen's d	95% CI for Cohen's d	
						Lower	Upper
V505 pre (s)	- V505 post (s)	-0.676	3	0.547	-0.338	-1.327	0.700
FV imb pre 30	- FV imb post 30	-2.822	3	0.067	-1.411	-2.823	0.081
FV imb pre 90	- FV imb post 90	-2.789	3	0.068	-1.394	-2.797	0.089
V0 pre (m/s)	- V0 post (m/s)	2.805	3	0.068	1.402	-0.085	2.809
F0 pre (N/Kg)	- F0 post (N/Kg)	-2.968	3	0.059	-1.484	-2.938	0.048
Pmax pre (W/Kg)	- Pmax post (W/kg)	1.666	3	0.194	0.833	-0.378	1.958

Nota: V505, tiempo en el test 505; FV imb, % desequilibrio fuerza-velocidad; V0, velocidad máxima teórica; F0, fuerza máxima teórica; Pmax, potencia máxima teórica

#### 4. DISCUSIÓN.

El objetivo de este estudio cuasi experimental fue comprobar el efecto de un entrenamiento de 4 semanas, con una intensidad de cargas determinada por el FVimb obtenido tras la evaluación del perfil fuerza velocidad, en el cambio de dirección y en el desequilibrio entre la fuerza y la velocidad en 4 tenistas de nivel amateur.

La principal hipótesis fue que, un entrenamiento optimizado y aplicado tanto al perfil mecánico horizontal como vertical, disminuiría el FVimb y disminuiría el tiempo obtenido en el test de cambio de dirección (505). Aunque ninguno de los resultados fue estadísticamente significativo se pudieron observar una serie de tendencias, apoyadas por unos tamaños del efecto grandes:

(i) Se obtuvo un incremento de la F0 con un gran tamaño del efecto, probablemente siendo esto resultado del entrenamiento con sobrecargas basados en el %FVimb de cada deportista, tal y como reflejaban estudios previos realizados (Buchheit et al., 2014; Jiménez-Reyes et al., 2017a; Baena-Raya et al., 2021a).

(ii) se obtuvieron pérdidas tanto en V0 como en Pmáx con grandes tamaños del efecto. En el caso de V0, estas pérdidas pueden deberse a trasladar la utilización de los porcentajes de carga que los estudios de Jiménez-Reyes (Jiménez-Reyes et al., 2017) indicaban para entrenar los perfiles mecánicos verticales a los horizontales. Esta situación, podría haber producido cambios desfavorables en la longitud o la frecuencia de la zancada, además, de que un aumento en el ángulo de inclinación del tronco puede ser inapropiado para la fase de velocidad máxima (Petrakos et al., 2016).

Debido a que la Potencia máxima depende tanto de V0 como de F0, la pérdida de Pmáx tras la intervención, pudo haber sido debida a esa pérdida de V0 en aquellos sujetos que entrenaron con cargas superiores al 30% de la masa corporal (Petrakos et al., 2016).

Por otro lado, también se encontraron variaciones no significativas en el FVimb, pero con un tamaño del efecto grande ( $d = -1.411$ ), observándose un aumento del %FVimb. En el caso del FVimb 30º ( $p = 0.067$ ) hubo un aumento, que nos indicaría que los sujetos pasaron de tener un déficit de fuerza (%FVimb mean=77,25 ± 35,45 SD) a tener un déficit de velocidad (%FVimb mean=126,75 ± 38.53) tras el proceso de intervención. Como se ha comentado con anterioridad, este incremento en la fuerza puede ser debido al uso de sobrecargas altas en las sesiones de entrenamiento de los perfiles mecánicos horizontales. En el caso del %FVimb 90º (vertical) también se encontraron tendencias cercanas a la significación estadística ( $p = 0.068$ ) y con un tamaño del efecto grande ( $d = -1.394$ ). El desequilibrio hacia el déficit de fuerza (%FVimb mean=60 ± 24,80) se corrigió hasta valores que pueden ser considerados óptimos (%FVimb mean=98 ± 29,29). Este hecho puede deberse a que se respetaron los porcentajes de carga de entrenamiento (% masa corporal) definido por Samozino y Jiménez-Reyes en sus estudios previos (Jiménez-Reyes et al., 2017b), en los que definen el porcentaje de masa corporal que debe ser usado en el entrenamiento de los perfiles mecánicos verticales teniendo en cuenta el %FVimb, ya que, a una Pmax dada, un %FVimb óptimo produce mejoras en el rendimiento tanto del sprint como de la capacidad de salto en los deportistas (Baena-Raya et al., 2021c; Jiménez-Reyes et al., 2017c).

