

Sport Performance

Diseño de un Protocolo de Valoración Indirecta y Ecuación de Predicción del VO₂max. Específico para el Baloncesto

Design of an Indirect Assessment Protocol and Prediction Equation of VO₂max. Specific for Basketball

Tauda, Mauricio Ernesto.¹, Cruzat Bravo, Eduardo.¹

¹Universidad Santo Tomas Valdivia, Chile.

Dirección de contacto: mauro.tauda@gmail.com

Mauricio Tauda

Fecha de recepción: 5 de febrero de 2023

Fecha de aceptación:

RESUMEN

Objetivos: el propósito de este estudio fue establecer un protocolo intermitente indirecto para jugadores de baloncesto y generar una ecuación para predecir el VO₂max. (ml/kg/min).

Materiales y Métodos: se seleccionaron 30 participantes del club deportivo Valdivia de baloncesto. Edad 15.90 ± 1.5 Años. Peso. 71.61 ± 12.3 (kg). Estatura. 178 ± 0.08 . % (cm). Grasa 17.63 ± 2.5 (%). Masa muscular 41.43 ± 2.2 (%). VO₂ 57.37 ± 5.2 (ml/kg/min). Se realizaron dos pruebas, la primera, en el laboratorio se calculó el VO₂ (ml/kg/min). directo, la prueba inicio a 6 km/h. Durante 1 min. Con inclinación 1°. durante toda la prueba. Con incrementos de velocidad en 7 km/h. Hasta la fatiga. Con el análisis de las variables se obtuvo el siguiente modelo de regresión ($37,262 + -0,172 * \text{peso} + 1,901 * \text{velocidad}$), $p=0.732$, (SEE) 3.0. Sesgo cercano a cero 0.267 ml/kg/min, en Bland-Altman, con límites de concordancia de (-1.31 - 1.84).

Conclusiones: los resultados demuestran que la prueba posee una alta confiabilidad y validez para evaluar el VO₂ (ml/kg/min) en jugadores de baloncesto.

Palabras Clave: ejercicio físico, prueba de esfuerzo, condición física, deportes

ABSTRACT

Goals: The purpose of this study was to establish an indirect intermittent protocol for basketball players and to generate an equation to predict VO₂max. (ml/kg/min).

Materials and methods: 30 participants from the Valdivia basketball sports club were selected. Age 15.90 ± 1.5 . Weight (kg). 71.61 ± 12.3 . Height (cm) 178 ± 0.08 . % Fat 17.63 ± 2.5 . % Muscle mass 41.43 ± 2.2 . VO₂ (ml/kg/min). 57.37 ± 5.2 . Two tests were performed, the first, in the laboratory the direct VO₂max was calculated, the test started at 6 km/h, for 1 min. With 1° inclination. With speed increments of 7 km/h. Until fatigue. With the analysis of the variables obtained, a multiple linear regression was performed, obtaining the following regression model ($37,262 + -0,172 * \text{weight} + 1,901 * \text{speed}$), p-value 0.003. Said equation was used in the second test to predict the VO₂max. (ml/kg/min). With the proposed measurement protocol, level 1. Starting at 6 km/h. With increases of 1 km/h, duration of 1 min. Distance of 15m. 5 second breaks. Between speed series, until reaching fatigue.

Results: The student's t test for paired samples determined a mean of the differences of 0.26667, 95% CI. (-1.3082-1.8416). Standard deviation 4.2176. p-value >0.05, (SEE) 3.0. Bias close to zero 0.267 ml/Kg/min, in Bland-Altman, with limits of agreement of (-1.31 - 1.84).

Conclusions: The results show that the test has a high reliability and validity to evaluate the Vo₂max (ml/kg/min). In basketball players.

Keywords: physical exercise, stress test, physical condition, sports

INTRODUCCIÓN

La importancia del desarrollo de la forma física se ha vuelto relevante en la actualidad tanto para el rendimiento deportivo como para la salud. Los estudios científicos muestran que un buen fitness respiratorio está inversamente asociado con enfermedades cardiovasculares, obesidad, síndrome metabólico y como predictor de mortalidad por todas las causas. (Castro et al., 2021; Smith et al., 2022). En el deporte, es uno de los factores claves para un buen rendimiento y proporciona parámetros para la prescripción del ejercicio físico y dirigir de manera más precisa las variables más importantes del entrenamiento, como la intensidad y el volumen (Gryko et al., 2022). La valoración del VO₂max es una medida que refleja la capacidad de los sistemas circulatorio, cardíaco, muscular y metabólico para captar, transportar y utilizar el oxígeno durante la actividad física. Varios estudios, como los de McCarthy et al. (2020) y Kelley et al. (2018), han demostrado que el VO₂max es un indicador importante de la salud y el rendimiento físico. La ecuación de Fick se utiliza para calcular el VO₂max, donde el VO₂ representa el consumo de oxígeno, Q es el gasto cardíaco y D (a-v) O₂ es la diferencia arteriovenosa en contenido de oxígeno. Esta ecuación muestra la relación entre el flujo sanguíneo, la captación de oxígeno por los tejidos y la extracción de oxígeno en los músculos.

Investigaciones como la de Zhou et al. (2015) han utilizado esta ecuación para comprender mejor la relación entre estos componentes. El valor del VO₂max se puede medir en reposo y se considera el metabolismo basal, que se expresa comúnmente como 3.5 ml/kg/min, también conocido como una unidad metabólica llamada MET. (Costa et al., 2021). Esta medida puede expresarse en litros por minuto (l/min) o en relación con la masa muscular (ml/min/kg). Cabe destacar que el VO₂max varía significativamente entre individuos y está influenciado por factores como la dotación genética, la edad, el sexo y el nivel de entrenamiento o condición física, tal como señalan Skattebo et al. (2020).

Para estimar el VO₂max de manera directa se utilizan analizadores de gases en combinación con cicloergómetros o tapices rodantes, y estos métodos suelen ser más comunes en entornos clínicos o en estudios de investigación debido a su costo monetario y su nivel de precisión. Estas pruebas directas son más comunes en deportistas de alto rendimiento, donde se requiere una medición más precisa del VO₂max. (Keir et al., 2022). Existen varios protocolos de prueba que se utilizan para medir el VO₂max de manera directa. Algunos de los protocolos más comunes incluyen el protocolo de Robert A. Bruce, Bruce Modificado, Naughton, Balke, Sheffield, McHenry, Cornell, Ware y Ellestad Naughton. Estos protocolos varían en la duración, intensidad y etapas de incremento gradual de la carga de ejercicio (Grgic et al., 2020; Grgic et al., 2021; Labonte et al., 2021; Lima et al., 2019; Menezes et al., 2020; Verde et al., 2020). Es cierto que no todos los deportes formativos tienen acceso fácil o costeable a pruebas directas para medir el VO₂max.

Esto puede plantear desafíos para los entrenadores a la hora de evaluar la capacidad aeróbica de sus atletas y diseñar programas de entrenamiento adecuados. El College of Sports Medicine (2007) y otros estudios, como el de Cárdenas et al. (2017) y Weineck (2005), han destacado las dificultades que existen en este sentido. En muchos casos, los entrenadores

utilizan pruebas de campo indirectas para estimar el VO₂max de sus atletas. Sin embargo, estas pruebas pueden no tener en cuenta el perfil físico específico de cada deportista ni la naturaleza del deporte en el que participan, lo que puede llevar a una planificación deficiente del entrenamiento y limitar el progreso de los deportistas. En el caso particular del baloncesto, que es un deporte colectivo e intermitente con oposición directa, se requiere un alto nivel de exigencia física, especialmente a nivel respiratorio.

Evaluar el VO₂max de manera precisa y considerar la especificidad deportiva puede ser fundamental para optimizar el entrenamiento y maximizar el rendimiento de los jugadores. (Scalan et al., 2019; García et al., 2020). Diversos estudios han investigado y reportado las demandas fisiológicas específicas de los jugadores de baloncesto, lo cual es relevante para comprender la importancia de evaluar el VO₂max y considerar la especificidad deportiva en el entrenamiento de estos deportistas (Williams et al., 2021).

Según la literatura, durante un partido, los jugadores suelen mantener una frecuencia cardíaca superior al 80% de su capacidad máxima, lo que equivale a un rango de 160 a 200 pulsaciones por minuto (García et al., 2020; Scalan et al., 2019). Además, se ha observado que durante aproximadamente el 60% del tiempo de juego efectivo, los jugadores presentan concentraciones de lactato en sangre que varían entre 2.5 a 6.5 mmol/l, lo cual indica una importante demanda metabólica (Brooks et al., 2021). En cuanto al desplazamiento físico, se estima que los jugadores recorren una distancia promedio de 7000 a 7500 metros por partido, con sprints de 40 a 100 metros de longitud (Fox et al., 2019; Vázquez et al., 2021). Además, la velocidad promedio durante el juego se sitúa alrededor de los 16 km/h (Berkelmans et al., 2018; Vázquez et al., 2018).

