

Trabajo de final de grado

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Correlación en nadadores de élite entre el rendimiento en la salida de natación y el salto vertical y horizontal

Emanuel Nicolás P.

TecnoCampus Mataró

Tutor: Bruno Fernández-Valdés Villa

Girona, Mayo 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN // ABSTRACT	4
2.	INTRODUCCIÓN	5
3.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	7
4.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	8
5.	METODOLOGÍA.....	9
5.1	Diseño del estudio	9
5.2	Población, muestra y comité de ética.....	10
5.3	Variables del estudio	11
5.4	Recogida de datos	11
5.5	Análisis estadístico.....	12
5.6	Consideraciones éticas	13
6.	RESULTADOS	14
7.	DISCUSIÓN	18
8.	LIMITACIONES.....	19
9.	CONCLUSIONES.....	20
10.	IMPLICACIÓN EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL	20
11.	BIBLIOGRAFÍA	21
12.	ANEXOS.....	22
	ANEXO 1.....	22
	ANEXO 2.....	25

1. RESUMEN // ABSTRACT

La salida de natación es uno de los momentos clave del rendimiento en las pruebas de natación, sobre todo en las cortas distancias. La potencia que genera el tren inferior de los nadadores debería ser clave para el éxito de esta parte de las pruebas aún así, la información que encontramos hoy en día que relacionen ambas variables no es muy amplia. Tampoco lo es sobre que vectores de transmisión de la potencia son más influyentes a la hora de asociar con el rendimiento de la salida. Así pues, se planteará un estudio en 15 jóvenes nadadores de élite (7 hombres y 8 mujeres de $16,8 \pm 1,6$ años de promedio y un promedio de $68,6 \pm 19,8$ Kg de masa corporal) donde el objetivo sea relacionar estas dos variables a través de pruebas evaluatorias de salto horizontales y verticales; Counter Movement Jump (CMJ), Squat Jump (SJ) y Broad Jump (BJ) (además de sus variantes modificadas con un pie delante y otro detrás, simulando la posición de salida) medidas con plataforma de contacto y cinta métrica, y la toma de tiempos en los primeros 5 y 10m tras una salida de competición desde el poyete de salida analizado a través del software de edición *Kinovea*. El nivel de significancia estadística de los datos se ha establecido en $p < 0.05$. Se ha utilizado el software de *RStudio* para la correlación de todas las pruebas. Los tiempos de la salida correlacionaron significativamente con las pruebas de salto, sobre todo con los de componente horizontal. (BJ M $r = -0.893$) Para los 5m y (BJ M $r = -0.925$) para los 10m. En general, el estudio evidencia la importancia de la potencia del tren inferior de los nadadores para el éxito en los primeros metros tras la salida. Los saltos de vectores horizontalizados como el BJ y sus variantes modificadas, han sido claramente los más correlacionados con el éxito en la salida. Así pues, estos tipos de test podrían considerarse para la evaluación del rendimiento de esta parte específica de las pruebas, programación de entrenamientos o detección de talentos.

Palabras clave: *Salida de natación, Potencia del tren inferior, saltos, rendimiento.*

2. INTRODUCCIÓN

La salida de natación es una de las únicas partes que es común para todas y cada una de las pruebas de natación y a la vez la única que implica un gesto fuera del agua. Es el momento donde más velocidad se desarrolla, por ello, es esencial para el rendimiento de todas las pruebas, sobre todo en las distancias cortas. El encontrar predictores claves de rendimiento para esta parte de las pruebas (como lo es una prueba de salto vertical al rendimiento de un Sprint en atletismo (Loturco et al., 2015) puede ser clave para asociar, evaluar y monitorizar cualidades relacionadas con dicha parte de la prueba.

Esta parte de la prueba se puede diseccionar en 3 partes; la fase del poyete, el vuelo y el subacuático (Tor et al., 2015). Dependiendo de la distancia y el estilo, puede contener entre un 0,8% y 26,1% del tiempo total de las pruebas (Cossor & Mason, 2001). Este porcentaje sube cuánto más corta y rápida sea la prueba.

Para su evaluación del rendimiento, la literatura coincide con una variable obvia para el deporte en el que se analiza, el tiempo. Lo que sí que varía, aun así, son las distancias a las que se asocia esta parte de la prueba. Hay estudios como (Born et al., 2019) donde en las intervenciones sobre la salida hay una toma de datos hasta los 25m en Sprint, y otros como (Thng et al., 2021) sólo lo hacen hasta los 5m. En este caso, se escogerán la medición del tiempo en diferentes puntos del subacuático tras la salida que serán a los primeros 5 y 10m.

Las diferentes pruebas de fuerza que se pueden realizar para encontrar dichos predictores claves para la salida son variadas observando la bibliografía actual. Hay autores que estudian dichos predictores basándose en pruebas con un componente puramente vertical como lo puede ser (West et al., 2011) utilizando pruebas de *Counter Movement Jump* (CMJ) y 3-RM en Squat donde encontraron correlación significativa con el rendimiento de los primeros 15m ($r = 0.69 - 0.84$). En cambio, otros pueden optar a evaluar también componentes horizontales como se puede observar en el estudio de (Born et al., 2019) donde analizan el pico de fuerza horizontal (PHF), a parte del vertical (PVF) realizado en la salida a partir de plataformas de fuerzas posicionadas en el poyete de salida. El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento de la salida de dos grupos de nadadores con entrenamientos de la fuerza diferentes (Fuerza máxima vs salto vertical). Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los resultados de un grupo u otro. También podemos encontrar estudios como (Rebutini et al., 2016) donde analizan parámetros de fuerza máxima en isometría, en este caso centrados en extensión de cadera y rodilla. El estudio analiza los cambios en parámetros cinéticos y cinemáticos en la salida de natación tras un programa de intervención de la fuerza enfocada en los vectores horizontales de la fuerza del tren inferior, donde se relacionaba la ganancia de torque (+ 24-

47%) en articulaciones como la rodilla y cadera con la ganancia de velocidad angular en la salida (+ 16% sobre la cadera y entre 8-14% en la rodilla).