Es importante destacar que a pesar de que haya una reducción en el %FVimb en 90º, estas mejoras no se vieron reproducidas en el %FVimb en 30º ni en Pmax, no se encontraron mejoras en el cambio de dirección, tal y como mencionaba Samozino en sus estudios referentes al perfil fuerza velocidad (Buchheit et al., 2014b; Samozino et al., 2014a). El rendimiento deportivo, en la realización de sprints y saltos, esta principalmente determinada por Pmax, y un

perfil fuerza velocidad óptimo permitiría maximizar el rendimiento a una Pmax dada (Lahti et al., 2020; Samozino et al., 2014b).

Por último, es importante mencionar que la duración del programa de entrenamiento pudo no ser lo suficientemente larga para obtener otro tipo de adaptaciones, o si las tendencias obtenidas se hubiesen mantenido o hubiesen mostrado cambios.



## 5. CONCLUSIONES Y LIMITACIONES

Un entrenamiento basado en la aplicación de sobrecargas a partir del estudio del desequilibrio entre fuerza y velocidad en tenistas amateur para la mejora del cambio de dirección no aporta datos concluyentes al no alcanzar significación estadística ninguna de las variables estudiadas. Se observan tendencias contradictorias, como son un aumento de la fuerza máxima teórica acompañado de una pérdida en la velocidad máxima teórica y en la potencia máxima teórica, probablemente debido al exceso de carga con el que se realizaron los esprints lastrados durante las sesiones de intervención. Tampoco se observó una significación estadística con referencia al test de agilidad 505.

Este estudio cuenta con varias limitaciones: (i) poca disponibilidad temporal de los participantes, (ii) aunque la muestra era amateur había mucha dispersión a nivel de rendimiento, (iii) el volumen de entrenamiento no estaba individualizado en cuanto a volúmenes e intensidades se refiere, (iv) el programa solo tuvo una duración de 4 semanas.



## 6. REFERENCIAS

- Baena-Raya, A., Rodríguez-Pérez, M. A., Jiménez-Reyes, P., & Soriano-Maldonado, A. (2021). Maximizing acceleration and change of direction in sport: A case series to illustrate how the force-velocity profile provides additional information to that derived from linear sprint time. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph18116140>
- Baena-Raya, A., Soriano-Maldonado, A., Conceição, F., Jiménez-Reyes, P., & Rodríguez-Pérez, M. A. (2021). Association of the vertical and horizontal force-velocity profile and acceleration with change of direction ability in various sports. *European Journal of Sport Science*, 21(12), 1659–1667. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1856934>
- Buchheit, M., Samozino, P., Glynn, J. A., Michael, B. S., Al Haddad, H., Mendez-Villanueva, A., & Morin, J. B. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1906–1913. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.965191>
- Dobbin, N., Cushman, S., Clarke, J., Batsford, J., & Twist, C. (2022). Differences in the vertical and horizontal force-velocity profile between academy and senior professional rugby league players, and the implications for strength and speed training. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(2), 184–191. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12036-5>
- Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: how valuable is it? *British Journal of Sports Medicine*, 48 Suppl 1(Suppl 1). <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2013-093152>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Frontiers in Physiology*, 7(JAN). <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2016.00677>
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., & Lockie, R. G. (2018). Change of Direction and Agility Tests: Challenging Our Current Measures of Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 40(1), 26–38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000309>
- Petrakos, G., Morin, J. B., & Egan, B. (2016). Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(3), 381–400. <https://doi.org/10.1007/S40279-015-0422-8>
- Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J. B. (2014). Force-velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505–510. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>
- Smajla, D., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2022). Associations between lower limb eccentric muscle capability and change of direction speed in basketball and tennis players. *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.13439>
- Wang, Z. H., Pan, R. C., Huang, M. R., & Wang, D. (2022). Effects of Integrative Neuromuscular Training Combined With Regular Tennis Training Program on Sprint and Change of Direction of Children. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2022.831248>