



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN RENDIMIENTO FÍSICO Y DEPORTIVO

EVALUACIONES DE EQUIPOS Y DEPORTISTAS INDIVIDUALES

Desde septiembre de 2014 a junio de 2015 se ha evaluado la condición física en fuerza y velocidad, y en algún caso en resistencia, de los siguientes equipos y deportistas:

1 atleta de alto nivel. Programación del entrenamiento específico y complementario, seguimiento de la condición física a través de los cambios en fuerza, resistencia y velocidad durante toda la temporada.

2 jugadores de fútbol de categoría nacional. Programación del entrenamiento de fuerza y velocidad, seguimiento de la condición física a través de los cambios en fuerza y velocidad durante toda la temporada.

10 atletas de categoría cadete y juvenil. Seguimiento de la condición física a través de los cambios en fuerza y velocidad en tres ocasiones.

2 equipos de baloncesto en las categorías cadete y juvenil del equipo Baloncesto Sevilla. Programación del entrenamiento de acondicionamiento físico y seguimiento de la condición física a través de los cambios en fuerza y velocidad, para 25 jugadores en tres ocasiones.

50 tenistas que entrenan en la Federación Andaluza de Tenis. Evaluación de velocidad y capacidad de salto en dos ocasiones

20 jugadores de fútbol de 3.ª división. Evaluación de la condición física a través de los cambios en fuerza y velocidad en dos ocasiones.

10 jugadores de voleibol de Superliga Nacional (Fundación Cajazol Juvesa). Programación del entrenamiento de fuerza y velocidad, seguimiento de la condición física a través de los cambios en fuerza y velocidad en tres ocasiones.

Se han evaluado 138 deportistas en distintas ocasiones, dado lugar a 308 evaluaciones con un total de 1.302 tests. No se incluyen los tests de seguimiento del atleta de alto nivel, el cual es evaluado en cada sesión de entrenamiento.



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

ESTUDIOS

Desde septiembre de 2014 a junio de 2015 se han realizado los siguientes estudios:

Estudio 1. Factores determinantes del rendimiento en atletas de 800 m.

Este estudio se inició en la temporada 2013-2014. Consistió en la realización de pruebas de fuerza y velocidad a través de tests de 20 m, capacidad de salto y fuerza en las piernas, así como un test representativo de la potencia anaeróbica láctica a través de un prueba de 200 m en pista de atletismo. En esta temporada se han realizado registros de variables mecánicas y metabólicas de distintos tipos de entrenamiento en algunos deportistas, y se está realizando un seguimiento de cada una de las sesiones de uno de los deportistas de categoría máxima (olímpico), con lo que se pretende analizar la relación entre la carga de entrenamiento, la fatiga provocada en cada sesión y el rendimiento físico y deportivo.

Estudio 2. Efectos del entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol sala.

Se trata de un estudio experimental en el que se analiza el efecto del entrenamiento de fuerza añadido al entrenamiento habitual en dos grupos experimentales y uno de control de las mismas características. Se analiza el efecto del entrenamiento sobre el tiempo en 20 m, el salto, el salto con cargas, la sentadilla, el cambio de dirección, el golpeo y un test de sprints repetidos. Los resultados indican que el grupo experimental 1, que añadió el ejercicio de sentadilla a su entrenamiento habitual, y el grupo experimental 2, que añadió sentadilla y cambios de dirección, mejoraron en las variables de aceleración, salto, fuerza en las piernas y sprint repetido en mayor medida que el grupo de control, que sólo realizó el entrenamiento habitual.

Estudio 3. Efectos del entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia sobre el rendimiento físico.

En este estudio se han formado tres grupos de 12 personas habituadas al entrenamiento de fuerza y de resistencia. Dos de los grupos han realizado entrenamiento de resistencia y de fuerza con distinto grado de fatiga en la serie durante ocho semanas, y otro que sólo ha realizado entrenamiento de resistencia durante el mismo tiempo.



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

El objetivo de este estudio ha sido comprobar los efectos de un entrenamiento de fuerza con intensidades comprendidas entre el 60 y el 80% de 1RM con pérdidas de velocidad en la serie del 15% en un grupo y del 40-45% en el otro sobre la aceleración en 10 y 20 m, la capacidad de salto sin cargas y con cargas, el tiempo en 200 m, el tiempo en un test de campo progresivo de carrera hasta el agotamiento (Léger-Boucher), y la cinética del VO_2 durante un test incremental en sujetos varones entrenados en fuerza y resistencia. Estos resultados pueden proporcionar información relevante sobre los efectos del entrenamiento de fuerza con distinto grado de fatiga sobre el rendimiento en variables de fuerza, velocidad y resistencia en comparación con entrenar únicamente resistencia. Ha finalizado la fase experimental y se está en la fase de análisis de los datos.

