



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Universidad de la República (Udelar)
Instituto Superior de Educación Física (ISEF)
Programa de Maestría en Educación Física (ProMEF)

Prof. E.F. Ramiro Chumino Baroli

**Evaluación de potencia explosiva en jugadores de basquetbol de diferente rol:
indicaciones para planes de entrenamiento**

Paysandú, Uruguay

2022

Ramiro Chumino Baroli

**Evaluación de potencia explosiva en jugadores de basquetbol de diferente rol:
indicaciones para planes de entrenamiento**

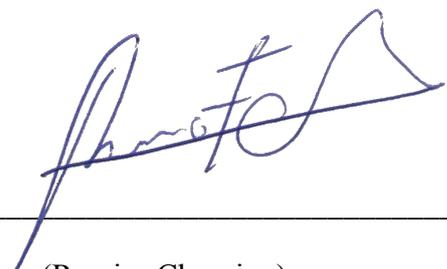


**UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY**

Director: Prof. Dr. Carlo Massimo Biancardi

FICHA DE CATALOGACIÓN DEL TRABAJO

Autorizo, solo con fines académicos y científicos, la reproducción total o parcial de esta tesis.



Firma (Ramiro Chumino) Fecha 22/03/2022

Ramiro Chumino Baroli

**Evaluación de potencia explosiva en jugadores de basquetbol de diferente rol:
indicaciones para planes de entrenamiento**

Tesis presentada al Programa de Maestría en
Educación Física de la Universidad de la
República, como requisito parcial para obtener el
título de Magister en Educación Física.

Aprobada en en fecha

Tribunal compuesto por:

Prof. Dr. Nombre Completo
Universidad de la República

Prof. Dr. Nombre Completo
Universidad de la República

Prof. Dr. Nombre Completo
Universidad de la República

DEDICATORIA

Al prof. Fernando Torres por su constante apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi tutor, prof. Carlo Biancardi, y a mis hijos Martín, Matías y Luciana.

En el trabajo de colecta de datos fueron de mucha ayuda los aportes de Gonzalo Giannechini, profesor de Anatomía y estudiante Pro.In.Bio, y de los estudiantes de cuarto año ISEF Carol Texeira, Agustín Lagaxio y Sebastián Gadea.

Se agradece también el Centro Pelotaris Paysandú, sus entrenadores y los atletas que participaron en la evaluación, Valentina Iriarte y Mariana Fernández Antúnez.

RESUMEN

Este proyecto surge a partir de una inquietud acerca del rendimiento físico en la competencia de un deporte como el básquetbol, en divisionales inferiores en Paysandú. La potencia, o sea la capacidad de desarrollar trabajo mecánico en una unidad de tiempo, es una de los indicadores de capacidad de rendimiento en los deportes. En los deportes como el basquetbol, que involucran desplazamientos muy rápidos y saltos, la potencia máxima anaeróbica, o potencia explosiva, es la componente que más afecta el rendimiento. Por otra parte el rendimiento en un salto vertical depende también de la coordinación motora durante el gesto deportivo.

El protocolo experimental fue diseñado con tres evaluaciones; dos test en la cancha, el "T" modificado para evaluar la agilidad y el test de sprint repetidos (RSA), y una serie de saltos verticales, con contramovimiento (CMJ) o con sentadilla (SJ), en el laboratorio de biomecánica (LIBiAM) de la Universidad de la República (DCB, CENUR L.N., Paysandú). El análisis de la relación fuerza-velocidad, medida con una plataforma dinamométrica durante un salto vertical, representa el estándar de oro para evaluar la potencia máxima de los miembros inferiores. Además, el protocolo incluye el análisis cinemáticos de los segmentos, ángulos y velocidades con un sistema de captura y análisis del movimiento, y un análisis electromiográfico (EMG) de 14 músculos de los miembros inferiores. 15 jugadores del Club Pelotaris (Paysandú) fueron evaluados. Los datos fueron analizados y comparados por la posición en la cancha de los jugadores.

Pico de potencia relativo, altura del salto, mejor tiempo RSA, decremento del rendimiento RSA y mejor tiempo del test de agilidad fueron medidos y analizados. No se han encontrado diferencias significativas entre los diferentes roles y posiciones, Correlaciones significativas fueron determinadas entre valor del pico de potencia, altura del salto y mejor resultado de RSA. Agilidad y decremento de rendimiento RSA no se relacionaron con otras medidas. Los mejores saltos mostraron una secuencia temporal que empezó con el pico de fuerza, alrededor del 50% de la fase concéntrica del salto. El pico de potencia ocurrió alrededor del 70% de la misma fase, seguido por los picos de velocidad angular de cadera, rodilla y tobillo, respectivamente. El pico de activación de los músculos fue registrado entre los picos de fuerza y de potencia.

Se destaca la diferencia en los resultados de potencia-sprint y agilidad. En los planes de entrenamiento se recomienda tener en cuenta de eso. Se destaca también la importancia de medir el nivel de las diferentes capacidades con test específicos.

Palabras clave: Pico de potencia, agilidad, sprint, EMG

ABSTRACT

The idea of this project started from the necessity to better know the performance framework within the inferior basket divisions of Paysandú (Uruguay). The mechanical power, which is the ability to produce mechanical work in unit time, is one of the performance indicators in various sports. In basket, where players need to perform quick displacements and jumps, the performance is mainly driven by the maximum anaerobic power, or explosive power. Other factors, like the motor coordination during the task, would affect the performance.

Thus, the experimental protocol was based on three evaluations: two field tests, the modified “T” test to evaluate the agility and the Repeated Sprint Ability (RSA), and one battery of vertical jump tests, countermovement (CMJ) and squat (SJ), performed in the biomechanics laboratory (LIBiAM) of the university (CENUR L.N., Udelar, Paysandú). The analysis of the force-velocity relationship measured by a force plate during a vertical jump is the golden standard method to evaluate the lower limbs maximum anaerobic power. Besides that, the protocol included a complete kinematic analysis of limb segments angles and velocities with a motion capture system, and an electromyography (EMG) analysis of 14 lower limb muscles. 15 basket players of the Club Pelotaris (Paysandú) were evaluated. Data were analyzed and compared by game roles.

Relative peak power, jump height, RSA best time, RSA performance decrement, agility best time were measured and analyzed. No significant differences were found among players of different role. Significant correlations were determined among relative peak power, jump height and RSA best time. Agility and RSA performance decrement did not correlate with other measurements. Best jumps showed a temporal sequence, starting with the force peak occurring around 50% of the concentric phase. The peak power was around 70% of the same phase, followed by the peak angular

velocities of the hip, knee and ankle joints, respectively. The peak of activation of the lower limb muscles was between the peaks of force and power.

The results emphasized the differences between power-sprint and agility capacities, and the importance to measure them by means of specific tests. It is recommended to take care of the different abilities in the training plans.

Keywords: Peak power; Agility test; RSA; EMG

Índice de tablas

Características de la muestra.....	27
Correlación de las variables con los picos absolutos de potencia.....	37
Correlación de las variables con los picos normalizados de potencia	37
Duración de saltos mejores versus saltos peores	42
Comparación eventos de saltos mejores versus saltos peores	46
CMJ: comparación estadística de los valores RMS.....	47
SJ: comparación estadística de los valores RMS.....	49
Comparación de altura del salto con antecedentes bibliográficos	53
Comparación de potencia con antecedentes bibliográficos	54
Comparación de test T modificado con antecedentes bibliográficos	56
Correlaciones entre variables: comparación con antecedentes bibliográficos....	57

Índice de figuras

Figura 1: Altura del salto en cm.	28
Figura 2: Altura CMJ por posición.....	29
Figura 3: Altura SJ por posición.....	30
Figura 4: Pico de potencia máxima por tipo de salto. Valores absolutos (W).	31
Figura 5: Pico de potencia máxima por tipo de salto. Valores normalizados (W/kg)....	32
Figura 6: Pico de potencia máxima en el CMJ por posición.	32
Figura 7: Pico de potencia máxima en el SJ por posición.	33
Figura 8: Test T modificado por posición.	34
Figura 9: Test RSA por posición.	35
Figura 10: Test RSA, disminución del rendimiento por posición.	36
Figura 11: Correlación entre el pico de potencia máxima y la altura del salto. Se muestran las líneas de regresión lineal del eje mayor. CMJ en gris; SJ en negro.	38
Figura 12: Correlación entre el pico de potencia máxima y el mejor resultado en el RSA. Se muestra la línea de regresión lineal del eje mayor. CMJ en gris; SJ en negro.	39
Figura 13: Correlación entre la altura máxima y el mejor resultado en el RSA. Se muestra la línea de regresión lineal del eje mayor. CMJ en gris; SJ en negro. ...	39
Figura 14: Correlación entre resultados de agilidad “T” y RSA. Elipse de confianza del 95%.....	40
Figura 15: CMJ: tiempos promedios de las 4 etapas	41
Figura 16: SJ: tiempos promedios de las 3 etapas	42
Figura 17: Mínimos ángulos en la fase de propulsión: CMJ vs SJ.	43
Figura 18:CMJ: Diferencia de mínimos ángulos en la fase de propulsión entre los mejores y peores saltos. (**) diferencia significativa MW-U, $p = 0.007$; (***) diferencia significativa MW-U, $p = 0.0002$	43