Actualmente existen diversos modelos predictivos para estimar el VO₂max en diferentes poblaciones deportivas. Los estudios mencionados (Cabeza et al., 2019; Cuenca et al., 2022; Frost et al., 2020; Gomes et al., 2018; Labadessa et al., 2019; Ricci et al., 2019), han desarrollado y validado modelos de predicción del VO₂max utilizando diferentes metodologías y variables. Estos modelos consideran aspectos como la distancia recorrida, la presencia o ausencia de intervalos de descanso y su duración, los intervalos de velocidad, la edad de los sujetos, el deporte específico, el género y el peso corporal, entre otros factores. La selección de la prueba más adecuada depende de la especificidad deportiva, las características individuales del sujeto evaluado y los objetivos de la evaluación.

En este estudio, se ha tenido en cuenta el perfil fisiológico específico de los jugadores de baloncesto con el objetivo de desarrollar un protocolo intermitente indirecto de campo. Este protocolo permite a los deportistas regular la velocidad de trote y reducir el coste energético total durante la actividad. Además, se ha incluido un tiempo de descanso entre cada serie de velocidad, lo cual refleja la naturaleza intermitente del metabolismo en el baloncesto y se alinea con el principio de especificidad (Hislam et al., 2017). Por lo tanto, el objetivo principal del estudio fue establecer un protocolo intermitente indirecto y desarrollar una ecuación para predecir el VO₂max de los jugadores de baloncesto.

METODO

Diseño de Investigación

Estudio que posee un enfoque cuantitativo y transversal, con un diseño no experimental y transeccional, con un alcance descriptivo y correlacional.

Población de donde provendrán los participantes

La muestra para el estudio se obtuvo mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple de la población global del club deportivo de baloncesto Valdivia, series menores, sub-13, 15 y 17, y consistió en 30 participantes hombres con una edad promedio de 15.90 ± 1.5 años, un peso promedio de 71.61 ± 12.3 kg, y una estatura promedio de 1.78 ± 0.08 cm. Además, se midió el porcentaje de grasa corporal ($17.63 \pm 2.5\%$) y el porcentaje de masa muscular ($41.43 \pm 2.2\%$) de los participantes, así como su consumo máximo de oxígeno, con un promedio de 57.37 ± 5.2 ml/kg/min.

Consentimiento informado

El estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos para la investigación en seres humanos contenidos en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (Harriss y Atkinson 2015). Los deportistas fueron informados a cerca de la investigación, de sus riesgos y beneficios antes de aceptar la participación voluntaria y además del consentimiento de los padres. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Santo Tomas.

Criterios de inclusión

Ser jugador de las categorías sub-13, sub-15 o sub-17 del club deportivo Valdivia. Tener una edad comprendida entre 15 y 17 años.

Criterios de exclusión

Queda descartado todo jugador con patología cardíaca, lesiones osteomusculares, patologías osteomusculares, cirugías previas, enfermedades autoinmunes multiorgánicas o sistémicas que pudieran ser contraproducentes para la salud de los participantes.

Cálculo y tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra según Kendall (1975). En el análisis de regresión múltiple se debe estimar en base a la relación entre el número de variables a incluir y el número mínimo de observaciones requeridas, se necesitan mínimo 10 observaciones por variable independiente. El estudio posee 2 variables por lo tanto se necesitan 20 observaciones ($2 \times 10 = 20$). La muestra actual del estudio corresponde a 30 participantes. Con lo anterior tenemos un R^2 0.593. Tamaño del efecto de 0.515, potencia 0.924%. en un Alfa 0.05. Se identifica una muestra mínima de 27 observaciones para obtener el tamaño de la muestra ideal.

Descripción de proceso de reclutamiento de los participantes

La muestra del estudio fue seleccionada de forma aleatoria y representativa de la población objetivo (participantes del club deportivo valdivia, categorías sub-13, 15 y 17) que aceptaron participar voluntariamente en la investigación. Se utilizó un proceso de selección aleatoria simple para garantizar la imparcialidad en la selección de la muestra final de 30 participantes.

Proceso de recogida de datos

Las valoraciones se llevaron a cabo en dos ocasiones, la primera evaluación se realizó una medición antropométrica y evaluación directa del VO_{2max} (ml/kg/min). Las variables obtenidas se utilizaron para generar una ecuación de regresión lineal múltiple. La segunda evaluación la medición indirecta del VO_{2max} a través del protocolo propuesto por este estudio (Liv Test) aplicando la ecuación propuesta. Todas las pruebas se llevaron a cabo bajo similares condiciones atmosféricas (21 - 24 °C y 45 - 55% de humedad relativa y presión atmosférica comprendida entre el (700-715 mmHg). Los valores se expresaron en condiciones STPD.

Manejo de datos

Los datos se analizaron a través del programa estadístico Jamoví, Versión 1.6. (2007). España.

Instrumentos de medición

El equipo utilizado para la medición de variables fisiológicas durante el estudio es de alta calidad y precisión. El analizador de gases ergo espirómetro Metalyzer Cortex 3B-R3 es un instrumento ampliamente utilizado en investigaciones de fisiología del ejercicio y permite medir de manera precisa y confiable las variables de intercambio gaseoso durante el ejercicio. Además, la cinta rodante motorizada con capacidad máxima de 200 kg, modelo H/P/cosmos Mercury® es una excelente opción para la realización de pruebas de esfuerzo en deportistas. La calibración previa del equipo con gases de concentraciones conocidas y la jeringa de 3L para la calibración del flujo y el volumen son procedimientos estándar en la medición de variables fisiológicas y garantizan la precisión de los resultados obtenidos.

Protocolo de medición y/o intervención

En el estudio se llevaron a cabo tres mediciones, antropometría, test directo, consumo máximo de oxígeno y test indirecto en cancha de baloncesto.

Antropometría

La evaluación antropométrica fue llevada en el laboratorio y según las normas de la sociedad internacional para el avance de la cineantropometría (Isak). Se realizó un perfil completo.

Protocolo VO_{2max} directo

El protocolo consistió en un calentamiento de 10 minutos en tapiz rodante a 5 km/h., con una inclinación de 0°. Al finalizar

esta actividad, la evaluación comienza a 6 km/h. Con una duración de 1 min. Inclinación constante de 1° y aumentos progresivos de velocidad de 1 km/h., hasta el agotamiento. Con una fase de recuperación de 5 min. a 4 km/h. Con inclinación 0° (David y Saunders 2012).

Protocolo VO₂max indirecto. (Liv Test nivel 1)

El protocolo utilizado para la prueba de esfuerzo fue el Liv Test nivel 1, el cual consiste en una prueba progresiva de velocidad y resistencia cardiovascular en la que se va incrementando la velocidad de manera gradual en cada palier hasta llegar a la velocidad máxima de 20 km/h. (Figura 1). El protocolo también incluye períodos de descanso de 5 segundos entre cada palier y la duración de cada palier es de 1 minuto aproximado. La prueba se realiza con balón en la cancha de baloncesto y hay un sonido que guía la velocidad del trote y del descanso en cada serie de palier (Liv Test nivel 1. Tabla1).

Figura 1. Liv Test nivel 1

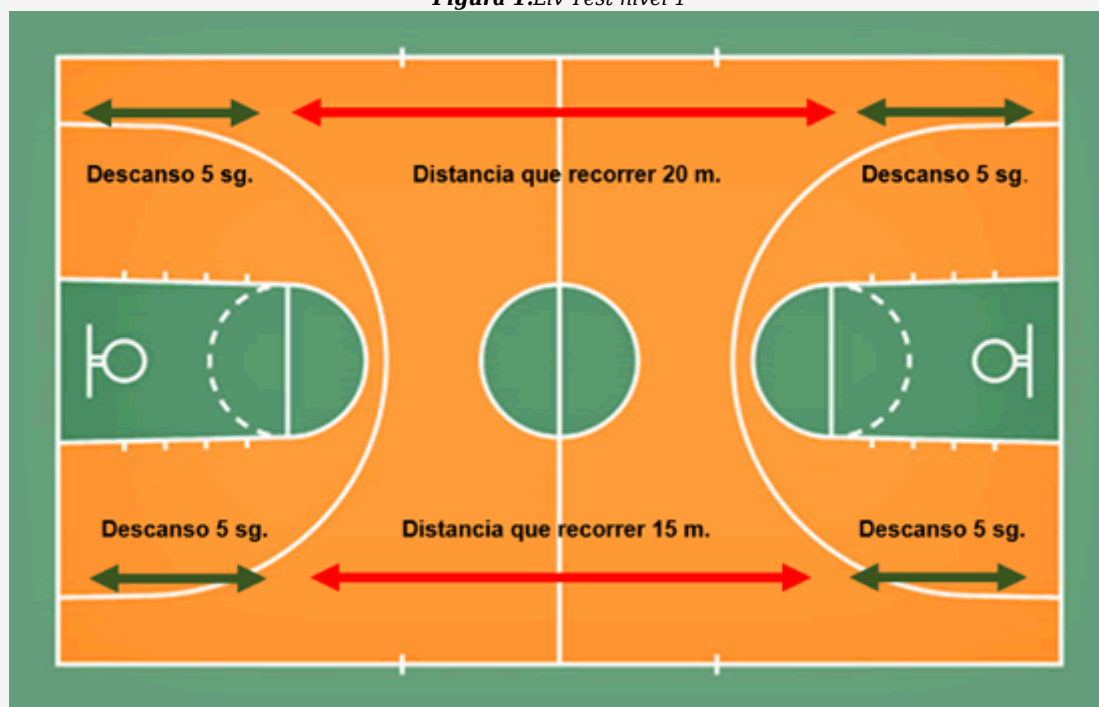


Tabla 1. Estructura general del Liv test nivel 1 (15 metros)