Estudio 4. Efectos de diferentes pérdidas de velocidad con intensidades del 50-70% 1RM.

Objetivo del estudio: Comprobar el efecto de tres valores de pérdida de velocidad en la serie (distinto grado de fatiga) sobre la velocidad de desplazamiento de una carga, la aceleración en carrera, el salto vertical, variabilidad cardíaca y la actividad muscular, determinada por la electromiografía de superficie (EMG).

Para ello se ha llevado a cabo un estudio en el que un grupo realizaba repeticiones en la serie hasta que perdía el 10-15% de la velocidad de la primera repetición, otro grupo el 25-30% y otro el 40-50% según los ejercicios. Todos entrenaron los mismos ejercicios, press de banca y sentadilla, con la misma carga relativa (misma intensidad en la primera repetición), que osciló entre el 50 y el 70% real de la RM, durante ocho semanas, con dos sesiones de entrenamiento por semana.

Este estudio viene a completar otros dos estudios realizados en el Centro en los que se entrenó con cargas comprendidas entre el 70 y el 85% con cuatro pérdidas de velocidad o grado de fatiga en la serie. Los resultados preliminares indican que la velocidad ante la misma carga absoluta (mejora de la fuerza aplicada), la aceleración en carrera y la capacidad de salto tienden a mejorar en mayor medida en los grupos que entrenan con un menor grado de fatiga.

Al considerar conjuntamente los resultados de este estudio y de los dos llevados a cabo en años anteriores, se ha podido comprobar que perder más del 20% de la velocidad en la serie en sentadilla y más del 30% en press de banca tiende a ofrecer peores resultados.

Este efecto se manifiesta en mayor medida en el ejercicio de sentadilla, especialmente cuando se trata del rendimiento a alta velocidad y cuando se mide el efecto sobre ejercicios no entrenados durante el periodo de aplicación del tratamiento, como el salto vertical y la aceleración en 20 m. Los resultados de estos estudios tienen una importante aplicación práctica para el entrenamiento orientado a la mejora de la condición física de cualquier persona y de cualquier deportista.

Estudio 5. Efecto agudo de diferentes protocolos de entrenamiento de fuerza determinados por la velocidad de la primera repetición y la pérdida de velocidad dentro de cada serie sobre la fuerza muscular, la activación muscular, el rendimiento físico y la concentración de lactato.

El objetivo de este estudio ha sido comprobar el grado de fatiga provocado por 16 tipos de esfuerzo caracterizados por cuatro porcentajes de pérdida de velocidad en la serie ante cuatro intensidades relativas diferentes (50%, 60%, 70% y 80% de la RM) en el ejercicio de sentadilla.

Este estudio ha sido realizado por 11 personas con experiencia en el entrenamiento de fuerza, las cuales han llevado a cabo 16 protocolos de entrenamiento de fuerza en el ejercicio de sentadilla. Estos protocolos de esfuerzo fueron determinados por la velocidad de la primera repetición y la pérdida de velocidad dentro de la serie (tabla 1). La fatiga neuromuscular se ha determinado por los cambios en la velocidad en 20 m, el salto vertical (CMJ) y la velocidad con la carga de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. El estrés metabólico se midió a través de los cambios en la concentración de lactato. Durante todos los ejercicios, excepto durante la carrera de 20 m, se registró la actividad muscular a través de electromiografía de superficie. Durante la carrera de 20 m se registró la evolución de la velocidad a través de un radar y los tiempos de contacto y de vuelo a través de unos zócalos de rayos infrarrojos.

Tabla 1. Características de los esfuerzos a realizar en el ejercicio de sentadilla completa.