Figura 19: SJ: Diferencia de mínimos ángulos en la fase de propulsión entre los mejores y peores saltos.....	44
Figura 20: Secuencia temporal en el CMJ.....	45
Figura 21: Secuencia temporal en el SJ.....	45
Figura 22: CMJ: valores de RMS.....	47
Figura 23: CMJ: Nivel de activación en las fases propulsoras del salto. Verde claro: activación baja; Verde oscuro: activación alta; Rojo: pico de activación.	48
Figura 24: SJ: valores de RMS.....	49
Figura 25: SJ: Nivel de activación en las fases propulsoras del salto. Verde claro: activación baja; Verde oscuro: activación alta; Rojo: pico de activación.	50

Índice de abreviaciones

ATP	- Adenosin trifosfato
CdM	- Centro de masa del cuerpo
CMJ	- Salto con contramovimiento
RSA	- Capacidad de sprint repetidos
RMS	- Root Mean Square
SJ	- Salto con sentadilla (squat)
VO _{2MAX}	- Flujo máximo de oxígeno

Sumario

Introducción	15
Principales preguntas que se intentarán responder	19
Objetivos generales.....	19
Objetivos específicos	19
Estrategia y metodología de investigación	20
1. Materiales y metodos	20
1.1. Muestra	20
1.2. Protocolo Entrada en calor.....	20
1.3 Criterios de inclusión:.....	21
1.4 Protocolo experimental	21
1.5. Descripción de la técnica	23
1.6. Equipamiento.....	23
1.7. Análisis de datos	23
1.8. Consideraciones Bioéticas	24
1.9. Cronograma	25
2. Resultados.....	27
2.1 Muestra	27
2.2. Resumen de todos los saltos	27
2.3. Altura alcanzada en los saltos.....	27
2.4. Potencia máxima.....	30
2.5. Test de Agilidad (Modified T).....	33
2.6. Test de sprint repetido (RSA)	34

2.7. Análisis de correlaciones	36
2.8. Análisis de los parámetros cinemáticos	40
2.9. Análisis de las etapas del salto.....	41
2.10. Análisis de ángulos	42
2.11. Análisis de la secuencia y coordinación de eventos	44
2.12. Activación muscular	46
3. Discusión	51
3.1. Efecto de la posición de juego.....	51
3.2. Potencia y altura de los saltos.....	52
3.3. Sprint y agilidad.....	55
3.4. Correlaciones	56
3.5. Cinemática.....	58
3.6. Actividad de los músculos.....	59
4. Consideraciones finales	60
Referencias bibliografías	62
ANEXOS	69

INTRODUCCIÓN

La capacidad de desarrollar Trabajo mecánico en la unidad de tiempo, o sea la potencia, es considerada uno de los indicadores más importantes de la condición física en atletas y deportistas (Kawamori y Haff, 2004). La potencia aeróbica, basada sobre la producción de ATP a través del metabolismo oxidativo, es un buen indicador de resistencia al esfuerzo y a la fatiga, y se evalúa a través de mediciones de consumo máximo de oxígeno (VO₂MAX) (Hall, 2011; Di Prampero, 2015). En gestos deportivos rápidos, como el remate del básquetbol o los saltos, los músculos solo pueden aprovechar de las fuentes de energía presentes en el momento, ATP y fosfocreatina, para contraerse de forma muy rápida, por este motivo la llamamos “explosiva” (Merlo et al., 2005). Durante estas actividades los músculos pueden desarrollar picos máximos de potencia mecánica (Rejc et al., 2015). La potencia máxima o explosiva es una potencia anaerobia, ya que no deriva del metabolismo oxidativo (Hall, 2011; Di Prampero, 2015). En particular el pico de potencia máxima en saltos verticales con contramovimiento (CMJ) es considerado el mejor vaticinador del rendimiento deportivo en disciplinas que involucran movimientos rápidos de los miembros inferiores (Smirniotou et al., 2008; Markovic, Mirkov, Nedeljkovic, & Jaric, 2014).

Existe una amplia bibliografía, tanto en el plano fisiológico y de planificación en el proceso de entrenamiento, que vincula la potencia máxima con el buen desarrollo del gesto deportivo en el basquetbol y otros deportes, como indica la reciente revisión sistemática de Valero y Suárez-Muñoz (Valero y Suárez-Muñoz, 2017). La máxima potencia en los atletas se desarrolla durante ejercicios rápidos que involucran los miembros inferiores, como saltos horizontales o verticales (López Gallego, Lara Sánchez, Espejo Vacas y Cachón Zagalaz, 2015).

La evaluación a través de pruebas o test es una herramienta fundamental para los entrenadores, con el fin de conocer el nivel de rendimiento de cada atleta, y luego poder decidir, afinar o cambiar los planes de entrenamiento con el objetivo de mejorar el rendimiento deportivo de cada atleta y del equipo (Valero y Suárez-Muñoz, 2017). Al fin de evaluar la potencia explosiva se han desarrollado diferentes pruebas basadas sobre la ejecución de saltos verticales, como la batería de cuatro tipos diferentes de saltos llamada “test de Bosco” (Bosco, 1983), cuyo objetivo principal es medir la altura

del centro de gravedad o centro de masa del cuerpo (CdM). Sin embargo los saltos de tipo squat jump (SJ) y saltos con contra el movimiento (CMJ) son los más utilizados en la evaluación de la potencia máxima de los miembros inferiores (Buško, Michalski, Mazur y Gajewski, 2012; Canavan y Vescovi, 2004; Duncan, Lyons y Nevill, 2008; Elizondo, 2003; Grgantov, Milić y Katić, 2013; Johnson y Bahamonde, 1996; McFarland, Dawes, Elder y Lockie, 2016). Se utiliza esta batería además con el objetivo de valorar características neuromusculares como aprovechamiento de la energía elástica y del reflejo miotáctico resistencia a la fatiga y la musculatura extensor de miembros inferiores a, partir de las alturas obtenidas en los dos tipos de saltos mencionados.

El basquetbol en un deporte de conjunto, el colectivo es sumamente importante ya que en muchos casos hace la diferencia en la disputa y el sacar ventaja en el juego. Se ha descubierto que deportistas veloces son los que tienen mayor capacidad de fuerza reactiva y por ende menor contacto en el suelo (González Cruz, Bregains y Braidot, 2008). Se reportan datos y estudios realizados en jugadores de fútbol, basquetbol y tenis de mesa realizados por Picabea y Yanci (2015). Entre las diferencias que se encontraron en los jugadores de estos deportes colectivos se deja claro que los de basquetbol son los que tienen mayor capacidad de saltó, tanto en el plano vertical como en el plano horizontal (Picabea y Yanci 2015). Entonces en el basquetbol el salto vertical no es solo un indicador de fuerza y potencia explosiva, sino es muy importante en este deporte alcanzar una buena altura. Por eso es determinante una buena coordinación muscular en la secuencia de ejecución del salto (Pereira et al., 2008; Pequera, Fábrica, Bonezi y Pérez, 2014). La altura del salto vertical corresponde a la diferencia entre la altura máxima del CdM durante el salto, y su altura con el sujeto en posición parada de pié (Hay,1988). La altura solo depende del componente vertical de la velocidad de salida al despegue, velocidad que a su vez depende del impulso generado en el suelo, o sea la suma del impulso de frenado y el impulso de aceleración generado durante el desarrollo del salto (Hochmuth 1973).

En la actualidad nos encontramos con una amplia información sobre cómo medir la altura del salto vertical y la potencia máxima:

Alfombra o plataforma de contacto, midiendo el tiempo de vuelo se calcula la altura (Bosco 1983). La potencia se puede estimar, con más o menos margen de error, a

través de diferentes ecuaciones predictivas (García López, Peleteiro, Rodríguez–Marroyo, Morante y Villa, 2003; Harman, Rosenstein, Frykman, Rosenstein, y Kraemer, 1991; Samozino, Morin, Hintzy y Belli, 2008; Sayers, Harackiewicz, Harman, Frykman y Rosenstein, 1999).

Técnicas fotogramétricas, se mide la posición espacial del CdM y se deriva su velocidad de despegue (Kibele, 1998). A través de una segunda derivación se puede calcular la aceleración y estimar la fuerza, y por ende la potencia (fuerza x velocidad) (Biancardi, Arias, Irigoite, Giannechini y Pequera, 2021).

Plataforma dinamométrica. Permite calcular directamente la fuerza de reacción al suelo y la aceleración. Por integración de la señal de aceleración se calcula la velocidad de despegue (entonces la altura del salto) y la potencia (Cavagna, 1975; Linthorne, 2001; Moir, 2008).