TIEMPO					1	2	3	4	5	6	7
	DESCANSO	SERIES	ETAPA	TIEMPO							
56	20	4	6	9	15	30	45	60			
50	25	5	7	8	75	90	105	120	135		
60	25	5	8	7	150	165	180	195	210		
55	25	5	9	6	225	240	255	270	285		
55	25	5	10	6	300	315	330	345	360		
60	25	6	11	5	375	390	405	420	435	450	
60	25	6	12	5	465	480	495	510	525	540	
54	30	6	13	4	555	570	585	600	615	630	
54	30	6	14	4	645	660	675	690	705	720	
54	30	6	15	4	735	750	765	780	795	810	
56	35	7	16	3	825	840	855	870	885	900	915
56	35	7	17	3	930	945	960	975	990	1005	1020
56	35	7	18	3	1035	1050	1065	1080	1095	1110	1125
56	35	7	19	3	1140	1155	1170	1185	1200	1215	1230
56	35	7	20	3	1245	1260	1275	1290	1305	1320	1335

Nota: La columna N°1, representa el tiempo total en cada palier (1 min aprox.) La columna N°2, descansos totales según series por palier. La columna N°3, series de cada palier. La columna N°4, velocidad de cada palier. La columna N°5, duración de cada palier. La especificidad de la prueba está dada por los tiempos de descansos después de recorrer los 15 metros, que es el tiempo promedio de las pausas en el juego de baloncesto y además se utiliza el implemento deportivo lo que lo hace más interesante y dinámico, ya que es con el balón que se realizan la mayoría de las acciones de juego.

Tabla 2. Análisis descriptivo de las variables de la muestra

	N	Media	Mediana	Moda	SD	Varianza	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
									W	p
Edad	30	15.90	16.00	14.00	1.5614	2.43793	14.00	19.00	0.887	0.00415
Talla	30	1.78	1.77	1.69	0.0833	0.00694	1.66	1.98	0.934	0.06140
Peso	30	71.61	71.00	57.00	12.394	153.6344	57.00	99.00	0.919	0.02516
% Grasa	30	17.63	18.00	18.00	2.5391	6.44713	14.00	22.00	0.912	0.01679
% Muscular	30	41.43	41.00	41.00	2.2846	5.21954	37.00	46.00	0.966	0.44271
VO2 L/Min	30	4.05	4.05	4.68	0.5794	0.33572	3.19	4.93	0.913	0.01747
VO2 ml/kg/min	30	57.37	57.00	57.00	5.2881	27.96437	47.00	67.00	0.971	0.55593
VO2/Fc	30	21.07	20.50	19.00	2.6514	7.02989	18.00	27.00	0.824	1.82e-4
FC	30	196.40	195.50	193.00	6.0777	36.93793	182.00	207.00	0.943	0.10925
VE/VO2	30	40.72	40.35	39.80	3.2147	10.33454	35.30	53.50	0.828	2.24e-4
VE/VCO2	30	35.15	35.30	34.10	2.4363	5.93568	30.90	40.60	0.979	0.78666
VE	30	147.76	146.45	129.90	15.328	234.9549	119.20	181.10	0.974	0.65965
FR	30	63.27	63.00	64.00	10.903	118.8919	32.00	88.00	0.908	0.01343
Velocidad	30	17.07	17.00	17.50	0.9575	0.91678	15.00	19.20	0.939	0.08505

Nota: Tabla 2. Análisis descriptivo de la muestra. Media de los datos, Edad (años). Peso (kg). Porcentaje de grasa, Porcentaje de masa muscular, Consumo máximo de oxígeno (VO2max), ml/kg/min - L/Min. Frecuencia cardiaca máxima (Fc), Equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO2), Equivalente ventilatorio de dióxido de carbono (VE/VCO2), Ventilación por minuto (VE), Frecuencia respiratoria por minuto (FR), Velocidad (km/h).

Plan de análisis estadístico

Para llevar a cabo las pruebas paramétricas, se determinó la normalidad de las variables con la prueba Shapiro-Wilk, estadística descriptiva. La bondad de ajuste para el modelo de regresión lineal múltiple se evaluó con el coeficiente de determinación R^2 . Para determinar la calidad de predicción del modelo se calculó error cuadrático medio (RMSE) y el nivel de significancia $p < 0.05$. Los supuestos de distribución de normalidad de los residuos estandarizados con la prueba Shapiro-Wilk, el supuesto de independencia de los residuos con la prueba Durbin-Watson, el supuesto de homocedasticidad con la prueba Breuch-Pagan, para indicadores de multicolinealidad se utilizó la prueba F. para comparar las diferencias entre la prueba directa de consumo de oxígeno y la prueba indirecta (Liv Test). Se utilizó la prueba t-Student para muestras pareadas. Para la relación de las variables utilizadas se utilizó la prueba de correlación de Pearson, para determinar la fiabilidad se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC). Se calculó el error estándar de la media SEE, y finalmente la concordancia entre lo observado y lo previsto del $VO_{2\text{máx}}$. Con el diagrama de Bland-Altman. Los datos se analizaron con el software estadístico Jamovi.

RESULTADOS

Tabla 3. Análisis del modelo de regresión lineal múltiple

Modelo	R	R ²	R ² Ajustado	RMSE	Overall Model Test			
					F	df1	df2	P
1	0.579	0.336	0.287	4.24	6.82	2	27	0.00399

Según los resultados presentados en la Tabla 3, se analizó el modelo de regresión lineal múltiple global utilizando una técnica paso a paso para predecir el $VO_{2\text{max}}$ (ml/kg/min) en base al peso y velocidad como variables independientes para la ecuación de regresión.

La ecuación según la prueba F con un valor de 6.82 con un valor $p < 0.05$ fue estadísticamente significativa. Coeficiente de determinación R 0.579 que indica el 58% de toda la variabilidad de los datos de respuesta en torno a su media. En relación con error cuadrático medio (RMSE). Valor de 4.24 establece que el modelo tiende a una buena predicción, considerando los valores predichos y observados. La ecuación de regresión fue $(37,262 + -0,172 * \text{peso} + 1,901 * \text{velocidad})$. Donde por cada aumento en un kilogramo el VO_2 disminuye en 0.172 ml/kg/min. A su vez un cambio en la puntuación de la velocidad generará una disminución de 1.901 (ml/kg/min) en el VO_2 .

Tabla 4. Análisis de las variables independientes del modelo de regresión lineal múltiple

Predictor	Estimado	SE	95% Intervalo confianza		t	P	estimación estándar	95% intervalo de confianza	
			Bajo	Alto				Bajo	Alto
Intercepto	37.262	16.7402	2.9138	71.6098	2.23	0.0346			
Velocidad	1.901	0.8831	0.0894	3.7132	2.15	0.0404	0.344	0.0162	0.6723
Peso	-0.172	0.0682	-0.3123	-0.0324	2.53	0.0177	-0.404	-0.7321	-0.0760

Los predictores independientes del modelo presentes en la Tabla 4, presentan un nivel de significancia menor al $p < 0.05$. La prueba de Shapiro-Wilk, determina la normalidad de los datos con un valor de $p > 0.05$. La prueba Breuch-Pagan $p > 0.05$ determinan que los datos cumplen el supuesto de homocedasticidad. A través del factor de inflación de la varianza (VIF) con un valor de 1.04 con una tolerancia de 0.962 para el peso y velocidad que indica que no hay presencia de multicolinealidad. Los valores de la prueba Darwin-Watson -0.152 y $p > 0.05$. son mayores que el nivel de significancia por lo tanto no existe presencia de autocorrelación en los datos.