<i>Intensidad (Velocidad)</i>	<i>Volumen (series x pérdida de velocidad)</i>			
$\sim 1.13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	3 x 10% (E1)	3 x 20% (E3)	3 x 30% (E2)	3 x 45% (E4)
$\sim 0.98 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	3 x 10% (E5)	3 x 20% (E7)	3 x 30% (E6)	3 x 45% (E8)
$\sim 0.83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	3 x 10% (E9)	3 x 20% (E11)	3 x 30% (E10)	3 x 45% (E12)
$\sim 0.68 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	3 x 10% (E13)	3 x 20% (E15)	3 x 30% (E14)	3 x 45% (E16)

E = Esfuerzo



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

En cada una de estas 16 sesiones de entrenamiento, el orden de trabajo para cada participante ha sido el siguiente:

1. Determinación de lactato en situación de reposo.
2. Test de aceleración en 10 y 20m.
3. Test de CMJ.
4. Determinación de la carga absoluta (kg) con la que se consigue una velocidad media propulsiva (VMP) de $\sim 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Se realizaba inmediatamente después del calentamiento. Para ello, cada sujeto ejecutaba 3 repeticiones a la máxima velocidad posible con la carga de $\sim 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
5. Realización del protocolo de ejercicio de fuerza con la intensidad y el porcentaje de pérdida de velocidad dentro de la serie programado para cada día. Se realizaban siempre 3 series separadas por 4 minutos de recuperación entre ellas. La velocidad de ejecución en cada repetición fue siempre la máxima posible.
6. Cinco segundos después de haber concluido las series 1 y 2, los participantes realizaban 3 CMJ máximos.
7. Inmediatamente después de terminar la última serie de entrenamiento, se realizaban 3 CMJ y después 3 repeticiones con la carga empleada en el punto 3.
8. Un minuto después de concluir la serie de 3 repeticiones con la carga que inicialmente desplazaban a $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, se obtenía una pequeña muestra de sangre para la determinación de la concentración de lactato.
9. A los dos minutos de haber finalizado la serie de 3 repeticiones con la carga que inicialmente desplazaban a $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, los participantes realizaban de nuevo un sprint de 20 m.
10. A los 5 minutos de haber finalizado la serie de 3 repeticiones con la carga que inicialmente desplazaban a $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, los participantes realizarán de nuevo 3 CMJ seguidos por 3 repeticiones con la carga de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Estudio 6. Efecto de desplazar una carga a la máxima velocidad posible y a distintos porcentajes de la máxima velocidad posible sobre las variables cinéticas, cinemáticas y la actividad eléctrica muscular.

Este estudio ha sido realizado por 12 personas con experiencia en el entrenamiento de fuerza las cuales han llevado a cabo 8 sesiones de entrenamiento de fuerza, 4 en el ejercicio de press de banca y 4 en el ejercicio de sentadilla. En cada sesión de entrenamiento se utilizó una intensidad diferente, la cual se desplazó a 4 velocidades distintas: 100% (es decir, a la máxima velocidad posible), al 75%, al 50% y al 25% de la máxima velocidad posible. La intensidad fue determinada por la velocidad de la primera repetición.

En las tabla 1 (para la sentadilla) y 2 (para el press de banca) aparecen las velocidades correspondientes a cada intensidad y a cada uno de los porcentajes de velocidad máxima en cada sesión.

Tabla 2. Características de los esfuerzos realizados en el ejercicio de sentadilla completa.

<i>Intensidad (% 1RM)</i>	<i>% de la velocidad máxima</i>			
	<i>100%</i>	<i>75%</i>	<i>50%</i>	<i>25%</i>
-50%	-1.13 m·s ⁻¹	-0.85 m·s ⁻¹	-0.57 m·s ⁻¹	-0.28 m·s ⁻¹
-60%	-0.98 m·s ⁻¹	-0.74 m·s ⁻¹	-0.49 m·s ⁻¹	-0.25 m·s ⁻¹
-70%	-0.83 m·s ⁻¹	-0.62 m·s ⁻¹	-0.42 m·s ⁻¹	-0.21 m·s ⁻¹
-80%	-0.68 m·s ⁻¹	-0.51 m·s ⁻¹	-0.34 m·s ⁻¹	-0.17 m·s ⁻¹

Tabla 2. Características de los esfuerzos realizados en el ejercicio de press de banca.