Como hemos observado en ejemplos anteriores como (West et al., 2011) y como vemos en artículos como (Linthorne, 2021), los saltos como el CMJ pueden ser un buen indicador de potencia media (W) del tren inferior del cuerpo humano ($r = 0.54-0.90$).

Tomando en cuenta la bibliografía analizada, la propuesta de la investigación será generar una batería de test de evaluación de la potencia del tren inferior a través de pruebas de salto, tanto horizontales como verticales, con y sin contra-movimiento, y correlacionar los resultados de dichas pruebas con el rendimiento de la salida de natación en los primeros 5 y 10m.

3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El hecho de poder correlacionar las variables de potencia de tren inferior a partir de dichas pruebas planteadas con el rendimiento de la salida de natación puede aportar un gran abanico de información para diferentes ámbitos;

- **Disminuir el *gap* de información sobre pruebas evaluatorias de la potencia del tren inferior que puedan predecir el rendimiento en la salida de natación**

La falta de literatura especializada que aborde la relación entre pruebas de potencia del tren inferior y el desempeño en la salida, abre una oportunidad para enriquecer la base de conocimientos en el ámbito del rendimiento de la natación.

- **Optimización del entrenamiento**

Orientar el entrenamiento a las demandas específicas de la competición, es clave para el correcto desarrollo de las adaptaciones y progresión que debería tener un deportista si quiere alcanzar el mayor rendimiento posible. Así pues, identificar áreas de la fuerza específicas relacionadas con el éxito en esta parte de la prueba, ayudará a diseñar entrenamientos óptimos para su desarrollo específico, sobre todo para aquellos que son fuera del agua (trabajo en seco).

- **Detección de talentos**

La detección y desarrollo de talentos es una parte crucial en un mundo tan competitivo como lo es el mundo de la élite de la natación. Identificar a jóvenes en etapas de desarrollo que destaquen en esta parte de la prueba, puede ayudar a reconducir la orientación de sus pruebas específicas a través de sus máximas virtudes en una etapa temprana de sus carreras deportivas, en este caso para las pruebas cortas de 50 y 100m.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Las **hipótesis** sobre el siguiente estudio de investigación son las siguientes:

- *Existe una correlación inversa significativa entre las pruebas evaluatorias de la potencia propuestas y el rendimiento en la salida de natación.*
- *Las pruebas de rendimiento de la salida correlacionan mejor con las pruebas evaluatorias de salto de componente horizontal que con las de componente vertical.*
- *Existe más correlación entre el rendimiento de la salida con la variable modificada de las pruebas de salto respecto a las originales.*
- *Existe más correlación entre el rendimiento de la salida con las pruebas que contengan contra-movimiento que con las que no lo tengan.*
- *No existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en las correlaciones entre las pruebas de evaluación de la fuerza propuestas y el rendimiento de la salida.*

El **objetivo principal** de este estudio de investigación es el siguiente:

- *Investigar y analizar la relación entre las pruebas de potencia de tren inferior como el BJ, CMJ y SJ (Incluyendo las variables propuestas), y el rendimiento en la salida de natación en un grupo de nadadores, con el fin de determinar si existe una correlación significativa entre estas variables.*

Los **objetivos secundarios** del estudio serían los siguientes:

- *Evaluar el rendimiento en las pruebas de fuerza de CMJ, BJ y SJ.*
- *Evaluar el rendimiento de la salida de natación a través del tiempo en los primeros 5 y 10m.*
- *Identificar patrones o tendencias en los datos analizados.*
- *Identificar que componente vectorial (vertical u horizontal) está más asociado con el rendimiento de la salida de natación.*
- *Determinar si hay asociación entre la potencia de los miembros inferiores del cuerpo humano y el rendimiento en la salida de natación.*

5. METODOLOGÍA

5.1 Diseño del estudio

El diseño del estudio consta de dos partes principales;

La primera consta de la toma de tiempos de los primeros 5 y 10m a *Sprint* tras una salida de competición, cogiendo de referencia el estudio de (Thng et al., 2021). La fase subacuática constará solo del impulso de los miembros inferiores del cuerpo sin la intervención de los miembros superiores. Cada sujeto tendrá 2 tomas de tiempos con un descanso aproximado de 3 minutos entre estas y se valorará el mejor intento. La grabación se realizará con una cámara a una resolución de 4K y 60 FPS, donde enfocará la posición de salida, la marca de los 5m y la marca de los 10m. Posteriormente se evaluará el vídeo con la aplicación *Kinovea* (Ejemplo en *figura 11*).

Para tipificar el proceso y partir de un punto similar, todos los nadadores seguirán las mismas pautas antes de los *Sprints*:

- Calentamiento en seco individual durante 10'; Movilidad de hombros, tronco, cadera, rodillas y pies.
- Calentamiento en el agua de 800m;
400m variados con aceleración cómoda de 25m cada 100m.
6x50 crol, 1 aceleración máxima 1 Desaceleración máxima.
100 nado cómodo.
- No se puede realizar ninguna salida en el calentamiento ni en el día de la prueba.
- Ningún entrenador puede dar ninguna consigna técnica antes de los *Sprints*.