Tabla 5. Prueba t. Student's para muestra pareadas

		T Students				95% intervalo de confianza		
VO2max (ml/kg/min)		Estadística	Df	P	Media de las diferencias	SE diferencias	Bajo	Superior
Evaluación 1	Evaluación 2	0.346	29.0	0.732	0.267	0.770	-1.31	1.84

Los resultados de la prueba t de Student en la Tabla 5, indican que no hay una diferencia significativa entre la media del valor del VO2max pretest y la media de la prueba indirecta $p > 0.05$. Esto sugiere que no existe suficiente evidencia para concluir que las medias difieren a un nivel de significancia de $p < 0.05$. La media de las diferencias fue de 0.26667, con un intervalo de confianza del 95% (-1.3082 - 1.8416) y una desviación estándar de 4.2176. Además, se observó una correlación de 0.605 ($p < 0.000$) y un coeficiente de determinación (R2) de 0.994.

Tabla 6. Análisis descriptivo VO2max pre y post test

N° 30	VO2max (ml/kg/min)		Velocidad (km/h)		Frecuencia cardiaca (ppm)	
	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 1	Evaluación 2
Mean	57.4	57.1	17.1	16.9	196.4	194.5
Median	57.0	58.0	17.0	17.0	195.5	194.0
SD	5.288	2.975	0.957	0.942	6.078	6.616

Nota: Comparación entre los valores de la prueba directa e indirecta, entre las variables más significativas. Consumo máximo de oxígeno (VO2max). (FC) frecuencia cardiaca máxima y velocidad alcanzada (Km/h).

Los resultados muestran que existe una diferencia media de 3 ml entre la prueba directa de consumo de oxígeno y la prueba indirecta de VO2max, lo cual indica una predicción bastante precisa por parte de la prueba indirecta. Además, se observó una diferencia media de 0.2 en la velocidad máxima alcanzada y de 2.1 ppm en la frecuencia cardiaca. Estas variables son las más significativas al comparar ambas pruebas, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 7. Relación de las variables de la prueba pre y post test

N° 30	VO2max (ml/kg/min)	Velocidad (km/h)	Frecuencia cardiaca (ppm)
	Evaluación 1/Evaluación 2	Evaluación 1/Evaluación 2	Evaluación 1/Evaluación 2
Pearson	0.605	0.987	0.894
R2	0.994	0.999	0.969
P-valué	0.0004	0.0000	0.0000
Media diferencias	0.267	0.120	1.90

Nota: Comparación entre los valores de la prueba directa e indirecta, entre las variables más significativas. Consumo máximo de oxígeno ml/kg/min. (VO2max) Frecuencia cardiaca máxima (FC). Velocidad alcanzada (Km/h).

Los resultados en la Tabla 7 describen la relación entre las variables VO2max entre ambas pruebas, con una correlación positiva considerando el N de la muestra, con un coeficiente de determinación R2 0.994. Estableciendo una medida de

precisión general del modelo de regresión lineal. La significancia $p < 0.05$ Con una media de las diferencias de 0.267 sesgo promedio cercano a cero. Los valores representativos de la velocidad km/h. y frecuencia cardiaca (ppm) guardan similitud de la descripción anterior. Permitiendo describir la similitud entre los resultados de la prueba 1 y 2.

Tabla 8. Ejemplo de pruebas más utilizadas en el deporte en relación y test propuesto.

variable	LIV TEST	1.5 M	1000 M	YO-YO	1MILLA	NAVETTE	UMTT	COOPER
	Propuesto	2002	2000	1997	1995	1982	1980	1970
SEE	3.0	2.87	0.8	4.53	4.8	2.0	2.81	3.22
R	0.60	0.90	0.86	0.73	0.71	0.97	0.96	0.89
N	30	99	51	24	753	91	25	115
SEXO	H	H/M	H/M	H	H/M	H/M	H/M	H

Nota: Error estándar de estimación (SEE), Coeficiente de correlación de Pearson (R), Numero de muestras (N). Sexo Hombre y mujeres. (H/M). Liv Test 15 metros, test de 1.5 millas, Test de 1000 metros, Yo-Yo Test 20 metros. Test de 1 milla. Test de Naveta 20 metros, Test de la Montreal Universidad(UMTT). Test de Cooper 12 min. Las diferencias se atribuyen al efecto de variables representativas para la predicción del VO2max. Edad. Sexo. Tamaño de la muestra aleatoriedad y error propio de la medida. (Bangsbo et al., 2008; Cooper 1968; García et al., 2016b).

Los resultados describen las diferencias más significativas que cualifica el modelo de regresión en la Tabla 8, considerando el N de la muestra y la significancia del modelo podemos ver el error estándar de estimación que establece una forma de medir la precisión de las predicciones realizadas por un modelo de regresión lineal, en el caso de la prueba propuesto Liv Test posee un SEE 3.0. La comparación entre las pruebas más comunes en el deporte establece una diferencia de -0.13 entre el Liv test/1.5 millas. +2.2 Liv test/1000 m. -1.53 Liv test/Yoyo. -1.8 Liv test/1milla. +1 Liv test/Navette. +0.19 Liv test/Umtt y -22 Liv test/Cooper. Siendo Liv test más preciso cuando el valor entre las comparaciones es negativo.

En la Figura 2 se observa una correlación positiva entre las evaluaciones 1 y 2 del VO2max, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.605 y una alta relación de ajuste con un R2 de 0.994 (p-valor: 0.000). En la Figura 3, se aprecia una correlación positiva y bastante alta en la frecuencia cardiaca máxima, con un coeficiente de Pearson de 0.894. ($p < 0.000$) y una relación de ajuste muy cercana a la perfección con un R2 de 0.999. Por último, en la Figura. 4, se muestra una correlación de Pearson de 0.987 ($p < 0.000$) entre las evaluaciones 1 y 2 de la velocidad máxima, junto con un R2 de 0.999.