<i>Intensidad (% 1RM)</i>	<i>% de la velocidad máxima</i>			
	<i>100%</i>	<i>75%</i>	<i>50%</i>	<i>25%</i>
-50%	-0.95 m·s ⁻¹	-0.71 m·s ⁻¹	-0.48 m·s ⁻¹	-0.24 m·s ⁻¹
-60%	-0.78 m·s ⁻¹	-0.59 m·s ⁻¹	-0.39 m·s ⁻¹	-0.20 m·s ⁻¹
-70%	-0.62 m·s ⁻¹	-0.47 m·s ⁻¹	-0.31 m·s ⁻¹	-0.16 m·s ⁻¹
-80%	-0.46 m·s ⁻¹	-0.35 m·s ⁻¹	-0.23 m·s ⁻¹	-0.12 m·s ⁻¹

La primera velocidad realizada dentro de cada sesión de entrenamiento fue la correspondiente al 100%. Para el orden de realización de las otras 3 velocidades, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente para evitar el posible efecto de la fatiga que se podría producir a medida que se van realizando repeticiones. Para cada velocidad se obtuvieron 4 repeticiones. Una repetición fue aceptada cuando la velocidad media propulsiva de dicha repetición fue aproximadamente (en un rango máximo de ± 0.03 m·s⁻¹) igual a la velocidad indicada en las tablas 1 y 2. En cada serie, los sujetos disponían de 2 repeticiones



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

para obtener una repetición con una VMP que estuviera dentro del rango establecido. La recuperación entre series fue de 3 min. Cuando los sujetos obtenían las 4 repeticiones correspondientes a una velocidad pasaban a desplazar la carga a otra velocidad. Durante cada repetición se registraron diferentes variables cinéticas y cinemáticas con una plataforma dinamométrica la cual estaba sincronizada con un transductor lineal de velocidad (T-Force). Además, se registró la actividad eléctrica de los músculos pectoral y tríceps durante el ejercicio de press de banca, y vasto lateral y recto femoral durante el ejercicio de sentadilla.

Estudio 7. Manifestación de la fatiga medida a través de los cambios en la fuerza, la velocidad, la potencia y la EMG durante y después de una serie realizada hasta el fallo muscular con diferentes intensidades.

Este estudio ha sido realizado por 12 personas con experiencia en el entrenamiento de fuerza las cuales han llevado a cabo 12 sesiones, 6 en el ejercicio de press de banca y 6 en el ejercicio de sentadilla. En cada una de estas sesiones los sujetos tenían que realizar una serie hasta el fallo muscular con 4 intensidades diferentes (~50%, ~60%, ~70%, ~80% de 1RM) ejecutando todas las repeticiones a la máxima velocidad posible. Adicionalmente, los sujetos realizaron 2 sesiones, también hasta el fallo muscular, con una intensidad correspondiente al 50% y al 70% de 1RM pero realizando las repeticiones a la mitad de la máxima velocidad posible. La fatiga muscular durante la serie fue medida a través de los cambios en la velocidad, la fuerza, la aceleración, la potencia y la EMG durante cada repetición. En el ejercicio de press de banca, la fatiga producida por cada uno de los esfuerzos se midió a través de los cambios en la velocidad, la fuerza, la potencia y la EMG con la carga que inicialmente podían mover a ~1 m·s⁻¹. En el ejercicio de sentadilla, además de los cambios con la carga que inicialmente podían mover a ~1 m·s⁻¹, se midió la fatiga a través de la pérdida de altura de salto (CMJ) y salto con carga (20 kg). En ambos ejercicios el estrés metabólico fue medido a través de la concentración de lactato.

Algunos resultados parciales de este estudio ya han proporcionado información relevante relacionada con la pérdida de velocidad en la serie (fatiga) y el porcentaje de repeticiones realizado en la propia serie. Se ha comprobado que ante una misma pérdida de velocidad en la serie, el porcentaje de repeticiones realizado es el mismo de manera independiente de la intensidad con la que se entrena y, por tanto, del número de repeticiones que se pueda realizar en la misma. Este hallazgo parcial viene a completar los conocimientos obtenidos hasta ahora en relación con nuestra línea de investigación sobre la velocidad como indicador de la intensidad, el grado de esfuerzo y la fatiga, los cuales se han realizado en gran parte en nuestro propio laboratorio. Este resultado parcial tiene una importante aplicación práctica, pues



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

permite dosificar la carga de entrenamiento de manera mucho más precisa de lo que se ha hecho hasta la fecha.

Esto significa que ante una misma intensidad relativa (determinada también de manera más precisa por la velocidad de la primera repetición), si pretendemos que distintos sujetos realicen el mismo grado de esfuerzo, se deberá controlar la pérdida de velocidad en la serie y no el número de repeticiones que realizan en la serie.

PUBLICACIONES

Todas las publicaciones que se indican a continuación están en revistas incluidas en la base de datos del JCR.