En la segunda parte del estudio se evaluarán las pruebas de evaluación de la fuerza que se correlacionarán con los resultados de la primera parte. Esta parte fue realizada al día siguiente para evitar que influenciara la fatiga en los resultados. El orden de los saltos en los participantes fue totalmente aleatorio. En todas las pruebas de salto la posición y angulación de los MMII de los participantes no han sido restringidos y han sido escogidos libremente a gusto de cada sujeto (mismas condiciones que en la salida de competición);

- 1) Un test de CMJ en una plataforma de contacto donde se evaluará la potencia (W) y la altura pico alcanzada (Cm) a través de una plataforma de fuerzas. Se realizarán 2 variables: Un CMJ tradicional y un CMJ modificado con una pierna delante y otra detrás simulando la distribución

de los MMII en la salida (sin restricción de ángulos cadera-rodilla-tobillo, escogiendo el sujeto la posición más cómoda). (Ejemplo en Figura [12](#))

- 2) Un test de SJ en una plataforma de contacto donde se evaluará la potencia (W) y la altura pico alcanzada (Cm) a través de una plataforma de fuerzas. Se realizarán 2 variables: Un SJ tradicional y un SJ modificado con una pierna delante y otra detrás simulando la distribución de los MMII en la salida (sin restricción de ángulos cadera-rodilla-tobillo, escogiendo el sujeto la posición más cómoda). (Ejemplo en Figura [12](#))
- 3) Un test de BJ, donde se evaluará la distancia máxima recorrida (Cm) a través de una cinta métrica. Se realizarán 4 variables: Un BJ tradicional (Con contra-movimiento y sin contra-movimiento) y un BJ modificado con una pierna delante y otra detrás simulando la distribución de los MMII en la salida (sin restricción de ángulos cadera-rodilla-tobillo, escogiendo el sujeto la posición más cómoda), (Con contra-movimiento y sin contra-movimiento). (Ejemplo en Figura [13](#)).

5.2 Población, muestra y comité de ética

Se ha seleccionado a un grupo de 15 participantes (7 hombres y 8 mujeres de $16,8 \pm 1,6$ años de promedio y un promedio de $68,6 \pm 19,8$ Kg de masa corporal) que forman parte de un programa de rendimiento deportivo supervisado por la Federación Catalana de Natación. Se encuentran toda la temporada concentrados en el Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallès, compaginando estudios y deporte en el mismo centro. Debido al alto nivel de competición que presentan a nivel nacional, podríamos considerar a la muestra como nadadores de élite. Dicha muestra ha pasado por un filtro (Criterios de Selección), a través de un pequeño cuestionario donde se declaran con “buena salud”, no han tenido ningún tipo de lesión de los MMII en los anteriores 6 meses y forman parte de un grupo de alto rendimiento en la natación de competición. Dichos nadadores todavía se muestran en edad de desarrollo y formación pero aun así, las distancias y estilos en las que se especializan son variadas entre sujetos.

5.3 Variables del estudio

El grupo de 15 deportistas se encuentran en un momento de la temporada donde justo han superado una de las competiciones objetivo, el *XXIV Campeonato de España "Open" de Invierno (RFEN, 2024)*, por lo tanto, deberían de encontrarse cerca de un estado de forma pico en cuánto a su rendimiento.

El grupo pasará por un test de 2 Sprints de 10 metros tras una salida de competición desde el poyete. Se tomarán los tiempos en **segundos (s)** más dos órdenes subdecimales (*Ejemplo: 05.24s*) de los 5 y 10m del Sprint y se tomará la muestra más rápida de cada sujeto para la toma de Datos. El tiempo se evaluará con la plataforma de análisis de vídeo *Kinovea*.

Posteriormente, a las 24h de haber realizado los Sprints, se evaluarán 4 pruebas de evaluación de la fuerza donde las variables analizadas serán las siguientes;

- 1) *CMJ*: Se evaluará la altura del salto en **Centímetros (Cm)** y la potencia del salto en **Vatios (W)**. (Figura [12](#)).
- 2) *SJ*: Se evaluará la altura del salto en **Centímetros (Cm)** y la potencia del salto en **Vatios (W)**. (Figura [12](#)).
- 3) *BJ*: Se evaluará la distancia del salto en **Cm**. (Figura [13](#)).

5.4 Recogida de datos

El investigador, Emanuel Nicolás P., ha sido el encargado de llevar a cabo la recolección de datos durante el estudio. Ha contado con la ayuda y experiencia de su tutor, Bruno Fernández-Valdés para organizar las pruebas de evaluación de la fuerza y su recogida de datos.

Se han recogido 2 tomas de datos por prueba y se contará siempre el mejor valor obtenido.

El instrumento principal de almacenamiento de los datos será una tabla del programa *Excel*. En ésta se administrarán tanto la información de la muestra como sus resultados (Tabla 1). Para el registro de los tiempos de salida se ha utilizado el programa *Kinovea* (Figura [11](#)).

	DATOS				TEST AGUA		TEST FUERZA													
	Paradónimo	Sexo	Alto de nacimiento	Club pertenencia	Sprint 5m (s)	Sprint 10m (s)	CMI (Cm)	CMI (W)	SJ (Cm)	SJ (W)	CMI M (Cm)	CMI M (W)	SJ M (Cm)	SJ M (W)	Broad Jump (Cm)	Broad Jump M (Cm)	Broad Jump ContraM(Cm)	Broad Jump M ContraM (Cm)		
Participante 1																				
Participante 2																				
Participante 3																				
Participante 4																				
Participante 5																				
Participante 6																				
Participante 7																				
Participante 8																				
Participante 9																				
Participante 10																				
Participante 11																				
Participante 12																				
Participante 13																				
Participante 14																				
Participante 15																				

Tabla 1: Tabla de registro de datos de la prueba

5.5 Análisis estadístico

Los datos han sido analizados través del software *Rstudio* (v4.3.0, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Para observar si hay diferencias significativas entre los saltos originales y sus variables, se ha realizado un *t-test*. Se han utilizado parámetros básicos de descripción (media --- \bar{x} / \bar{y} ; Desviación Estándar --- DE) para cada variable. Todas las variables extraídas de los test de valoración de la fuerza serán correlacionadas entre sí y con la toma de tiempos en los primeros 5 y 10m de Sprint tras la salida de competición. Para ello, se utilizará el Coeficiente de Variación de Pearson, tomando como referencia el artículo de (Will G Hopkings, 2002). El autor propone una tabla de valoración según el resultado del coeficiente que se usará de referencia para la interpretación de los datos (Tabla 2). El nivel de significancia estadística se ha establecido en $p < 0.05$ y el intervalo de confianza en 95%.