Por su alta fiabilidad, este método es considerado el estándar de oro en el análisis del salto vertical. Sin embargo la disponibilidad de plataformas dinamométricas en los centros deportivos es escasa, debido a su alto costo. Entonces para los entrenadores es importante poder contar con herramientas confiables, que permitan estimar la potencia máxima de los jugadores con pruebas simples de bajo costo.

Los modelos más utilizados calculan el pico de potencia absoluta en Watt (W) en base a la altura del salto (cm) y la masa del sujeto (kg) (García López et al., 2003; Harman et al., 1991; Samozino et al., 2008; Sayers et al., 1999), y algunos agregaron también la altura del sujeto (Johnson y Bahamonde, 1996). Sin embargo, su validez ha sido cuestionada (Biancardi et al., 2021; Canavan y Vescovi, 2004; Duncan et al., 2008)

La coordinación motora, otro determinante del rendimiento de un salto vertical, se ha investigado con técnicas fotogramétricas, midiendo los desfases en los ángulos articulares durante el desarrollo del salto (Tomioka, Owings y Grabiner, 2001), o con técnicas electromiográficas, midiendo los patrones de activación de los músculos de los miembros inferiores (Ancillao, Galli, Rigoldi y Albertini, 2014; Pereira et al., 2008; Wulf, Dufek, Lozano y Pettigrew, 2010). Algunos estudios postularon la posibilidad de predecir la altura del salto desde los patrones electromiográficos (Verma y Lane, 2000). Se ha determinado que los músculos que más afectan el rendimiento en

el salto vertical son los del cuádriceps (Recto Femoral y Vasto Medial y Lateral) y el Biceps Femoral (Ancillao et al., 2014; Wulf et al., 2010).

En el baloncesto, además de potencia para el salto, se requiere capacidad de cambios rápidos de dirección y de velocidad en la carrera (Sassi et al., 2009). McInnes, Carlson, Jones y McKenna (1995) han informado que el básquetbol demanda de sus participantes aproximadamente 105 carreras de alta intensidad por partido, sprint de dos a seis segundos en un promedio de 21 segundos de pausa entre ellos. Los deportes colectivo se caracterizan por demandar de sus jugadores esfuerzos máximos y sus respectivas recuperaciones. Una de ellas es la capacidad de repetir sprint (RSA) con pausas muy cortas (Castagna et al., 2018).

Aunque se trate de técnicas de evaluaciones del rendimiento ampliamente utilizadas e investigadas, no encontramos en la literatura un abordaje tan completo, que pueda relacionar las variables mecánicas y las electrofisiológicas con indicadores del rendimiento.

En este trabajo se plantea utilizar técnicas de dinamometría (plataforma dinamométrica) juntas con técnica de cinemetría (sistema de captura y análisis del movimiento) y de electromiografía (análisis de patrones de activación muscular). De esta forma se pretende estudiar algunos de los factores determinantes del rendimiento en ejercicios explosivos: tiempos y niveles de activación de 14 músculos, ángulos y velocidades angulares de las articulaciones, tiempos y secuencia de eventos en los dos tipos de salto, y relacionarlos a la posición del jugador en la cancha.

La velocidad y la fuerza son determinantes en el básquetbol actual. Al fin de analizar las relaciones entre las capacidades de agilidad, velocidad y potencia se plantea efectuar, juntos a la pruebas de salto vertical, un test T modificado (Scanlan et al., 2019) y un test de sprint repetidos (RSA: Bishop, Girard y Mendez-Villanueva, 2011; Caprino, Clarke y Delextrat, 2012).

El tema que se propone en este proyecto de investigación es una evaluación del nivel de potencia y rendimiento en sprint con cambios rápidos de dirección en jugadores internos y externos de basquetbol, en periodo de temporada.

Dentro de este marco se pretende investigar sobre los factores determinantes del rendimiento de potencia, a nivel mecánico y electrofisiológico, y considerando la influencia de la posición de juego.

En esta disciplina los aspectos de innovación y novedad son tan importantes, así como los aspectos de utilidad práctica de los resultados en el trabajo del equipo técnico-científico en apoyo a los atletas. La finalidad es determinar, por un lado el estado de forma del equipo investigado, y por otro lado entender los factores limitantes y/o determinantes del nivel de performance, al doble fin de:

1. Sumar nuevos conocimientos en este tema crucial para la fisiología deportiva.
2. Orientar los planes de entrenamiento de esta capacidad.

Principales preguntas que se intentarán responder

¿Cuál es el nivel de potencia máxima explosiva en jugadores de basquetbol amateur adolescentes?

¿Hay diferencias relacionadas con la posición en la cancha?

¿Cómo se relaciona la coordinación en la activación muscular con el rendimiento de potencia?

¿Cómo se relaciona el rendimiento en test de sprint y agilidad con el rendimiento de potencia?

Objetivos generales

Evaluar la coordinación muscular y la potencia explosiva en jugadores de basquetbol amateur con diferente posición en la cancha.

Objetivos específicos

- Medir y analizar la potencia de los miembros inferiores de los jugadores en saltos verticales sin y con contramovimiento.
- Medir y analizar los patrones de coordinación mecánica de los dos miembros inferiores de los jugadores durante los saltos.
- Medir y analizar los patrones de activación muscular de los dos miembros inferiores de los jugadores durante los saltos.
- Medir y analizar el tiempo de respuesta de los jugadores en test de sprint y agilidad

- Comparar los resultados de los jugadores internos y externos.

Estrategia y metodología de investigación

Este estudio tiene un diseño transversal de tipo cuantitativo y modelo comparativo. Investigación experimental, se someterá a un grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos, para observar los efectos que se producen. Se diferencia de la investigación de campo por la manipulación y control de variables

Población, son todos los jugadores del Centro Pelotaris de Paysandú, comprendidos en las categorías de 15 a 24 años y sus entrenadores.

1. MATERIALES Y METODOS

1.1. Muestra

En esta investigación seleccionamos a 15 atletas en la categoría de 15-24 años (24 jugadores) del Centro Pelotaris Paysandú, y sus entrenadores.

El tamaño de la muestra (entre 12 y 16) fue determinado a través del software G-Power (Faul, Erdfelder, Buchner y Lang, 2009), que permite calcular este valor utilizando datos de potencia y altura de saltos en estudios previos (Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñañiel y González-Badillo, 2011).

1.2. Protocolo Entrada en calor

La entrar en calor es dirigida por el preparador físico del equipo ,se realiza en la cancha del club la que posee medidas reglamentarias, piso flotante ,tableros de acrílico placar electrónico, totalmente marcada y diagramada específicamente para basquetbol. Es de destacar que previamente todos los jugadores así como el cuerpo técnico del equipo fue informado correctamente por el docente a cargo de la investigación y el tutor responsable sobre el protocolo a seguir, de los objetivos del estudio y las diferentes pruebas, además la importancia de la entrada en calor en cada una de las mismas, todos aceptaron libremente.

Los catorce jugadores realizaron la misma entrada en calor que duró quince minutos distribuidos de la siguiente manera siete minutos de trote aeróbico con movilidad general al 60 70% de la frecuencia máxima de cada uno.

Dos minutos intensos, con cambio de dirección multisaltos y sprint de tres metros a cinco metros.

Cuatro minutos con siete carrera de velocidad de veinte metros cada una con pausas y dos minutos finales de movilidad articular.

1.3 Criterios de inclusión:

No presentar historia de lesión de extremidad inferior y columna menor a 6 meses.

No presentar alguna alteración coordinativa.

No consumir medicación con fármacos que alteran patrones coordinativos.

No encontrarse en condición de Sobrepeso/obesidad.

No presentar problemas musculares, articulares, cardíacos o alguna enfermedad neuromuscular.

1.4 Protocolo experimental

En la sesión se realizó una fase de calentamiento con ejercicios livianos y movilidad. Luego los jugadores fueron sometidos a test de saltos, realizados en el Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento del Centro Universitario de Paysandú (LIBiAM), en la modalidad Squat Jump (SJ) y con Contramovimiento (CMJ).

La sesión de evaluación se divide en dos días, y se ha desarrollado según el siguiente esquema:

Día 1

Entrada en calor

Preparación del jugador para la colecta de datos electromiográficos (EMG) y cinemáticos.

EMG: la activación muscular fue medida a través de electrodos colocados en la superficie de la piel y un electromiógrafo Delsys Trigno Wireless de 16 canales. Para la colocación de los electrodos fue necesaria la depilación en la zona de adhesión de los mismos. Dicha zona no supera los 2 cm² de superficie. Se registró bilateralmente la activación de los siguientes músculos: Tibial Anterior (TA), Gastrocnemio Medial (GM), Vasto Medial (VM), Vasto Lateral (VL), Recto Femoral (RF), Bíceps Femoral (BF), Glúteo Medio (GMed). La posición de los electrodos fue establecida respetando

los procedimientos recomendados por el proyecto SENIAM (Hermens et al, 1999). Los datos de electromiografía fueron sincronizados con los datos cinemáticos.