Entre finales de 2014 hasta junio de 2015 se han publicado o aceptado las siguientes publicaciones:

- Jiménez Reyes, P.; Pareja Blanco, F.; Balsalobre Fernández, C.; Cuadrado Peñafiel, V.; Ortega Becerra, M. A. and González Badillo, J. J. Jump squat performance and its relationship with relative training intensity in high-level athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Franco Márquez, F.; Rodríguez Rosell, D.; González Suárez, J. M.; Pareja Blanco, F.; Mora Custodio, R.; Yáñez García, J. M. and González Badillo, J. J. Effects of combined velocity-based resistance training and plyometrics on physical performance in young soccer players. *International Journal of Sports Medicine* (Accepted).
- González Badillo, J. J.; Pareja Blanco, F.; Rodríguez Rosell, D.; Abad Herencia, J. L.; Del Ojo López, J. J. and Sánchez-Medina, L. Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *J Strength Cond Res*. 2015 May; 29 (5):1329-38.
- López Segovia, M.; Pareja Blanco, F.; Jiménez Reyes, P. and González Badillo, J. J. Determinant factors of repeat sprint sequences performance in young soccer players. *International Journal of Sports Medicine*. 2015 Feb; 36 (2):130-136.



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

- Pareja Blanco, F.; Rodríguez Rosell, D.; Sánchez Medina, L.; Esteban M. Gorostiaga and González Badillo, J. J. Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*. 2014 Oct; 35 (11): 916-924.
- González Badillo, J. J.; Rodríguez Rosell, D.; Sánchez Medina, L.; Esteban M. Gorostiaga and Pareja Blanco, F. Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 2014;14 (8): 772-781.

Publicaciones en revisión

- Maximal velocity as discriminating factor in loaded squat jump performance. Jiménez Reyes, P.; Pareja Blanco, F.; Rodríguez Rosell, D.; Mario C. Marques and González-Badillo, J. J. Under review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Effects of 6-weeks resistance training combined with plyometric and speed exercises combined strength training on physical performance of prepubertal pre-peak height velocity soccer players. Rodríguez Rosell, D.; Franco Márquez, F.; Pareja Blanco, F.; Mora Custodio, R.; Yáñez García, J. M.; González Suárez, J. M. and González Badillo, J. J. Under review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Lower- versus higher-load squat training: which produces greater transfer?. Mora Custodio, R.; Pareja Blanco, F.; Rodríguez Rosell, D.; Yáñez García, J. M. and González Badillo, J. J. Under review. *International Journal of Sports Medicine*.
- Acute and delayed response to resistance exercise leading or not to muscle failure. Pareja Blanco, F.; Rodríguez Rosell, D.; Sánchez Medina, L.; Ribas Serna, J.; López López, C.; Mora-Custodio, R.; Yáñez-García, J. M. and González-Badillo, J. J. Under review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport*.



Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo

- Evolution of determinant Factors In Repeat Sprint Performance As Increasing The Repeated Sprints In Soccer Players. Pareja-Blanco, F.; Suarez-Arrones, L.; Rodríguez Rosell, D.; López Segovia, M.; Jiménez Reyes, P.; Bachero-Mena, B. and González-Badillo, J. J. Under review. Journal of Sport Medicine and Physical Fitness.
- Determinant factors of pull up performance in trained athletes. Sánchez Moreno, M.; Pareja Blanco, F.; Díaz Cueli, D. and González-Badillo, J. J. Under review. Journal of Sport Medicine and Physical Fitness.
- Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure. González Badillo, J. J.; Rodríguez Rosell, D.; Sánchez-Medina, L.; Ribas-Serna, J.; López López, C.; Mora Custodio, R.; Yáñez García, J. M. and Pareja Blanco, F. Under review. International Journal of Sports Medicine.

Jornada Científica

El día 16 de abril de 2015 se organizó una Jornada Científica en el salón de actos del Instituto de la Grasa (CSIC), en la que se expusieron los principales resultados de los estudios llevados a cabo en el Centro durante sus tres años de funcionamiento. La Jornada constó de 12 ponencias, con intervención de siete ponentes, cuatro vinculados directamente con el Centro y otros tres de otras universidades que han intervenido en algunos de los estudios realizados en colaboración con el Centro. El número de asistentes fue superior a 300 entre alumnos/as, profesores/as y profesionales de la actividad física y del deporte, procedentes de distintos centros y universidades de España. Esta Jornada se celebró dando cumplimiento a una de las funciones que constan en el Proyecto del Centro, que es la propagación de los resultados de los estudios llevados a cabo entre la comunidad científica, alumnado y profesorado.