Correlation Coefficient	Descriptor
0.0-0.1	trivial, very small, insubstantial, tiny, practically zero
0.1-0.3	small, low, minor
0.3-0.5	moderate, medium
0.5-0.7	large, high, major
0.7-0.9	very large, very high, huge
0.9-1	nearly, practically, or almost: perfect, distinct, infinite

Tabla 2: Coeficiente de Variación de Pearson del artículo de *Will G Hopkings, 2002*

5.6 Consideraciones éticas

Al ser un estudio con resultados donde se implica la interacción con seres humanos, se ha tenido en cuenta en todo momento los principios éticos de la declaración de Helsinki (WMA, 2013), permitiendo que en cualquier momento los participantes poder abandonar voluntariamente el estudio de forma libre, sin que eso suponga ningún perjuicio al participante. Así como también se ha respetado en todo momento el código deontológico de la Profesión de la Educación Física y Deportiva (COLEF, 2019) dado que el carácter de la investigación se basa en el rendimiento deportivo.

Así también, se garantizará la confidencialidad del uso y protección de datos almacenando los datos en carpetas de Google Drive a través de la cuenta universitaria del alumno en cuestión, que solo podrán ser manipuladas por el mismo alumno y su director. Atendiendo así al Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales. Así como también la Ley Orgánica 1/1982, de 5 de mayo, de protección civil del derecho al honor, a la intimidad personal y familiar, y a la propia imagen, por el uso de las grabaciones a los participantes de los test para su posterior análisis.

Todos los nombres e identificaciones de los participantes se han anonimizarán y pseudonimizarán durante la toma y análisis de datos.

Cada participante recibirá una hoja de consentimiento informado ([Anexo 1](#)) dónde se explicará la finalidad del estudio, sus fases, su papel como participante, la voluntariedad del estudio y su capacidad para retirarse de este, y la autorización del uso de los datos.

6. RESULTADOS

Los resultados de la *t-student* (tabla 4) nos muestra que entre los saltos y sus variables modificadas no hay diferencias significativas en su resultado respecto a los tiempos de salida (Tabla 4).

	<i>t-test</i>
CMJ / CMJ M (Cm)	t = -0.15903, df = 27.996, p-value = 0.8748
CMJ / CMJ M (W)	t = -0.079284, df = 27.993, p-value = 0.9374
SJ / SJ M (Cm)	t = 0.26607, df = 27.998, p-value = 0.7921
SJ / SJ M (W)	t = 0.12123, df = 27.997, p-value = 0.9044
BJ Sí contramov. / BJ M Sí contramov.(Cm)	t = 1.3345, df = 27.235, p-value = 0.1931
BJ No contramov. / BJ M No contramov. Cm)	t = 1.0886, df = 27.982, p-value = 0.2856

Significancia en $p < 0,05$.

Tabla 4: Resultados de la *t-student*.

Las correlaciones de los diferentes saltos entre los Sprints (Tabla 5, 6 y 7) van desde (SJ M Cm $r = -0.766$) como menos significativa hasta (BJ M $r = -0.893$) como más significativa en el tiempo (s) de 5m y (SJ M Cm $r = -0.693$) como menos significativa hasta (BJ M $r = -0.925$) como más significativas en el tiempo (s) de 10m. Las correlaciones en los test de salto de componente vertical (CMJ y SJ), junto con sus variables modificadas, correlacionan más con los tiempos de los 5m que los de 10m (Tabla 5 y 7). En cambio, los test de componente horizontal (BJ), junto con sus variables modificadas, actúan a la inversa, 10m > 5m (Tabla 6). La correlación de los test de salto normalizados en vatios (W) (CMJ W $r = -0.859$; CMJ M W $r = -0.859$; SJ W $r = -0.851$; SJ M $r = -0.832$) son mayores que los resultados absolutos obtenidos en Cm (CMJ Cm $r = -0.796$; CMJ M Cm $r = -0.813$; SJ Cm $r = -0.810$; SJ M Cm $r = -0.766$) cuando los comparamos con los tiempos de los primeros 5m. Como se puede observar en la (Tabla 7, 8 y 9) encontramos la misma relación para los tiempos de los 10m. En estas mismas tablas también se observa que el sexo femenino (1) suele correlacionar bastante más en la relación pruebas de salto-tiempos de los 5 y 10m que el sexo masculino (0). Como se puede observar en la (Tabla 10), entre saltos, las correlaciones más altas que encontramos comparado todos los test las encontramos en el Test de CMJ M relativo a los vatios (W) (promedio de $r = 0.904$) y en el BJ con contra-movimiento (promedio de $r = 0.894$). Los saltos que peor correlacionan entre los otros saltos serían el CMJ. Cm (promedio de $r = 0.831$) y el BJ (promedio de $r = 0.835$).

TABLAS DE CORRELACIÓN DEL ESTUDIO:

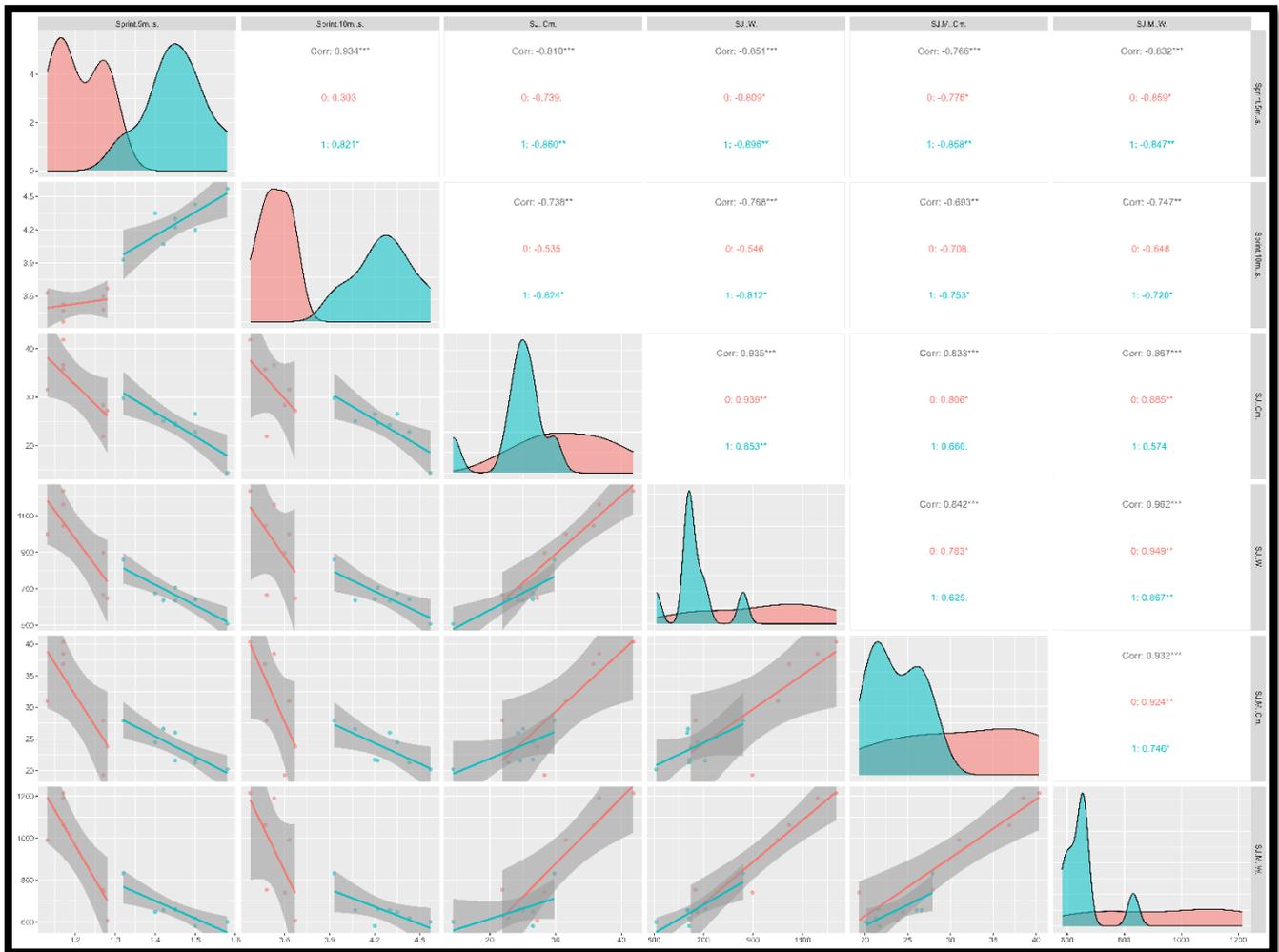


Tabla 5: Correlación SJ

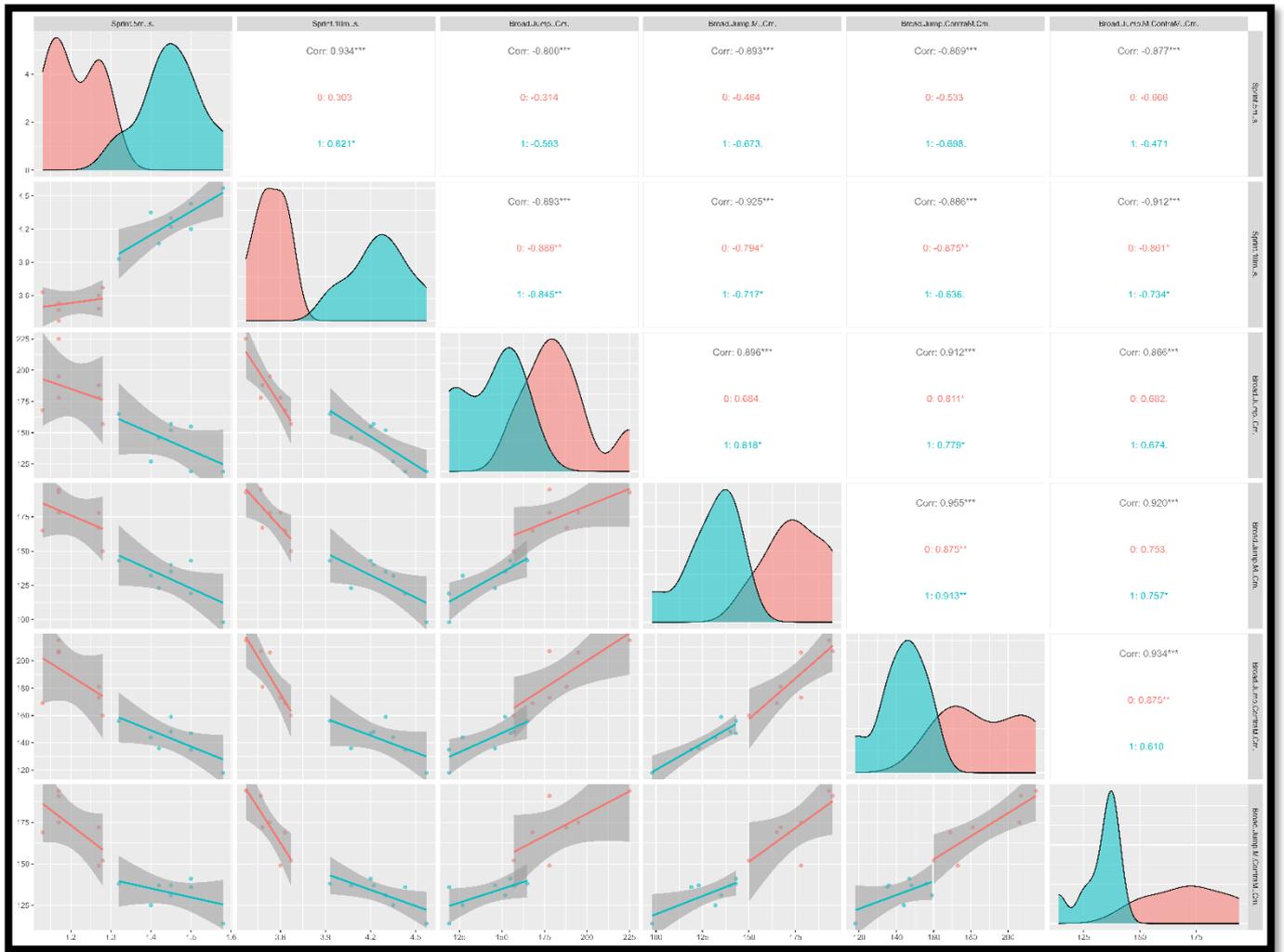


Tabla 6: Correlación BJ

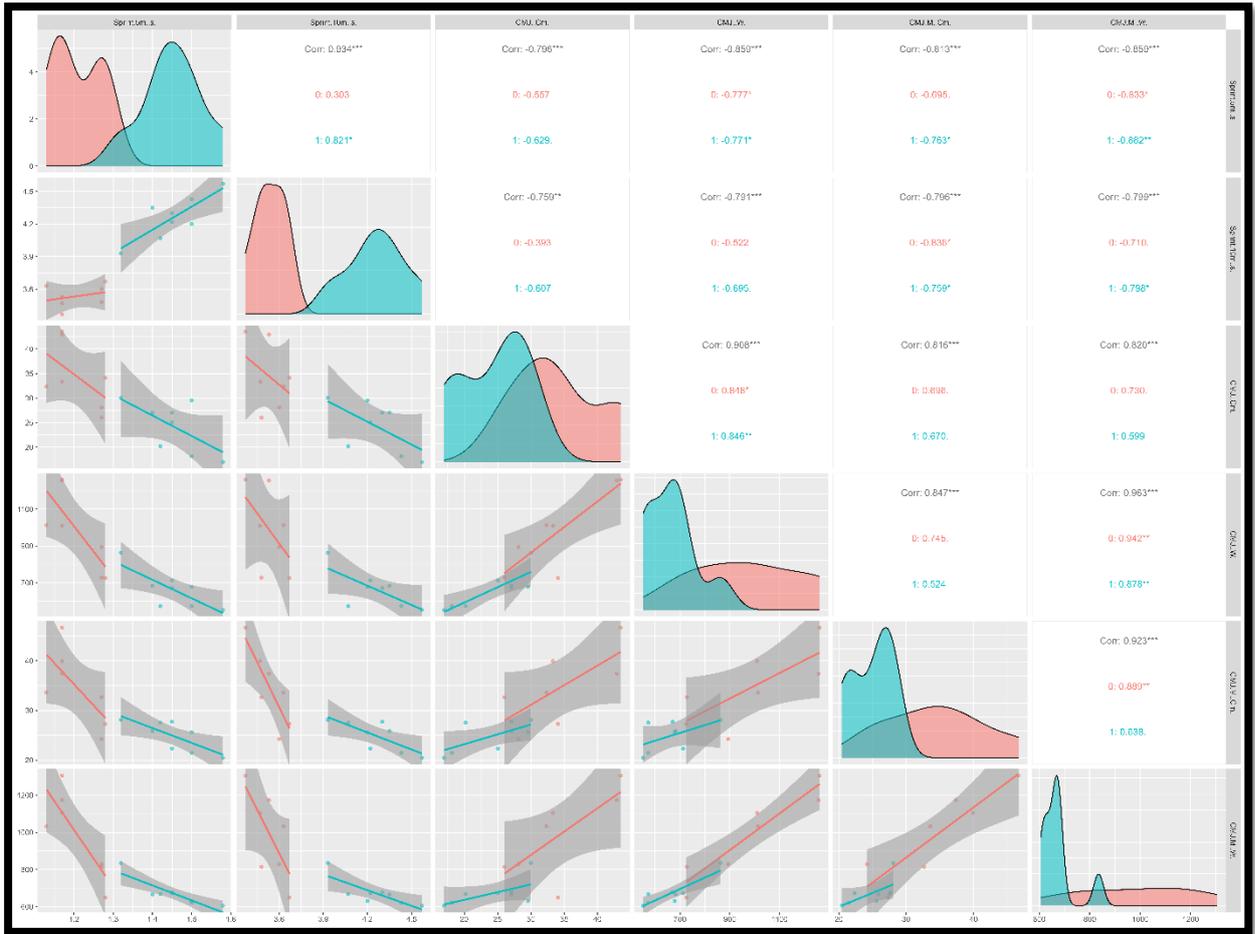


Tabla 7: Correlación CMJ

Correlaciones entre Test de Saltos													
	CMJ. Cm	CMJ. W	SI. Cm	SI. W	CMJ M. Cm	CMJ M. W	SI M. Cm	SI M. W	BI. Cm	BI M. Cm	BI ContraM. Cm	BI M ContraM. Cm	Promedio de correlación
CMJ. Cm		0.908	0.897	0.843	0.816	0.820	0.783	0.803	0.826	0.814	0.862	0.765	0.831
CMJ. W	0.908		0.908	0.979	0.847	0.963	0.842	0.956	0.853	0.855	0.899	0.824	0.894
SI. Cm	0.897	0.908		0.935	0.854	0.882	0.833	0.867	0.785	0.835	0.856	0.804	0.860
SI. W	0.843	0.979	0.935		0.844	0.970	0.842	0.962	0.816	0.850	0.878	0.827	0.886
CMJ M. Cm	0.816	0.847	0.854	0.844		0.923	0.959	0.902	0.843	0.816	0.906	0.911	0.875
CMJ M. W	0.82	0.963	0.882	0.970	0.923		0.914	0.990	0.848	0.846	0.909	0.884	0.904
SI M. Cm	0.783	0.842	0.833	0.842	0.959	0.914		0.932	0.744	0.709	0.847	0.832	0.840
SI M. W	0.803	0.956	0.867	0.962	0.902	0.990	0.932		0.798	0.791	0.878	0.845	0.884
BI. Cm	0.826	0.853	0.785	0.816	0.843	0.848	0.744	0.798		0.896	0.912	0.866	0.835
BI M. Cm	0.814	0.855	0.835	0.850	0.816	0.835	0.709	0.791	0.896		0.955	0.920	0.844
BI ContraM. Cm	0.862	0.899	0.856	0.878	0.906	0.909	0.847	0.878	0.912	0.955		0.934	0.894
BI M ContraM. Cm	0.765	0.824	0.804	0.827	0.911	0.884	0.832	0.845	0.866	0.920	0.934		0.856