Figura 2. VO2max Pre/Post Test

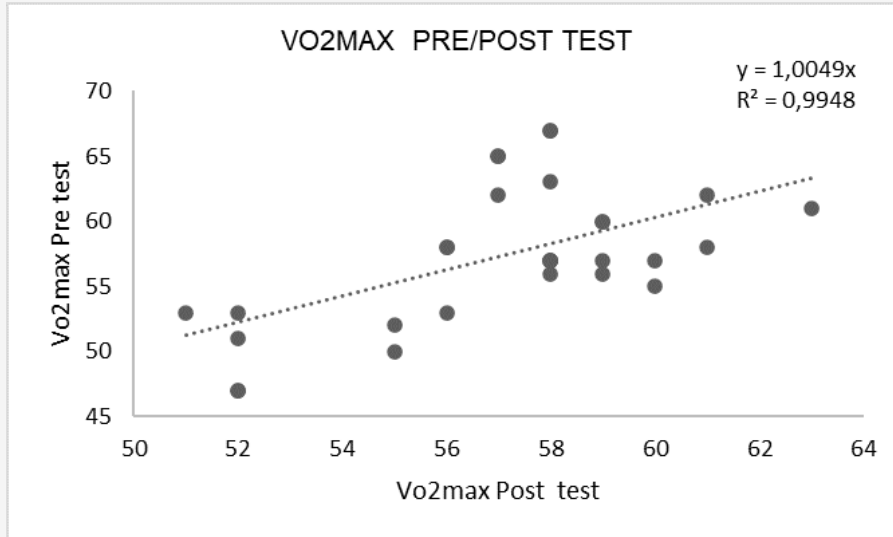


Figura 3. FC Pre/Post Test

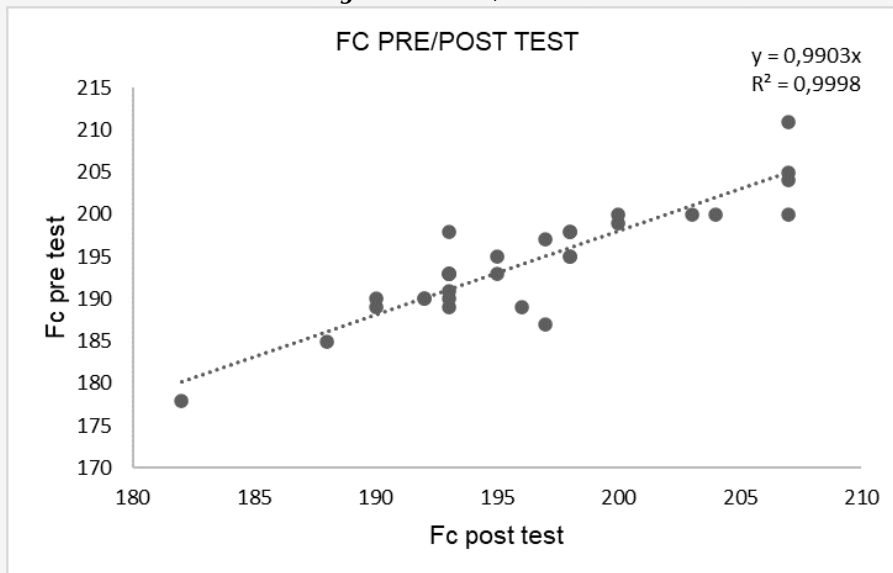
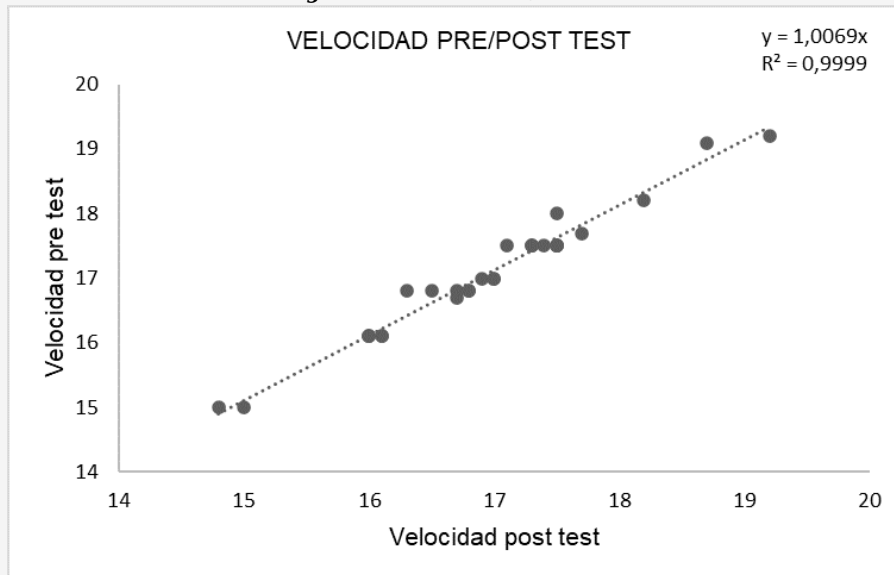


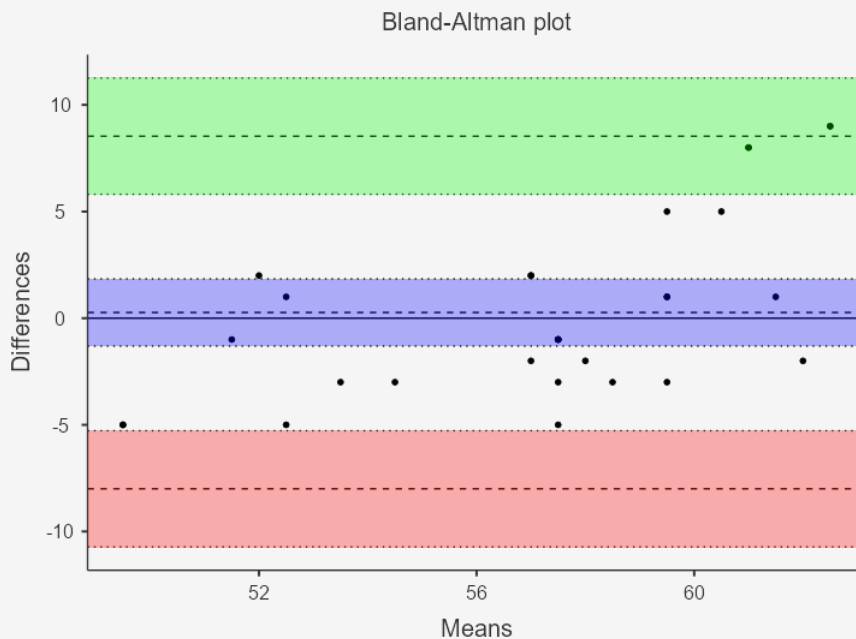
Figura 4. Velocidad Pre/Post Test



En la Figura 5 se muestra el gráfico de Bland-Altman para la evaluación 1 y 2. En el eje X se encuentran los promedios del VO₂max (ml/kg/min) observado y predicho, mientras que en el eje Y se representan las diferencias en el VO₂max (ml/kg/min) observado y predicho.

La diferencia de medias entre la prueba indirecta y la prueba directa de VO₂max, es 0,267 ml/kg/min. (sesgo promedio cercano a cero) con límites de concordancia de (-8.000 a 8.533) y (-9.6822, 10.2155). Con un coeficiente de correlación de concordancia (CCC) 0.516. Intervalo de confianza 95%. (0.270 a 0.699).

Figura 5. Bland-Altman plot



DISCUSIÓN

El protocolo intermitente indirecto de campo utilizado en este estudio se muestra como una herramienta práctica y accesible para evaluar el VO₂max en jugadores de baloncesto. Permite simular las condiciones de juego y evaluar la capacidad de los jugadores para enfrentar los esfuerzos intermitentes propios de este deporte. Además, el modelo de regresión lineal múltiple utilizado para predecir el VO₂max a partir del peso y la velocidad mostró una correlación significativa. Los predictores independientes del modelo presentaron un nivel de significancia significativo $p < 0.05$. Además, se observó que no existía presencia de multicolinealidad ni autocorrelación en los datos. No se encontraron diferencias significativas entre la media del VO₂max pretest y la prueba indirecta, lo que indica que la prueba indirecta proporciona una predicción bastante precisa del VO₂max en comparación con la prueba directa. R² de 0.994 (p-valor: 0.000). Diferentes estudios han propuesto protocolos intermitentes e incrementales, Utilizando como predictores la velocidad, peso, frecuencia cardiaca entre otras variables (Adsiz et al., 2017; Ahmaidi et al., 1992; Almeida et al., 2014; Bangsbo et al., 2008; Garcia et al., 2016; Jeličić et al., 2020; Léger et al., 1988; Riboli et al., 2021; de Souza et al., 2018). Aunque difieren significativamente entre edad, sexo, número de la muestra, no entrenados y deportistas. Es importante destacar que diversos estudios han señalado discrepancias en los resultados de las ecuaciones tradicionales ampliamente utilizadas para determinar los estándares normales del VO₂máx. Estas ecuaciones tienden a sobreestimar los valores cuando se aplican a poblaciones diferentes a aquellas en las que se desarrollaron inicialmente (Almeida et al., 2013; Edvardsen et al., 2013; Genberg et al., 2018; Pisteia et al., 2016). En relación a lo anterior, una revisión sistemática y meta análisis, que incluyó a un total de 87,256 sujetos edad 10 a 60 años (54,214 hombres y 33,042 mujeres), se llevó a cabo con el objetivo de establecer los valores de referencia para la prueba de consumo de oxígeno. Los resultados de este análisis resaltaron que existe cierta inestabilidad en las ecuaciones de predicción anteriores y que se debe, al menos en parte, a la inclusión de muestras de estudio pequeñas y a la falta de validación externa. (Takken et al., 2019). Paap y Takken (2014) respaldan estos hallazgos en su revisión sistemática, donde destacan que las características de cada población son altamente diversas, lo que implica que agrupar los datos en una única ecuación predictiva no es apropiado. (Cuenca et al., 2022). Por lo tanto, es fundamental considerar la individualidad de cada grupo poblacional al establecer los estándares normales del consumo máximo (Peterson et al., 2003). En consecuencia, la heterogeneidad en los modelos predictivos para estimar el VO₂max es un factor crítico a considerar, lo cual puede influir en la precisión y validez de las estimaciones del VO₂max. (Lamb y Rogers 2007). En la práctica actual, es común utilizar pruebas genéricas que no están diseñadas específicamente para un deporte en particular. Estas pruebas son ampliamente utilizadas debido a su capacidad para comparar el rendimiento entre deportistas sin importar el deporte que practiquen (Castillo et al., 2021; Russell et al., 2021).

Sin embargo, cada deporte tiene sus propias características fisiológicas y demandas específicas, por lo que es necesario adaptar las pruebas y los modelos para obtener resultados más precisos y relevantes (Estrada, 2010; Lamoneda et al., 2021). El presente estudio se diferencia al considerar el perfil fisiológico y las demandas específicas del baloncesto. El protocolo de evaluación utilizado incluye intervalos de velocidad y tiempos de descanso, lo cual refleja la naturaleza intermitente del juego y permite a los jugadores regular la intensidad del esfuerzo, disminuyendo el coste energético total (Mancha et al., 2019). Esta aproximación se alinea con el principio de especificidad y permite evaluar el VO₂max en condiciones más similares a las del juego real (Balasekaran et al., 2023; Jeličić et al., 2020; Rowley et al., 2020).

Estos aspectos son especialmente relevantes en el contexto del deporte formativo, donde los jugadores pueden tener diferentes niveles de condición física y aún están en proceso de desarrollo. La prueba indirecta diseñada en este estudio permite evaluar y mejorar la capacidad de los jugadores para enfrentar los esfuerzos intermitentes propios del baloncesto (Batalla y Gavaldà et al., 2022).