Cinemática: Se colocaron 18 marcadores reflexivos adheridos a la piel o ropa con cinta adhesiva, que fueron detectados a través de 8 cámaras infrarrojas Vicon Bonita para la detección del movimiento a 250 Hz. Los puntos anatómicos fueron: fosa temporal; acromion; epicondilo lateral; proceso estiloides ulnar; trocanter mayor; cóndilo externo; maléolo lateral; calcaneo; 5° metatarsal, según un modelo estándar (Minetti, Ardigo & Saibene, 1994).

Fuerza de reacción del suelo: fue medida a través de una plataforma dinamométrica Accu-power (AMTI) sincronizada con el sistema de captura de movimiento Vicon. Cada sujeto realizó 2 series de 10 saltos verticales, despegando y aterrizando con los pies sobre la plataforma dinamométrica. En una serie el sujeto realizó saltos Squat Jump (SJ), a partir desde una posición de sentadilla con rodillas flexionadas a 90° sin ayuda de impulso de los brazos. En la otra serie el jugador realizó saltos con Contramovimiento (CMJ), partiendo desde una posición de pie con manos a la cadera. La secuencia de las dos series fue determinada de forma aleatoria.

Día 2

Entrada en calor

El sujeto realizó un test T o Test de Agility (Scanlan et al., 2019). Dicho test evalúa el rendimiento del cambio de dirección en diferentes planos de movimiento, midiendo el tiempo de respuesta. Se realizó el Test modificado (Mat) para reproducir las demandas de velocidad y descenso específicas del baloncesto. El test se compone de un esprint lineal (5 m), un desplazamiento lateral izquierdo (2,5 m) y vuelta (2,5 m), un desplazamiento lateral a la derecha (2,5 m) y vuelta (2,5 m) y finalmente una vuelta al punto inicial (5 m). El sujeto tiene que tocar un cono colorado, puesto en cada cambio de dirección. Se mide el tiempo total, a través de una fotocélula (ProCell) y software (ChronoJump).

El sujeto realizó un test de sprint repetido (RSA: Caprino et al., 2012), que se compone por 10 sprint de 15 + 15 m (ida y vuelta), separados por un intervalo de 30 segundos. Se mide el tiempo a través de una fotocélula (ProCell) y software (ChronoJump) y se toma el mejor resultado como referencia.

1.5. Descripción de la técnica

El SJ es realizado con las dos extremidades inferiores a la vez, previa flexión mantenida de 90° de las rodillas desde la que se asciende verticalmente sin ningún tipo de contra movimiento o rebote realizando un salto vertical máximo.

El segundo test, CMJ, se realiza partiendo de una extensión de rodillas en bipedestación se ejecuta un movimiento rápido de flexo extensión de rodillas hasta un ángulo de 90° para consecutivamente y sin pausa efectuar un salto máximo vertical.

1.6. Equipamiento

Plataforma dinamométrica AMTI Accu-Power (AMTI, EEUU). Proporciona fuerzas y momentos en los tres ejes del espacio.

Sistema de captura y análisis del movimiento VICON (Oxford metrics, UK) con 8 cámaras Bonita a 250 Hz. Proporciona la posición en coordenadas 3D de marcadores reflexivos puestos en puntos de referencia anatómica. El sistema no graba videos, simplemente registra la posición.

Electromiografo Delsys Trigno (Delsys, EEUU) 16 canales, 2000 Hz. Proporciona el nivel de activación muscular de hasta 16 músculos a través de electrodos pasivos inalámbricos.

Sistema de fotocélulas LED-Trainer (ProCell, EEUU) y software Chrono-jump, para medir de forma precisa los tiempos de realización de las pruebas.

1.7. Análisis de datos

La plataforma dinamométrica proporciona los vectores fuerza en los tres ejes del espacio. Se considerará el vector de la fuerza vertical. Se calcula la aceleración vertical y, por integración, la velocidad. La potencia se da por el producto vectorial de fuerza por aceleración. En cada prueba el pico de potencia máxima en W/kg fue calculado por el valor máximo de potencia dividido por la masa del sujeto (Jodar, 1999).

El centro de masa corporal (CdM) fue reconstruido con método segmental a partir de la localización de los marcadores reflexivos (Winter, 2005). La trayectoria del CdM permite el cálculo de la altura del salto. La posición de los marcadores fue utilizada para el cálculo de los ángulos articulares de tobillo, rodilla y cadera, y sus variaciones (velocidad angular) durante los saltos.

Los registros de EMG fueron rectificadas, filtrados y luego procesados (Chowdhury et al., 2013). Se evaluaron los tiempos, y entonces la secuencia de activación de los diferentes grupos musculares a lo largo del salto.

En el test de agilidad se calculó el mejor tiempo de cada participante.

En el RSA se calcularon los siguientes parámetros (Caprino, 2012):

Mejor tiempo de una repetición (MT)

Tiempo total (TT): la suma de los tiempos de las 10 repeticiones

Tiempo ideal (TI), calculado como el mejor tiempo por diez ($MT * 10$)

Disminución del rendimiento en porcentaje (DR%), calculado por la siguiente formula:

$$DR\% = (TT / TI * 100) - 100$$

El análisis estadístico fue efectuado en el paquete estadístico Past 4.04 (Hammer, Harper y Ryan, 2001), el nivel de significancia adoptado fue alfa = 0,05. Al fin de comparar las diferentes variables en los grupos se utilizará una ANOVA de una vía con post-hoc.

1.8. Consideraciones Bioéticas

Esta investigación se realizará bajo las pautas éticas internacionales para la investigación y experimentación biomédica en seres humanos (declaración de Helsinki) (consejo de organizaciones internacionales de las Ciencias Médicas 1993).

La información obtenida en este estudio será guardada confidencialmente de acuerdo con la legislación vigente. Los resultados de este estudio podrán ser publicados o comunicados oralmente, pero la identidad del participante estará protegida en todo momento.

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Etica en Investigación del CENUR Litoral Norte (Universidad de la República), Exp. # 311170-000561-20, y se ajustó a los 4 principios bioéticos:

Principio de Beneficencia: Se refiere a la obligación de prevenir o aliviar el daño hacer el bien u otorgar beneficios, deber de ayudar al prójimo por encima de los intereses particulares, en otras palabras, obrar en función del mayor beneficio posible para el paciente y se debe procurar el bienestar la persona enferma. Los elementos que se incluyen en este principio son todos los que implican una acción de beneficio que haga o fomente el bien, prevenga o contrarreste el mal o daño; adicionalmente, todos los

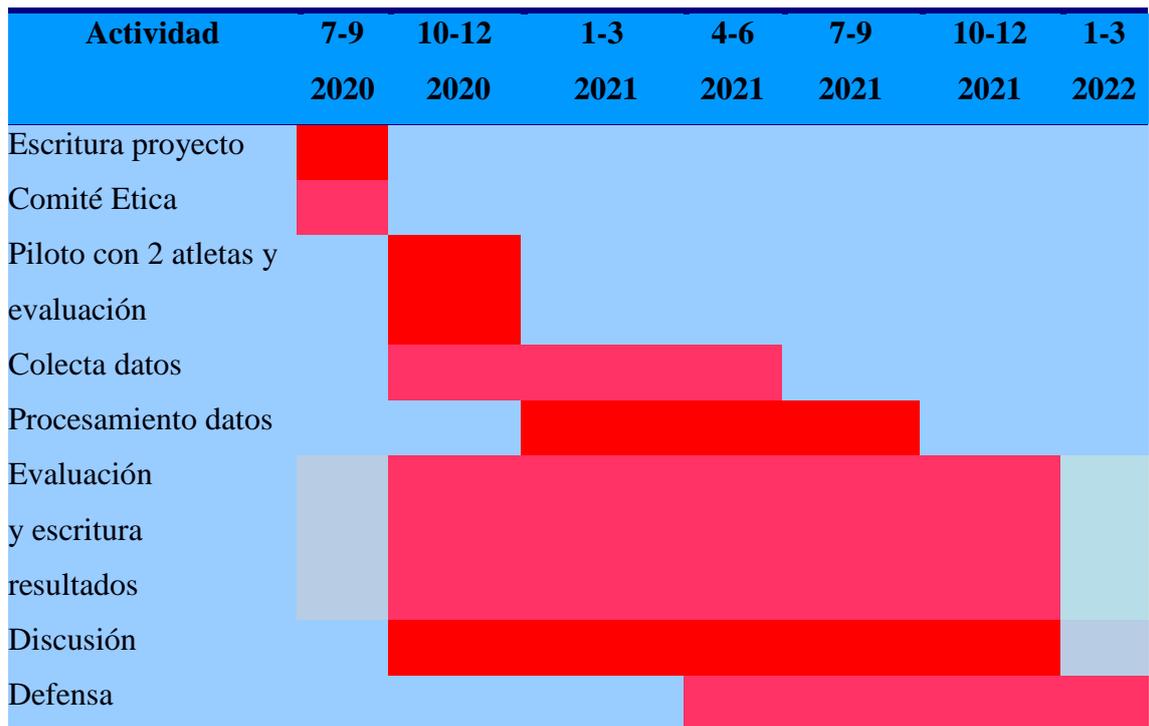
que implican la omisión o la ausencia de actos que pudiesen ocasionar un daño o perjuicio.