Tabla 10: Correlaciones entre Saltos

7. DISCUSIÓN

El propósito principal del estudio era analizar la correlación entre las pruebas evaluadoras de la potencia de los MMII del cuerpo y el rendimiento en los primeros 5 y 10 metros después de la salida de competición. El resultado que hemos podido encontrar en el *t-test* entre las variables originales y modificadas de los saltos (Tabla 4) no han sido significativos ($p > 0,05$) como para determinar que entre hacer el salto original o el modificado haya una diferencia lo suficientemente significativa como para afectar al resultado del rendimiento de los saltos (Cm y/o W). Los resultados del estudio de correlación indican que en la gran mayoría de pruebas se encuentra como mínimo un grado de correlación “muy grande” (entre 0.7 y 0.9) según la escala propuesta por (Will G Hopkings, 2002), sobre todo en aquellos saltos de componente horizontal (BJ y sus variantes). Así pues, los datos nos hacen entender que la potencia de dichos MMII (sobre todo en vectores más horizontalizados) está más asociada al éxito en estos primeros metros de la prueba tan determinantes en ciertas distancias. Esta información es muy útil de caras al enfoque del entrenamiento de esta parte de la prueba que todas las distancias y estilos comparten. A partir de aquí, podría ser interesante ver cómo afectaría un programa de entrenamiento especializado en la salida y en especial en los vectores horizontales de la fuerza. Cabe destacar que podría ser interesante de caras a una futura propuesta batería de test tener en cuenta sobre todo las variables modificadas de dichos saltos (BJ) puesto que han sido los que mayor correlación han generado (Tabla 6). Dicho test es una prueba que normalmente no se realiza en este deporte en específico y que ha sido ideado especialmente para este estudio. Su alta correlación con el éxito en la salida puede dar a pie una nueva forma precisa y eficaz de evaluar el rendimiento en dicha parte de la prueba. El hecho de encontrarnos con que los saltos verticales correlacionan más con los 5 que los 10m y los saltos horizontales a la inversa, hace pensar que es probable que actúe la correspondencia dinámica (Fernández-Valdés Villa, 2020) como causante de esta diferencia, puesto que en momento de entrar en el agua (entre 2 y 3 metros) el componente vertical no está tan presente en la fase subacuática. La diferencia correlativa de tener solo presente el valor absoluto de la prueba (Cm) o hacerlo relativo a la masa de la persona (W) en los resultados en los saltos verticales ($W > Cm$) puede ser lo suficiente notoria de caras a elegir los valores referencia a estudiar en una futura propuesta de batería de test. La (Tabla 10) de correlaciones entre saltos podría ser de ayuda a la hora de escoger una batería de saltos muy reducida con el objetivo de, a parte tener una buena correlación con las salidas de competición, fuese representativa de otros saltos en caso que no se pudiesen realizar.

8. LIMITACIONES

Durante la realización del estudio, se han encontrado diversas limitaciones que, pese a que no han sido lo suficientemente graves como para detener el estudio, sí que han dificultado las condiciones de este;

- **Escasez de bibliografía**

Si bien se han podido encontrar algunos artículos que relacionan la fuerza de los MMII con el rendimiento de la salida de natación, los artículos han sido escasos y los protocolos variados entre sí, dificultando el poder hacer una amplia comparativa de resultados con el estudio planteado.

- **Bajas de los participantes**

La muestra que se había planteado de inicio componía 4 sujetos de prueba más que los 15 que finalmente han sido participantes del estudio. Los factores que han determinado estas bajas han sido las siguientes:

- 1) Participación en concentración con selecciones nacionales (3).
- 2) No cumplir con los requisitos del Criterio de Selección (1).

- **Limitación en los recursos de filmación y toma de tiempos**

Si bien la toma de tiempos a través de la filmación ha sido subjetivamente precisa. Se podría considerar utilizar recursos más avanzados en un futuro estudio donde se limite el factor del error humano en la toma de datos. La edición (*Kinovea*) de los puntos de referencia en las medidas eran realizados manualmente en cada toma de salida manualmente, siendo difícil tener una certeza absoluta de que todos los puntos fuesen puestos siempre en el mismo punto exacto.

- **Problemas con el material de medida de datos**

En el diseño inicial del estudio, se había contemplado analizar la fuerza isométrica máxima de los MMII en el plano vertical y horizontal para también ser comparado estadísticamente con la toma de tiempos de los 5 y 10m tras la salida. Para realizar esa toma de datos se precisaba de una galga extensiométrica que el día de las pruebas de valoración de la fuerza falló. En un futuro estudio sería interesante contar con dichas pruebas para ampliar la información correlativa fuerza-rendimiento.

9. CONCLUSIONES

Como en la gran mayoría de estudios de correlación, es difícil afirmar con toda certeza que las relaciones establecidas son absolutamente causativas, por ejemplo, que si la distancia de los saltos horizontales aumentase el tiempo en los primeros 5 y 10m bajase. Aun así, el haber trazado gráficos que en cierta manera se asemejan a esa realidad hacen válido el poder concluir que seguramente exista una relación directa entre las pruebas evaluatorias de la fuerza y la toma de tiempos y, por ende, entre la fuerza explosiva de los MMII (sobre todo en vectores horizontalizados) y el rendimiento en la salida de natación. De cara a poder plantear una batería de test para hacer controles de rendimiento específicos de este sector, definitivamente se escogería el BJ sin contra-movimiento en la variante modificada, ya que es práctica: ha sido la prueba más correlativa de todas. Y es sencilla: No se precisan materiales difíciles de conseguir o usar para su evaluación además de ser rápida. Aún con todos los datos positivos obtenidos, es cierto que a fin de obtener información mucho más precisa y veraz tendrían que mejorar aspectos del estudio como la cantidad de la muestra, la calidad y recursos en la obtención de la toma de tiempos y la incorporación de otros registros de valoración de la fuerza como la isometría máxima.