Es importante destacar que este enfoque de prueba indirecta ha sido respaldado por otros estudios que han demostrado su eficacia en diferentes deportes de alta intensidad. Además, se ha observado que el VO₂max puede mejorarse a través del entrenamiento específico que simula las demandas fisiológicas del deporte en cuestión (Nabli et al., 2016; Oppert et al., 2021; Poole et al., 2016). Por lo tanto, la inclusión de pruebas y modelos adaptados a las características de cada deporte puede proporcionar una evaluación más precisa y permitir un entrenamiento más efectivo para mejorar el rendimiento de los deportistas.

Es indudable que la medición del VO₂max es un parámetro crítico en el ámbito del deporte y la salud. Sin embargo, a pesar de la relevancia de esta medida, aún existe una falta de consenso sobre las pruebas óptimas para evaluar el VO₂max en diferentes deportes. (Aguiar et al., 2018; Pang et al., 2013; Sant'Ana et al., 2023; Salazar y Martínez 2021; Wiecha et al., 2023).

En definitiva, el presente estudio destaca la importancia de considerar el perfil fisiológico de los jugadores de baloncesto para diseñar pruebas indirectas que se asemejen a las demandas del juego. (Ardavani et al., 2021; Stojanović et al., 2018).

Este enfoque específico para el baloncesto es un paso importante hacia la optimización del entrenamiento y el rendimiento de los jugadores en este deporte. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para validar y ampliar el uso de este enfoque en diferentes contextos y poblaciones deportivas (Hislam et al., 2017; Hughes et al., 2018; Poole et al., 2016; Wen et al., 2018).

CONCLUSIONES

En conclusión, este estudio ha logrado establecer un protocolo confiable y efectivo para medir el VO₂max en jugadores de baloncesto utilizando una ecuación de regresión lineal múltiple que considera el peso y la velocidad como variables predictoras. Los resultados obtenidos demuestran la validez y significancia del modelo de regresión lineal para predecir el VO₂max en jugadores de baloncesto, lo que puede ser de gran utilidad para los entrenadores y especialistas en deportes al momento de planificar y diseñar programas de entrenamiento y evaluación física para mejorar el rendimiento de los atletas.

LIMITACIONES

La principal limitación de este estudio es la población seleccionada, ya que únicamente estuvo compuesta por jóvenes deportistas hombres. Esto significa que los resultados obtenidos en este estudio pueden no ser aplicables a otras poblaciones, como mujeres, personas mayores, personas sedentarias, entre otros. Además, otro factor limitante es el número de muestras. Un tamaño de muestra pequeño puede limitar la generalización de los resultados obtenidos en el estudio. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que los resultados pueden no ser representativos de la población general. Es importante que en futuros estudios se tenga en cuenta una población más diversa y un tamaño de muestra más amplio para obtener resultados más precisos y generalizables.

APLICACIONES PRACTICAS

La contribución de este estudio es valiosa ya que propone un protocolo específico y una ecuación para la evaluación del VO₂max en jugadores de baloncesto, lo que puede mejorar la precisión en la medición de la capacidad aeróbica de estos deportistas. Además, al enfocarse en jugadores jóvenes, este protocolo y ecuación pueden ser útiles para el desarrollo temprano de la capacidad aeróbica y, por lo tanto, mejorar el rendimiento en el futuro. En general, este trabajo tiene implicaciones significativas para la evaluación y el entrenamiento en el baloncesto y otros deportes similares y puede proporcionar una herramienta útil para los entrenadores y los equipos deportivos en su trabajo diario.

REFERENCIAS

- American Collage of Spots Medicine (2007). Manual ACSM para la Valoración y Prescripción del Ejercicio. (2.a Ed). Barcelona: Paidotribo; Recuperado de ACSM_CMS website: <https://www.acsm.org/>
- Aguar, L. T., Nadeau, S., Britto, R. R., Teixeira-Salmela, L. F., Martins, J. C., & Faria, C. D. C. de M. (2018). Effects of aerobic training on physical activity in people with stroke: protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 19(1), 446. doi:10.1186/s13063-018-2823-0
- Ardavani, A., Aziz, H., Phillips, B. E., Doleman, B., Ramzan, I., Mozaffar, B., Atherton, P. J., & Idris, I. (2021). Indicators of response to exercise training: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 11(7), e044676. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-044676>
- Aziz, A. R., Tan, F. H., & Teh, K. C. (2005). A pilot study comparing two field tests with the treadmill run test in soccer players. *Journal of sports science & medicine*, 4(2), 105-112.
- Almeida, A. E., Stefani, C.deM., Nascimento, J. A., Almeida, N. M., Santos, A.daC., Ribeiro, J. P., & Stein, R. (2014). An equation for

- the prediction of oxygen consumption in a Brazilian population. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 103(4), 299-307. [https:// doi.org/10.5935/abc.20140137](https://doi.org/10.5935/abc.20140137)
- Ahmadian, H. R., Sclafani, J. J., Emmons, E. E., Morris, M. J., Leclerc, K. M., & Slim, A. M. (2013). Comparison of Predicted Exercise Capacity Equations and the Effect of Actual versus Ideal Body Weight among Subjects Undergoing Cardiopulmonary Exercise Testing. *Cardiology research and practice*, 2013, 940170. [https:// doi.org/10.1155/2013/940170](https://doi.org/10.1155/2013/940170)
- Adsiz, E., Nalcakan, GR, Varol, SR y Vural, F. (2017). Determinación del consumo máximo de oxígeno a través de una nueva prueba de campo específica para baloncesto. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 9 (2), 20-29. doi:10.29359/bjhp.09.2.02
- Ahmaidi, S., Collomp, K., Caillaud, C., & Préfaut, C. (1992). Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *International journal of sports medicine*, 13(3), 243-248. [https:// doi.org/10.1055/s-2007-1021261](https://doi.org/10.1055/s-2007-1021261)
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(1), 37-51. [https:// doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004)
- Balasekaran, G., Loh, M. K., Boey, P., & Ng, Y. C. (2023). Determination, measurement, and validation of maximal aerobic speed. *Scientific Reports*, 13(1), 8006. doi:10.1038/s41598-023-31904-1
- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., El Fazaa, S., & Ati, J. E. (2010). Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2330-2342. [https:// doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181e381c1](https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181e381c1)
- Berkelmans, D. M., Dalbo, V. J., Kean, C. O., Milanović, Z., Stojanović, E., Stojiljković, N., & Scanlan, A. T. (2018). Heart rate monitoring in basketball: Applications, player responses, and practical recommendations: Applications, player responses, and practical recommendations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(8), 2383-2399. [https:// doi.org/10.1519/jsc.0000000000002194](https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002194)
- Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2012). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 1143-1211. [https:// doi.org/10.1002/cphy.c110025](https://doi.org/10.1002/cphy.c110025)
- Brooks, E. R., Benson, A. C., Fox, A. S., & Bruce, L. M. (2021). Movement intensity demands between training activities and competition for elite female netballers. *PLoS One*, 16(4), e0249679. [https:// doi.org/10.1371/journal.pone.0249679](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249679)
- Batalla-Gavaldà, A., Beltran-Garrido, J. V., Garrosa-Martín, G., Cecilia-Gallego, P., Montoliu-Colás, R., & Corbi, F. (2022). Long-term analyses of the rate of perceived exertion as an indicator of intensity in women's basketball during a relegation play-off. *Biology*, 11(11), 1592. doi:10.3390/biology11111592
- Cabeza-Ruiz, R., Alcántara-Cordero, F. J., Ruiz-Gavilán, I., & Sánchez-López, A. M. (2019). Feasibility and reliability of a physical fitness test battery in individuals with down syndrome. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(15), 2685. [https:// doi.org/10.3390/ijerph16152685](https://doi.org/10.3390/ijerph16152685)
- Castillo, D., Raya-González, J., Clemente, F. M., Conte, D., & Rodríguez-Fernández, A. (2021). The effects of defensive style and final game outcome on the external training load of professional basketball players. *Biology of Sport*, 38(3), 483-490. doi:10.5114/biolsport.2021.101124
- Cárdenas, D., Conde-González, J., & Perales, J. C. (2017). La fatiga como estado motivacional subjetivo. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 10(1), 31-41. [https:// doi.org/10.1016/j.ramd.2016.04.001](https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.04.001)
- Castro-Piñero, J., Marin-Jimenez, N., Fernandez-Santos, J. R., Martin-Acosta, F., Segura-Jimenez, V., Izquierdo-Gomez, R., Ruiz, J. R., & Cuenca-Garcia, M. (2021). Criterion-related validity of field-based fitness tests in adults: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(16), 3743. [https:// doi.org/10.3390/jcm10163743](https://doi.org/10.3390/jcm10163743)
- Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake. *Correlation between field and treadmill testing. JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 203(3), 201-204. [https:// doi.org/10.1001/jama.203.3.201](https://doi.org/10.1001/jama.203.3.201)
- Costa, V. A. B., Midgley, A. W., Carroll, S., Astorino, T. A., de Paula, T., Farinatti, P., & Cunha, F. A. (2021). Is a verification phase useful for confirming maximal oxygen uptake in apparently healthy adults? A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 16(2), e0247057. [https:// doi.org/10.1371/journal.pone.0247057](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247057)
- Cuenca-Garcia, M., Marin-Jimenez, N., Perez-Bey, A., Sánchez-Oliva, D., Camiletti-Moiron, D., Alvarez-Gallardo, I. C., Ortega, F. B., & Castro-Piñero, J. (2022). Reliability of field-based fitness tests in adults: A systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(8), 1961-1979. [https:// doi.org/10.1007/s40279-021-01635-2](https://doi.org/10.1007/s40279-021-01635-2)
- Daros, L. B., Osiecki, R., Dourado, A. C., Stanganelli, L., Fornaziero, A. M., & Osiecki, A. (2012). Maximum Aerobic Power Test for Soccer Players. *JEPonline*, 15(2), 80-89.
- de Souza E Silva, C. G., Kaminsky, L. A., Arena, R., Christle, J. W., Araújo, C. G. S., Lima, R. M., Ashley, E. A., & Myers, J. (2018). A reference equation for maximal aerobic power for treadmill and cycle ergometer exercise testing: Analysis from the FRIEND registry. *European journal of preventive cardiology*, 25(7), 742-750. [https:// doi.org/10.1177/2047487318763958](https://doi.org/10.1177/2047487318763958)
- Estrada, Y. (2010). Revisión sistemática sobre las baterías de evaluación usadas en el examen de la condición física. *Revista Colombiana de Rehabilitación*, 9(1), 62-71. [https:// doi.org/10.30788/RevColReh.v9.n1.2010.216](https://doi.org/10.30788/RevColReh.v9.n1.2010.216)
- Edvardsen, E., Hansen, B. H., Holme, I. M., Dyrstad, S. M., & Anderssen, S. A. (2013). Reference values for cardiorespiratory response and fitness on the treadmill in a 20- to 85-year-old population. *Chest*, 144(1), 241-248. [https:// doi.org/10.1378/chest.12-1458](https://doi.org/10.1378/chest.12-1458)
- Fox, J. L., Stanton, R., Sargent, C., O'Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2019). The impact of contextual factors on game demands in starting, semiprofessional, male basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(4), 1-7. [https:// doi.org/10.1123/ijspp.2019-0203](https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0203)
- Frost, J. M., Kostuck, J., & Selland, C. A. (2020). Maximal Oxygen Consumption Differences Between A Treadmill And A Combined Arm And Leg Ergometer Protocol: 250 Board #66 May 27 9:30 AM - 11:00 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. [https:// doi.org/10.1249/01.mss.0000670548.97383.7a](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000670548.97383.7a)
- García-García, A. M., Ramos Bermúdez, A. M., & Aguirre, S. (2016). Calidad científica de las pruebas de campo para el cálculo del VO₂máx. *Revisión sistemática. Revista Ciencias de La Salud*, 14(2), 247-260. [https:// doi.org/10.11144/RES.V14N2.14](https://doi.org/10.11144/RES.V14N2.14)