Principio de No Maleficencia: Este principio es uno de los más antiguos en la medicina hipocrática: *Primum non nocere*, es decir, no hacer daño al paciente, es la formulación negativa del principio de beneficencia que nos obliga a promover el bien. Los preceptos morales provenientes de este principio son no matar, no inducir sufrimiento, no causar dolor, no privar de placer, ni discapacidad evitable. Las obligaciones derivadas consisten en realizar un análisis riesgo/beneficio ante la toma de decisiones específicamente en el área de la salud y evitar la prolongación innecesaria del proceso de muerte (distanasia). Se trata de respetar la integridad física y psicológica de la vida humana.

Principio de Autonomía: Consiste en que cada persona es autodeterminante para optar por las propias escogencias en función de las razones del mismo, es decir que, al hacer uso de la autonomía, cada quien conduce su vida en concordancia con sus intereses, deseos y creencias.

Principio de Justicia: Para analizar este principio comenzaremos definiendo la justicia que para muchos griegos y filósofos constituye el elemento fundamental de la sociedad, consideran que algo es justo cuando su existencia no interfiere con el orden al cual pertenece, el que cada cosa ocupe su lugar. Cuando no sucede así, y una cosa usurpa el lugar de otra, o cuando existe alguna demasía, se origina una injusticia y se cumple con la justicia al restaurar el orden de origen, cuando se corrige y sanciona la desmesura. En los aspectos sociales de la justicia se destaca el equilibrio en el intercambio entre dos o más miembros de la sociedad. Este principio está relacionado con la norma moral de dar a cada quien lo que necesita, de la cual se derivan diversas obligaciones, como realizar una adecuada distribución de los recursos, proveer a cada paciente de un adecuado nivel de atención, y disponer de los recursos indispensables para garantizar una apropiada atención de salud.

1.9. Cronograma



2. RESULTADOS

2.1 Muestra

Participaron en el estudio 19 jugadores de basquetbol con las características que se muestran en la tabla 1. De los 19 participantes se cuentan los siguientes roles (número de participantes): Alero (5), Ayuda (5), Base (4), Pivot (5).

Tabla 1

Características de la muestra

	Promedio	Desvio standard
Edad	19,1	2,7
Altura (cm)	182,9	6,0
Peso (kg)	77,2	15,8

2.2. Resumen de todos los saltos

En total se analizaron 418 saltos verticales, 210 CMJ y 208 SJ (porque dos saltos SJ fueron descartados, debido a problemas con la captura de datos).

Se encontró una alta correlación entre el resultado del salto (altura en cm) y el correspondiente pico de potencia máxima por unidad de masa corporal (W/kg):

Pearson r: CMJ: $r = 0,869$; $p < 0,001$; SJ: $r = 0,839$; $p < 0,001$. De acuerdo con Vincent (1999), no hay correlación entre el resultado del salto (altura en cm) y el correspondiente pico de potencia máxima no ajustado por la masa (W): Pearson r: CMJ: $r = 0,078$; $p = 0,264$; SJ: $r = 0,262$; $p = 0,00014$.

En el siguiente análisis se tomó en cuenta solo los mejores saltos (CMJ y SJ) de cada atleta (Johnson y Bahamonde, 1996).

2.3. Altura alcanzada en los saltos

La altura alcanzada fue en promedio: CMJ: 32,8 cm (4,5 DE) y SJ: 30,4 cm (4,8 DE). La distribución normal (CMJ: Shapiro-Wilk W ; 0,9428; $p = 0,248$; SJ: Shapiro-Wilk W ; 0,9566; $p = 0,450$), y las dos series de datos presentan la misma distribución (Epps Singleton; $W_2 = 3,288$; $p = 0,511$).

No se encontraron diferencias significativas entre los dos promedios (t-test; $t = 1,6707$; $p = 0,103$) (Fig. 1). Las dos series de saltos presentan alta correlación (Coeficiente de correlación de Pearson; $r = 0,858$; $p < 0,0001$).

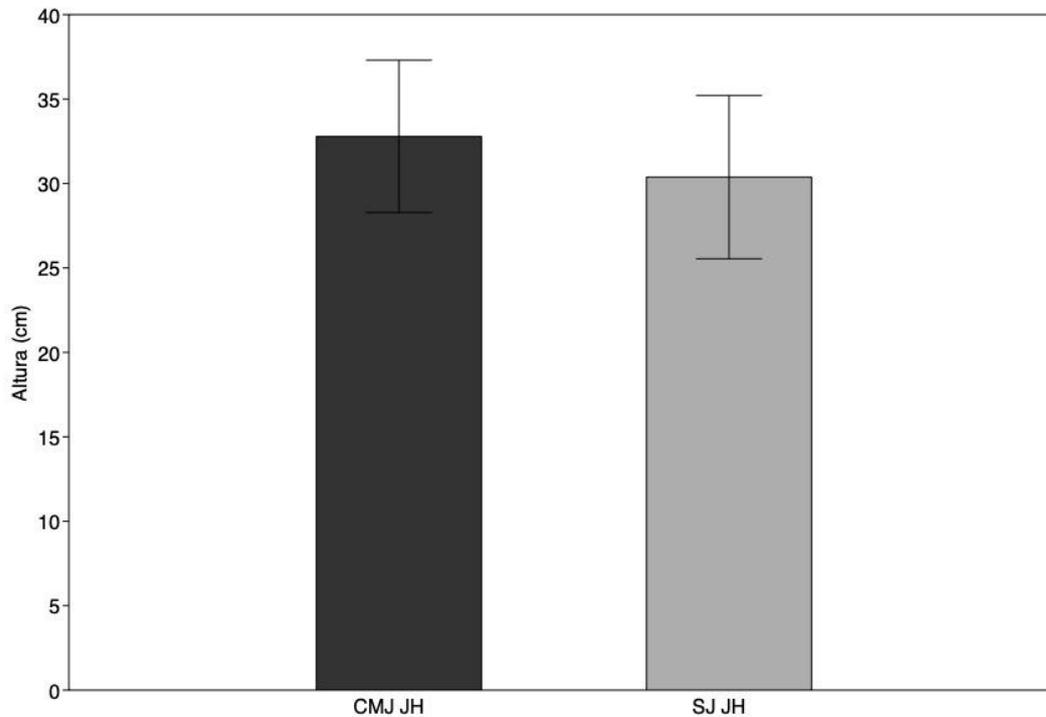


Figura 1: Altura del salto en cm.

En la altura del CMJ, si bien aleros y ayudas alcanzaron alturas mayores con respecto a pivot y bases, no se encontraron diferencias significativas por la posición en la cancha (ANOVA; $F = 0,754$; g.d.l. = 3,17; $p = 0,535$; Varianzas homogéneas: Levene; $p = 0,270$) (Fig. 2).

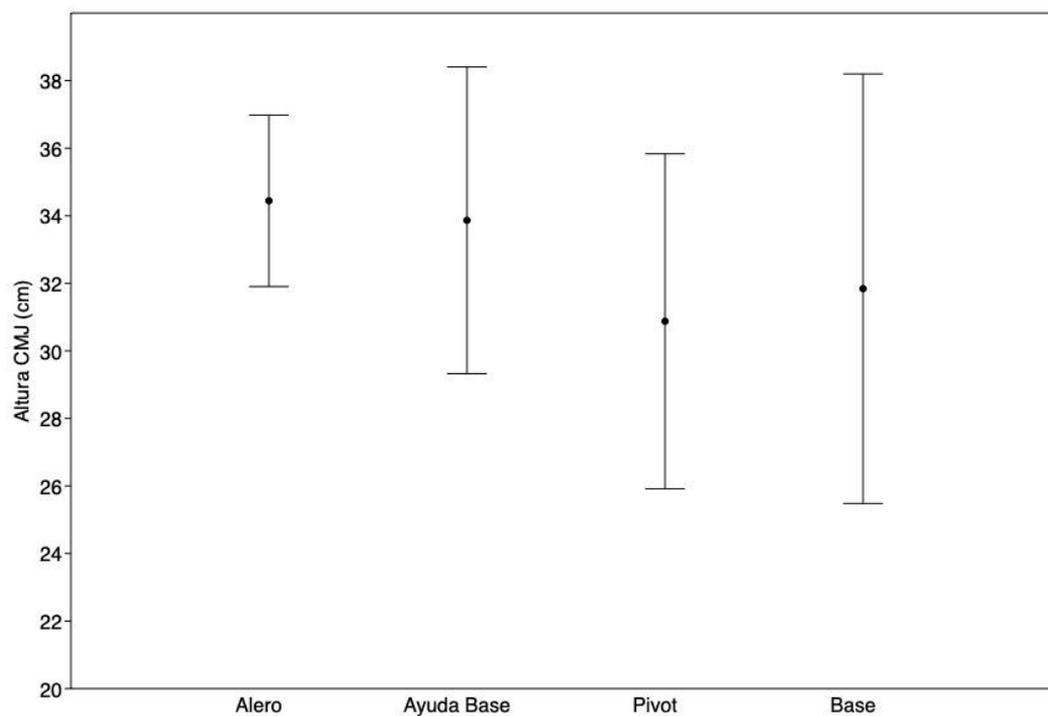


Figura 2: Altura CMJ por posición.