10. IMPLICACIÓN EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL

Los datos obtenidos del estudio indican una correlación positiva entre la fuerza de los MMII y el rendimiento de la salida de competición, por lo tanto, esta información podría ser valiosa para el uso en los siguientes campos:

- 1) La estructura y focalización del entrenamiento especializado en la salida de competición; En los entrenamientos de fuerza tener más presente los vectores horizontales y la correspondencia dinámica del gesto deportivo.
- 2) (Para los entrenadores, preparadores físicos y profesionales en el rendimiento deportivo) Disponer de herramientas evaluatorias altamente correlacionadas con rendimiento de los nadadores de alto nivel.
- 3) Aportación de información útil en el mundo del alto rendimiento de la natación.
- 4) Disponer herramientas para la detección de talentos como nadadores jóvenes con altas capacidades físicas para las pruebas de velocidad.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Born, D.-P., Stöggl, T., Stöggl, S., Petrov, A., Burkhardt, D., Uthy, F. L. ", & Romann, M. (2019). *Analysis of Freestyle Swimming Sprint Start Performance After Maximal Strength or Vertical Jump Training in Competitive Female and Male Junior Swimmers*. www.nasca.com
- COLEF. (2019). *CÓDIGO DEONTOLÓGICO DE LA PROFESIÓN DE LA EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA* *CÓDIGO DEONTOLÓGICO DE LA PROFESIÓN DE LA EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA CONSEJO GENERAL DE LA EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA (CONSEJO COLEF)*. www.consejo-colef.es
- Cossor, J. M., & Mason, B. R. (2001). *SWIM START PERFORMANCES AT THE SYDNEY 2000 OLYMPIC GAMES*.
- Fernández-Valdés Villa, B. (2020). *Movement variability in resistance training in team sports*.
- Linthorne, N. P. (2021). The correlation between jump height and mechanical power in a countermovement jump is artificially inflated. *Sports Biomechanics*, 20(1), 3–21. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1721737>
- Loturco, I., D'angelo, R. A., Fernandes, V., Gil, S., Kobal, R., Abad, C. C. C., Kitamura, K., & Nakamura, F. Y. (2015). *RELATIONSHIP BETWEEN SPRINT ABILITY AND LOADED/UNLOADED JUMP TESTS IN ELITE SPRINTERS*. www.nasca.com
- Rebutini, V. Z., Pereira, G., Bohrer, R. C. D., Ugrinowitsch, C., & Rodacki, A. L. F. (2016). Plyometric long jump training with progressive loading improves kinetic and kinematic swimming start parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2392–2398. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000360>
- Thng, S., Pearson, S., & Keogh, J. W. L. (2021). Pushing up or pushing out—an initial investigation into horizontal- versus vertical-force training on swimming start performance: A pilot study. *PeerJ*, 9. <https://doi.org/10.7717/peerj.10937>
- Tor, E., Pease, D. L., & Ball, K. A. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1313–1321. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990486>
- West, D. J., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2011). *STRENGTH AND POWER PREDICTORS OF SWIMMING STARTS IN INTERNATIONAL SPRINT SWIMMERS*. www.nasca-jscr.org
- Will G Hopkings. (2002). *A Scale of Magnitudes for Effect Statistics*. 2002. <https://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>
- WMA. (2013). World Medical Association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. In *JAMA* (Vol. 310, Issue 20, pp. 2191–2194). American Medical Association. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

12. ANEXOS

ANEXO 1

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO:

INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES

El/la estudiante Emanuel Nicolás Fleitas del grado de CAFE, dirigido/a por Bruno Fernández-Valdés Villa, está llevando a cabo el proyecto de investigación: Predictores clave de fuerza en la salida de natación.

El proyecto tiene por finalidad, encontrar aquellos predictores claves de fuerza que se correlacionen con el rendimiento en la salida de natación de competición. En primer lugar, se evaluarán los tiempos de los primeros 5 y 10m a Sprint tras hacer una salida de competición desde el poyete de salida y, en segundo lugar, se evaluarán diferentes test de fuerza; CMJ, Broad Jump y dos test de isometría máxima. En el proyecto participan los siguientes centros de investigación: Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès y el Tecnocampus Mataró. En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para que puedan evaluarse su desarrollo en los test propuestos, ya que usted cumple los siguientes criterios de inclusión: se declara con "buena salud", no han tenido ningún tipo de lesión de los miembros inferiores del cuerpo en los anteriores 6 meses y forman parte de un grupo de alto rendimiento en la natación de competición.

Esta colaboración implica participar en una única fase de pruebas físicas que se realizarán en un mismo día.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante la administración de los datos en Google Drive, y únicamente tendrán acceso el investigador y el director del TFG.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre,

de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle. Puede contactar con nosotros a través del correo: efleitas@edu.tecnocampus.cat

CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

Yo, , mayor de edad, con DNI..... , actuando en nombre e interés propio,

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto *Predictores clave de fuerza en la salida de natación*, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, renuncio a cualquier beneficio académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto: *Predictores clave de fuerza en la salida de natación.*
2. Que Emanuel Nicolás Fleitas y su director/a Bruno Fernández-Valdés Villaa puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En, a día de del.....

[FIRMA PARTICIPANTE]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE]

[FIRMA DEL DIRECTOR/A]

ANEXO 2

PRUEBA DE SALIDAS DE COMPETICIÓN:



Figura 11: Toma de tiempos a través del editor de vídeo *Kinovea*

PRUEBAS DE SALTO:



Figura 12: Posiciones de salto de CMJ y SJ (Modificado y original)



Figura 13: Posiciones de salto de BJ (Modificado y original)