- García, G. C., Secchi, J. D., & Arcuri, C. R. (2016). Relación entre las velocidades finales alcanzadas en los test UMTT y UNCa en sujetos masculinos. *Apunts Medicina del Esport*, 51(190), 48-54. doi:10.1016/j.apunts.2015.11.002
- Gomes, A. L., Mendonça, V. A., Santos Silva, T. dos, Pires, C. K. V., P. Lima, L., Silva, A. M., Camargos, A. C. R., Neves, C. D. C., Lacerda, A. C. R., & Leite, H. R. (2018). Cardiorespiratory and metabolic responses and reference equation validation to predict peak oxygen uptake for the incremental shuttle waking test in adolescent boys. *PLoS One*, 13(11), e0206867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206867>
- Green, G. K., Lyons, T. S., Stone, W. J., & Toluoso, D. V. (2020). Validation of A novel vo 2max protocol: 258 Board #74 may 27 9:30 AM - 11:00 AM. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(7S), 53-53. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000670580.36149.8e>
- Grgic, J., Lazinic, B., & Pedisic, Z. (2021). Test-retest reliability of the 30-15 Intermittent Fitness Test: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 413-418. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.04.010>
- Grgic, J., Oppici, L., Mikulic, P., Bangsbo, J., Krusturup, P., & Pedisic, Z. (2019). Test-retest reliability of the Yo-Yo test: A systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(10), 1547-1557. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01143-4>
- Gryko, K., Adamczyk, J. G., Kopiczko, A., Calvo, J. L., Calvo, A. L., & Mikołajec, K. (2022). Does predicted age at peak height velocity explain physical performance in U13-15 basketball female players? *BMC Sports Science. Medicine and Rehabilitation*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00414-4>
- Genberg, M., Andrén, B., Lind, L., Hedenström, H., & Malinovsky, A. (2018). Commonly used reference values underestimate oxygen uptake in healthy, 50-year-old Swedish women. *Clinical physiology and functional imaging*, 38(1), 25-33. <https://doi.org/10.1111/cpf.12377>
- Harriss, D. J., & Atkinson, G. (2015). Ethical standards in sport and exercise science research: 2016 update. *International Journal of Sports Medicine*, 36(14), 1121-1124. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1565186>
- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6), a029769. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
- Hislam, H., Townsend, L. K., & Hazell, T. J. (2017). Modified sprint interval training protocols. Part I. Physiological responses. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 42(4), 339-346. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0478>
- Jeličić, M., Ivančev, V., Čular, D., Čović, N., Stojanović, E., Scanlan, A. T., & Milanović, Z. (2020). The 30-15 Intermittent Fitness Test: A reliable, valid, and useful tool to assess aerobic capacity in female basketball players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 91(1), 83-91. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1648743>
- Keir, D. A., Iannetta, D., Mattioni Maturana, F., Kowalchuk, J. M., & Murias, J. M. (2022). Identification of non-invasive exercise thresholds: Methods, strategies, and an online app. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(2), 237-255. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01581-z>
- Kelley, E., Imboden, M. T., Harber, M. P., Finch, H., Kaminsky, L. A., & Whaley, M. H. (2018). Cardiorespiratory fitness is inversely associated with clustering of metabolic syndrome risk factors: The ball state adult fitness program longitudinal lifestyle study. *Mayo Clinic Proceedings. Innovations, Quality & Outcomes*, 2(2), 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2018.03.001>
- Kendall, M. (1975). Análisis multivariante; Charles Griffin Co. *Charles Griffin Co. Charles Griffin Co. LTD.*
- LA Monica, M. B., Fukuda, D. H., Beyer, K. S., Hoffman, M. W., Miramonti, A. A., Fragala, M. S., Stout, J. R., & Hoffman, J. R. (2016). Evaluation of critical rest interval determined from repeated sprint ability testing. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(10), 1093-1102.
- Lamb, K. L., & Rogers, L. (2007). A re-appraisal of the reliability of the 20 m multi-stage shuttle run test. *European journal of applied physiology*, 100(3), 287-292. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0432-9>
- Larsen, G. E., George, J. D., Alexander, J. L., Fellingham, G. W., Aldana, S. G., & Parcell, A. C. (2002). Prediction of maximum oxygen consumption from walking, jogging, or running. *Research quarterly for exercise and sport*, 73(1), 66-72. <https://doi.org/10.1080/02701367.2002.10608993>
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences*, 6(2), 93-101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Labadessa, I. G., Borghi-Silva, A., de Araujo, A. S. G., Rizzatti, F. P. G., & Di Lorenzo, V. A. P. (2019). Reliability of cardiorespiratory and metabolic responses during incremental shuttle walk test in adult subjects with asthma. *Respiratory Care*, 64(1), 55-62. <https://doi.org/10.4187/respcare.06112>
- Labonté, J., Caru, M., Lemay, V., Alos, N., Drouin, S., Bertout, L., Andelfinger, G., Krajcinovic, M., Laverdière, C., Sinnett, D., & Curnier, D. (2021). Developing and validating equations to predict V̇O₂ peak from the 6MWT in Childhood ALL Survivors. *Disability and Rehabilitation*, 43(20), 2937-2944. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1725159>
- Lamonedá, J., Huertas-Delgado, F. J., & Cadenas-Sanchez, C. (2021). Feasibility and concurrent validity of a cardiorespiratory fitness test based on the adaptation of the original 20 m shuttle run: The 20 m shuttle run with music. *Journal of sports sciences*, 39(1), 57-63. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1804785>
- Lima, L. P., Leite, H. R., Matos, M. A. de, Neves, C. D. C., Lage, V. K. da S., Silva, G. P. da, Lopes, G. S., Chaves, M. G. A., Santos, J. N. V., Camargos, A. C. R., Figueiredo, P. H. S., Lacerda, A. C. R., & Mendonça, V. A. (2019). Cardiorespiratory fitness assessment and prediction of peak oxygen consumption by Incremental Shuttle Walking Test in healthy women. *PLoS One*, 14(2), e0211327. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211327>
- Mancha-Triguero, D., García-Rubio, J., Calleja-González, J., & Ibáñez, S. J. (2019). Physical fitness in basketball players: a systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1513-1525. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09180-1>
- McLean, B. D., Strack, D., Russell, J., & Coutts, A. J. (2019). Quantifying Physical Demands in the National Basketball Association-Challenges Around Developing Best-Practice Models for Athlete Care and Performance. *International journal of sports physiology and performance*, 14(4), 414-420. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0384>