En el SJ también aleros y ayudas alcanzaron alturas mayores con respecto a pivot y bases, pero tampoco se encuentran diferencias significativas por la posición en la cancha (ANOVA; $F = 0,839$; g.d.l. = 3,17; $p = 0,491$; Varianzas homogéneas: Levene; $p = 0,192$) (Fig. 3).

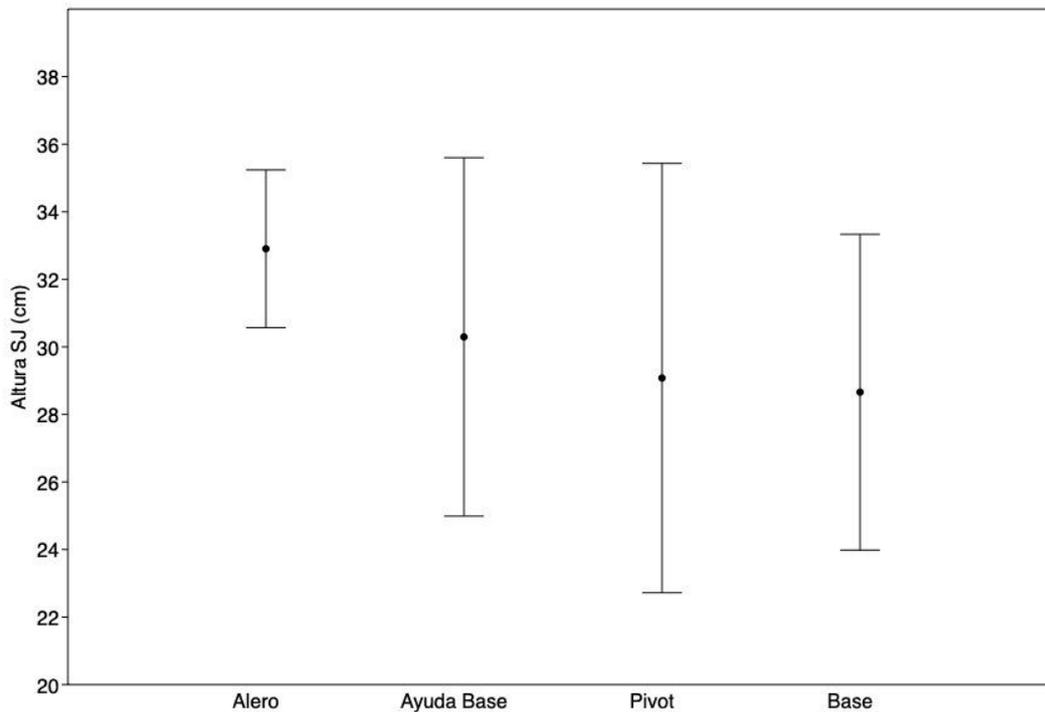


Figura 3: Altura SJ por posición.

2.4. Potencia máxima

Se presentan los resultados de potencia en sus valores absolutos y normalizados por la masa individual. El pico de potencia máxima fue en promedio, respectivamente: CMJ: 3842,7 W (663,4 DE); 49,2 W/kg (5,8 DE) y SJ: 3898,6 W (686,4 DE); 49,9 W/kg (5,8 DE).

Las cuatro series presentan distribución normal (CMJ-W: Shapiro-Wilk W; 0,9189; $p = 0,082$; CMJ-Wkg: Shapiro-Wilk W; 0,9610; $p = 0,537$; SJ-W: Shapiro-Wilk W; 0,9435; $p = 0,256$; SJ-Wkg: Shapiro-Wilk W; 0,9269; $p = 0,119$).

No se encontraron diferencias significativas entre los dos promedios en fig. 4 (t-test-W; $t = 0,2685$; $p = 0,790$), ni entre los promedios normalizados por la masa (t-test-W/kg; $t = 0,4279$; $p = 0,671$) (Fig. 5).

En ambos casos se encontró alta correlación entre resultados de CMJ y SJ (Coeficiente de correlación de Pearson; Absolutos: $r = 0,976$; $p < 0,001$; Normalizados: $r = 0,944$; $p < 0,001$).

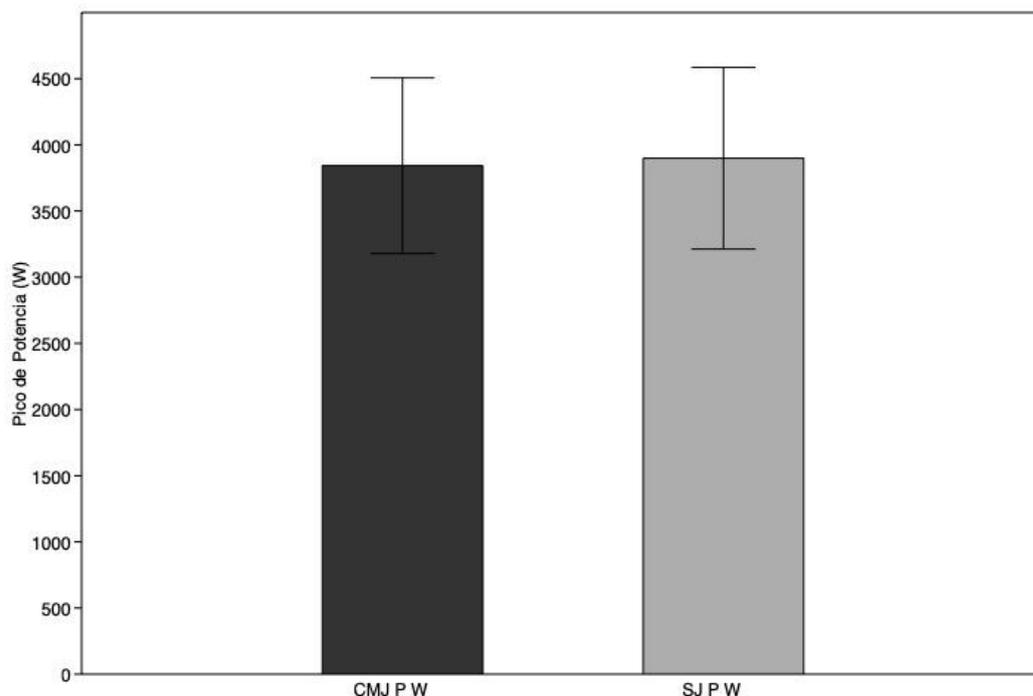


Figura 4: Pico de potencia máxima por tipo de salto. Valores absolutos (W).

En la potencia del CMJ, como en la altura, si bien aleros y ayudas alcanzaron potencias mayores con respecto a pivot y bases, no se encontraron diferencias significativas por la posición en la cancha (ANOVA; $F = 1,277$; g.d.l. = 3,17; $p = 0,314$; Varianzas homogéneas: Levene; $p = 0,223$) (Fig. 6).

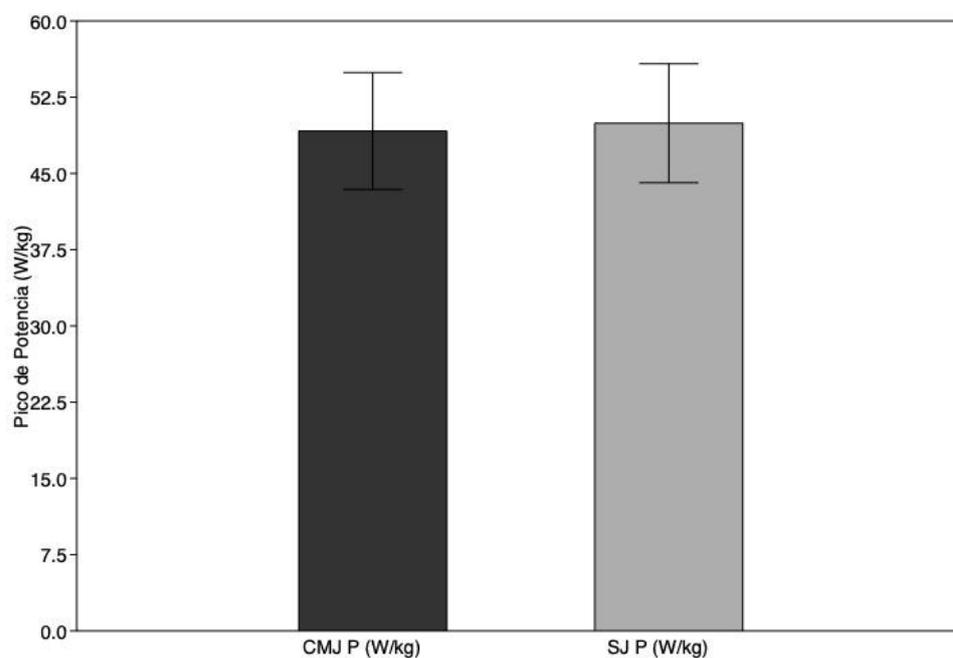


Figura 5: Pico de potencia máxima por tipo de salto. Valores normalizados (W/kg)

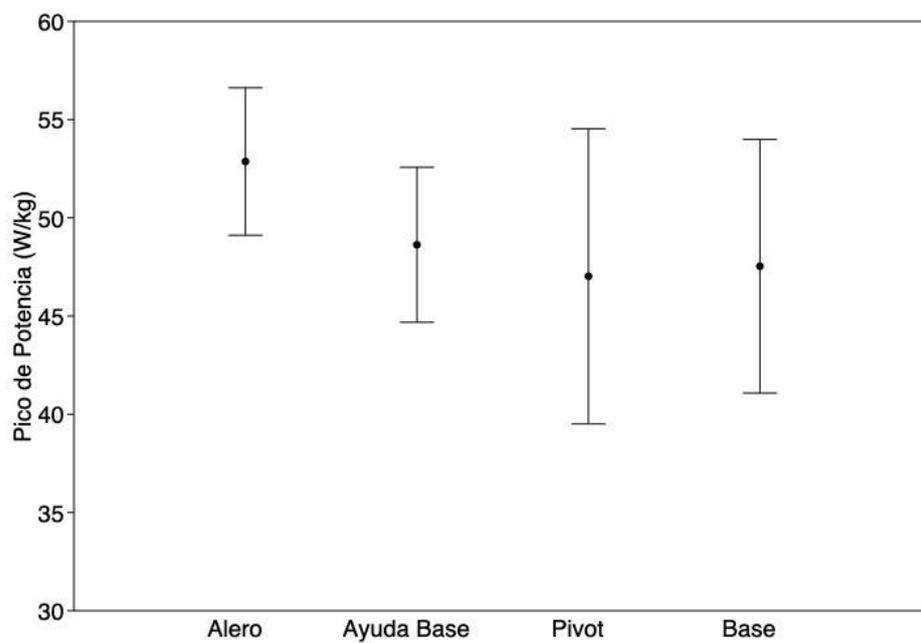


Figura 6: Pico de potencia máxima en el CMJ por posición.

En la potencia del SJ, como en la altura, si bien aleros y ayudas alcanzaron potencias mayores con respecto a pivot y bases, no se encontraron diferencias significativas por la posición en la cancha (ANOVA; $F = 1,164$; g.d.l. = 3,17; $p = 0,352$; Varianzas homogéneas: Levene; $p = 0,160$) (Fig. 7).

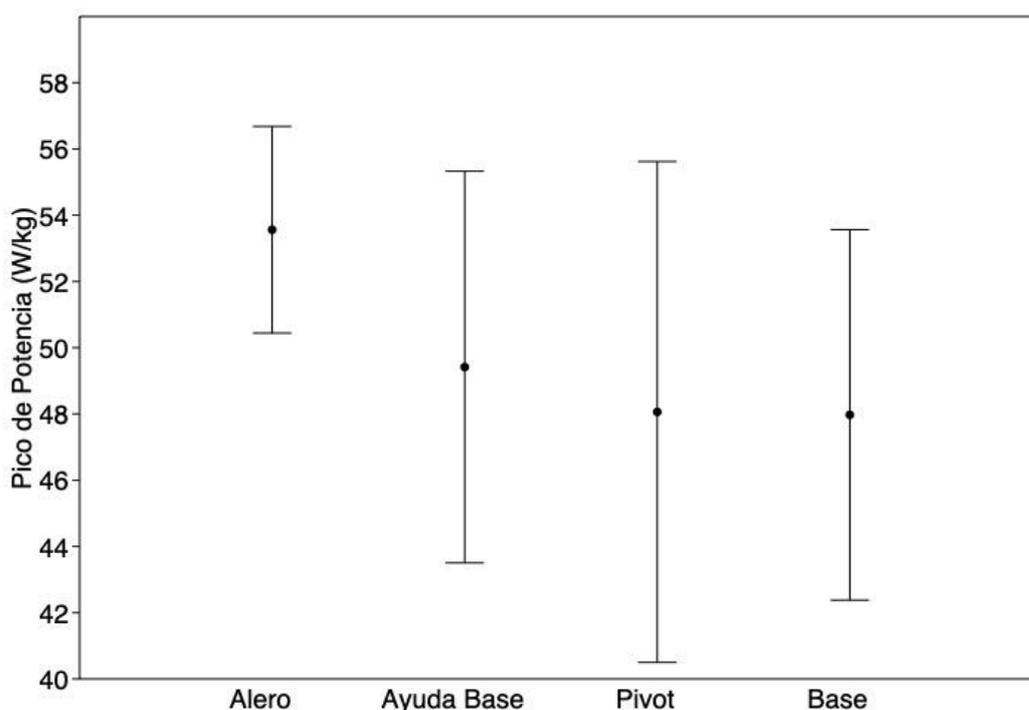


Figura 7: Pico de potencia máxima en el SJ por posición.

2.5. Test de Agilidad (Modified T)

El resultado mejor fue en promedio 5,73 s (0,35 DE). La distribución de los datos sigue el modelo normal (Shapiro-Wilk W ; 0,9538; $p = 0,457$).

No se encontraron diferencias significativas por la posición en la cancha (Welch ANOVA; $F = 0,099$; g.d.l. = 6,661; $p = 0,958$; Varianzas no homogéneas: Levene; $p = 0,009$) (Fig. 8).

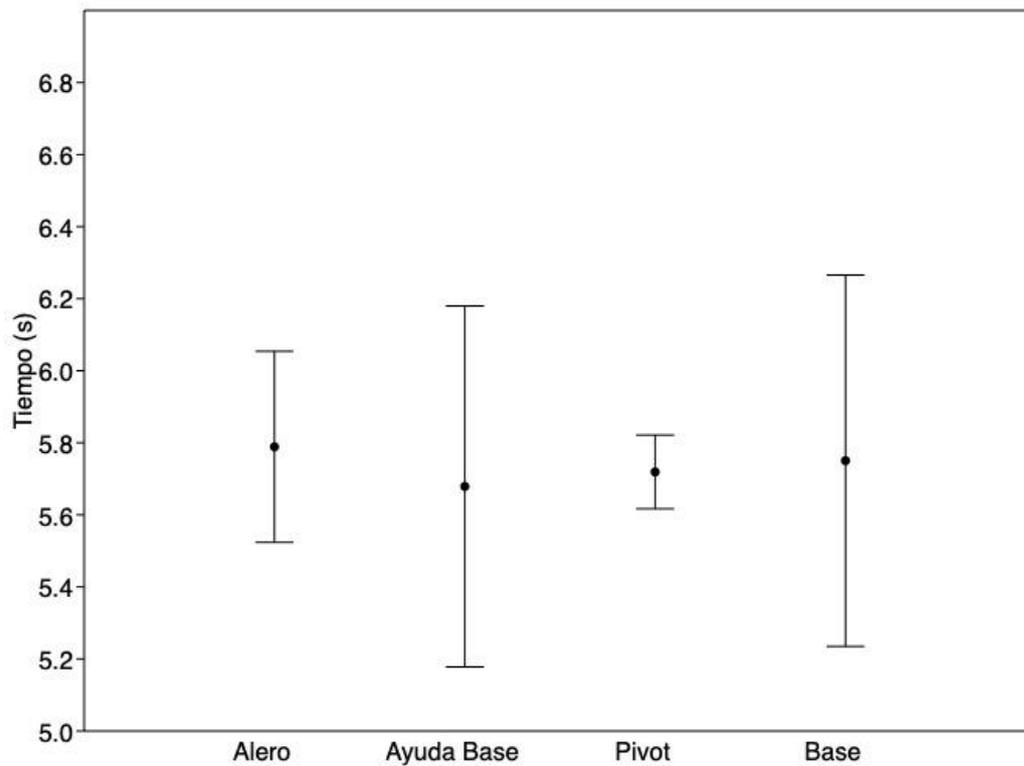


Figura 8: Test T modificado por posición.