- McCarthy, S. F., Leung, J. M. P., & Hazell, T. J. (2020). Evaluation of maximal oxygen uptake using verification phases of different intensities across fitness levels: 247 Board #63 may 27 9:30 AM - 11:00 AM. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(7S), 50-50. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000670536.88537.af>
- Menezes-Junior, F. J. de, Jesus, Í. C. de, Mota, J., Lopes, M. de F. A., Corazza, P. R. P., Tadiotto, M. C., Tozo, T. A. A., Purim, K. S. M., Ronque, E. R. V., & Leite, N. (2020). Validation of equations to estimate the peak oxygen uptake in adolescents from 20 metres shuttle run test. *Journal of Sports Sciences*, 38(22), 2588-2596. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1794255>
- Nabli, M. A., Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Batikh, T., & Chamari, K. (2016). Physical and physiological demands of U-19 basketball refereeing: Aerobic and anaerobic demands. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(2), 158-163. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1149424>
- Oppert, J.-M., Bellicha, A., & Ciangura, C. (2021). Physical activity in management of persons with obesity. *European Journal of Internal Medicine*, 93, 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2021.04.028>
- Pang, M. Y. C., Charlesworth, S. A., Lau, R. W. K., & Chung, R. C. K. (2013). Using aerobic exercise to improve health outcomes and quality of life in stroke: evidence-based exercise prescription recommendations. *Cerebrovascular Diseases (Basel, Switzerland)*, 35(1), 7-22. doi:10.1159/000346075
- Paap, D., & Takken, T. (2014). Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy adults: a systematic review. *Expert review of cardiovascular therapy*, 12(12), 1439-1453. <https://doi.org/10.1586/14779072.2014.985657>
- Peterson, M. J., Pieper, C. F., & Morey, M. C. (2003). Accuracy of VO2(max) prediction equations in older adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(1), 145-149. <https://doi.org/10.1097/00005768-200301000-00022>
- Pistea C. Lonsdorfer E. Doutreleau S. Oswald M. Enache I. & Charloux A. (2016). Maximal aerobic capacity in ageing subjects: actual measurements versus predicted values. *Erj Open Research*.
- Poole, D. C., Burnley, M., Vanhatalo, A., Rossiter, H. B., & Jones, A. M. (2016). Critical power: An important fatigue threshold in exercise physiology. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2320-2334. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000939>
- Puente, C., Abián-Vicén, J., Areces, F., López, R., & Del Coso, J. (2017). Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 956-962. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001577>
- Ricci, P. A., Cabiddu, R., Jürgensen, S. P., André, L. D., Oliveira, C. R., Di Thommazo-Luporini, L., Ortega, F. P., & Borghi-Silva, A. (2019). Validation of the two-minute step test in obese with comorbidities and morbidly obese patients. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 52(9), e8402. <https://doi.org/10.1590/1414-431X20198402>
- Riboli, A., Rampichini, S., Cè, E., Limonta, E., Borrelli, M., Coratella, G., & Esposito, F. (2021). Training status affects between-protocols differences in the assessment of maximal aerobic velocity. *European journal of applied physiology*, 121(11), 3083-3093. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04763-9>
- Rowley, T., Cho, C., Swartz, A., & Strath, S. (2020). A comparison of step tests to predict maximal oxygen consumption: 224 Board #40 may 27 9:30 AM - 11:00 AM. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(7S), 43-43. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000670448.87742.e6>
- Russell, J. L., McLean, B. D., Impellizzeri, F. M., Strack, D. S., & Coutts, A. J. (2021). Measuring physical demands in basketball: An explorative systematic review of practices. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(1), 81-112. doi:10.1007/s40279-020-01375-9
- Scanlan, A. T., Stanton, R., Sargent, C., Ogrady, C., Lastella, M., & Fox, J. L. (2019). Working overtime: The effects of overtime periods on game demands in basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1331-1337. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0906>
- Salazar-Martínez, E., Santalla, A., Valenzuela, P. L., Nogales-Gadea, G., Pinós, T., Morán, M., ... Lucia, A. (2021). The second wind in McArdle patients: Fitness matters. *Frontiers in Physiology*, 12, 744632. doi:10.3389/fphys.2021.744632
- Sant'Ana, L., Monteiro, D., Budde, H., Ribeiro, A. A. de S., Vieira, J. G., Monteiro, E. R., ... Vianna, J. M. (2023). Chronic effects of different intensities of interval training on hemodynamic, autonomic and cardiorespiratory variables of physically active elderly people. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(9). doi:10.3390/ijerph20095619
- Schmitz, B., Pfeifer, C., Kreitz, K., Borowski, M., Faldum, A., & Brand, S.-M. (2018). The yo-yo intermittent tests: A systematic review and structured compendium of test results. *Frontiers in Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00870>
- Sekine, Y., Hoshikawa, S., & Hirose, N. (2019). Longitudinal age-related morphological and physiological changes in adolescent male basketball players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(4), 751-757.
- Skattebo, Ø., Calbet, J. A. L., Rud, B., Capelli, C., & Hallén, J. (2020). Contribution of oxygen extraction fraction to maximal oxygen uptake in healthy young men. *Acta Physiologica*, 2. <https://doi.org/10.1111/apha.13486>
- Smith, B. E., Peterman, J. E., Harber, M. P., Imboden, M. T., Fleenor, B. S., Kaminsky, L. A., & Whaley, M. H. (2022). Change in metabolic syndrome and cardiorespiratory fitness following exercise training - the ball state adult fitness longitudinal lifestyle study (BALL ST). *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 15, 1553-1562. <https://doi.org/10.2147/dms0.s352490>
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The activity demands and physiological responses encountered during basketball match-play: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(1), 111-135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
- Takken, T., Mylius, C.F., Paap, D., Broeders, W., Hulzebos, H.J., Van Brussel, M. y Bongers. B.C. (2019). Valores de referencia para pruebas de ejercicio cardiopulmonar en sujetos sanos: una revisión sistemática actualizada. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, 17(6), 413-426. DOI: 10.1080/14779072.2019.1627874
- Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Casamichana Gómez, D., & Rodas, G. (2018). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*, 50(2), 228-234. <https://doi.org/10.26582/k.50.2.11>
- Vázquez-Guerrero, J., Vizuete, J. J., García, F., Hughes, J., De Ste Croix, M. B., & Ayala, F. (2021). The most demanding scenarios of 5-

- on-5 modified scrimmage situations in elite basketball. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 7, 907-915. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.11613-5>
- Vilarinho, R., Toledo, A., Silva, C., Melo, F., Tomaz, L., Martins, L., Gonçalves, T., Melo, C., Caneiras, C., & Montes, A. M. (2022). Reference Equation of a New Incremental Step Test to Assess Exercise Capacity in the Portuguese Adult Population. *Journal of clinical medicine*, 12(1), 271. <https://doi.org/10.3390/jcm12010271>
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento Total*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Wiecha, S., Kasiak, P. S., Szwed, P., Kowalski, T., Cieśliński, I., Postuła, M., & Klusiewicz, A. (2023). VO2max prediction based on submaximal cardiorespiratory relationships and body composition in male runners and cyclists: a population study. *ELife*, 12. doi:10.7554/eLife.86291
- Wen, N., Dalbo, V. J., Burgos, B., Pyne, D. B., & Scanlan, A. T. (2018). Power testing in basketball: Current practice and future recommendations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(9), 2677-2691. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002459>
- Williams, M. N. C., Dalbo, V. J., Fox, J. L., Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2021). Comparing weekly training and game demands according to playing position in a semiprofessional basketball team. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(6), 772-778. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0457>
- Zhou, L., Nyberg, K., & Rowat, A. C. (2015). Understanding diffusion theory and Fick's law through food and cooking. *Advances in Physiology Education*, 39(3), 192-197. <https://doi.org/10.1152/advan.00133.2014>