2.6. Test de sprint repetido (RSA)

El resultado mejor fue en promedio $MT = 5,73 \text{ s}$ ($0,28 \text{ DE}$). La distribución de los datos sigue el modelo normal (Shapiro-Wilk W ; $0,9000$; $p = 0,113$).

No se encontraron diferencias significativas por la posición en la cancha (Welch-ANOVA; $F = 1,979$; g.d.l. = $7,205$; $p = 0,204$; Varianzas no homogéneas: Levene; $p = 0,005$) (Fig. 9).

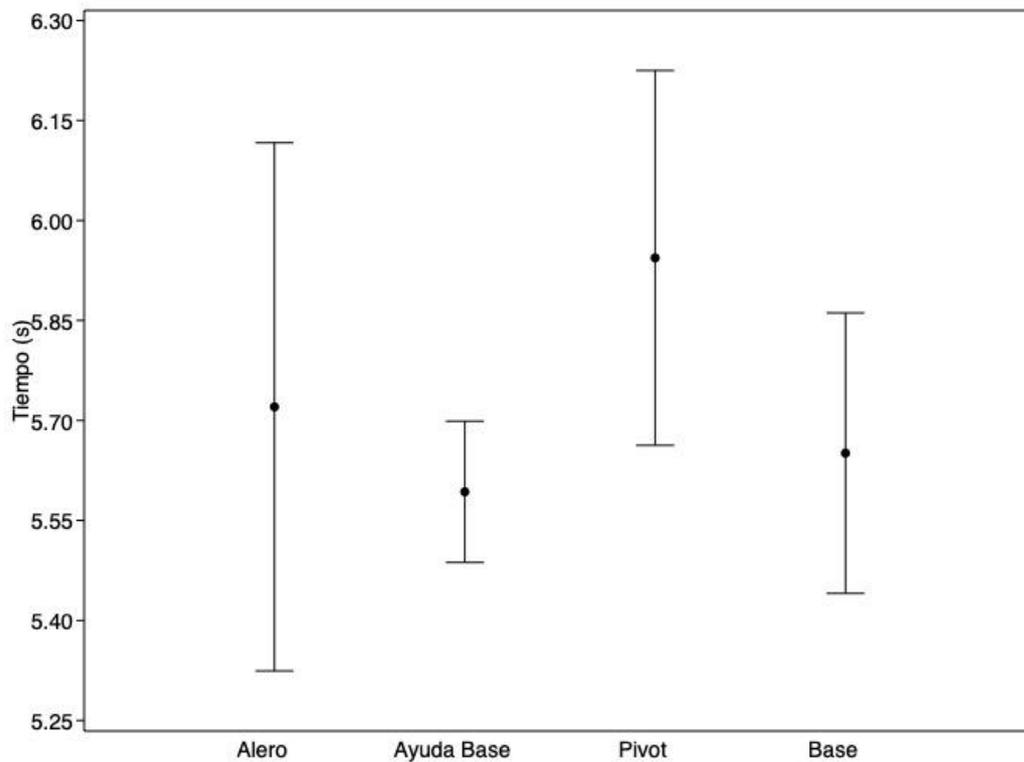


Figura 9: Test RSA por posición.

La disminución del rendimiento fue en promedio DR% = 3,03% (1,31 DE). La distribución de los datos sigue el modelo normal (Shapiro-Wilk W; 0,9058; p = 0,062).

Si bien la mayor disminución de rendimiento se observó en el rol de ayuda base, y la menor en el rol de base, no se encontraron diferencias significativas por la posición en la cancha (ANOVA; F = 2,792; g.d.l. = 3,15; p = 0,076; Varianzas homogéneas: Levene; p = 0,218) (Fig. 10).

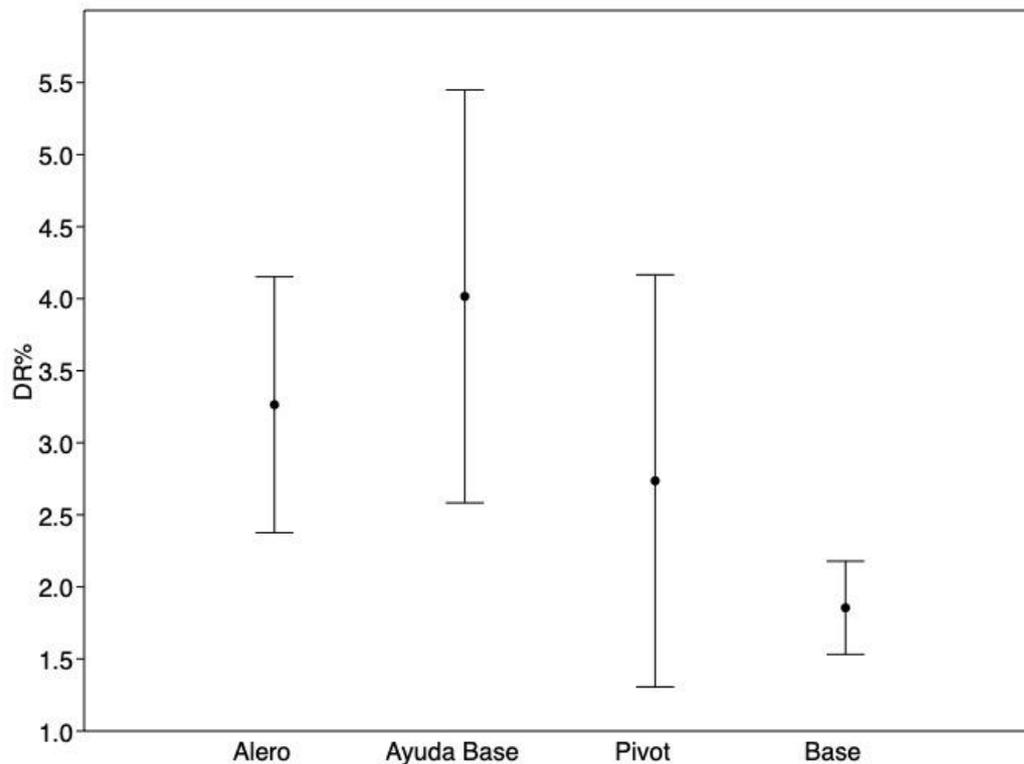


Figura 10: Test RSA, disminución del rendimiento por posición.

2.7. Análisis de correlaciones

Los picos absolutos de potencia máxima, medidos en Watt, tienen una moderada correlación, estadísticamente significativa, con el tamaño corporal (masa en kg y altura): a mayor masa muscular corresponde una mayor potencia. Sin embargo, los picos de potencia absoluta no mostraron correlación significativa con ningún otro parámetro (altura, tiempo de sprint, tiempo de agilidad) (Tabla 2).

Para remediar al efecto del tamaño, en los siguientes análisis se utilizaron como medio de comparación los picos de potencia máxima normalizados por la masa (W/kg).

Tabla 2

Correlación de las variables con los picos absolutos de potencia

	CMJ PPM (W)		SJ PPM (W)	
	R (Pearson)	P	R (Pearson)	P
Peso (kg)	0.788	0.00002	0.788	0.00002
Altura jugador (cm)	0.818	0.00003	0.772	0.00018
Altura salto (cm)	0.009	0.969	0.204	0.376
Agilidad MT	-0.061	0.803	-0.086	0.727
RSA MT	0.278	0.250	0.283	0.240
RSA DR%	0.064	0.795	0.090	0.713

R: coeficiente de correlación de Pearson; P: probabilidad estadística. En negrita las correlaciones estadísticamente significativas.

En la tabla 3 se muestran los valores de correlación entre las variables.

Tabla 3

Correlación de las variables con los picos normalizados de potencia

	CMJ PPM (W/kg)	SJ PPM (W/kg)	CMJ h(cm)	SJ h(cm)	Agilidad (s)	RSA (s)	RSA DR%
CMJ PPM (W/kg)		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.988	0.0029	0.800
SJ PPM (W/kg)	0.944		<0.0001	<0.0001	0.836	0.0094	0.712
CMJ h(cm)	0.854	0.792		<0.0001	0.507	0.0052	0.733
SJ h(cm)	0.831	0.869	0.858		0.746	0.0410	0.570
Agilidad (s)	-0.004	-0.051	-0.162	-0.0796		0.5259	0.981
RSA (s)	-0.644	-0.579	-0.613	-0.4727	0.1552		0.221
RSA DR%	0.062	0.091	0.084	0.1393	-0.0058	-0.295	

En la parte baja el valor del coeficiente de correlación de Pearson (R); en la parte alta los valores de probabilidad estadística (P). En negrita las correlaciones estadísticamente significativas.

Como esperado, se encontró una alta correlación, estadísticamente significativa, entre pico de potencia máxima por unidad de masa y altura de un salto, sea en los saltos CMJ que en los SJ (Tabla 3; Fig. 11).

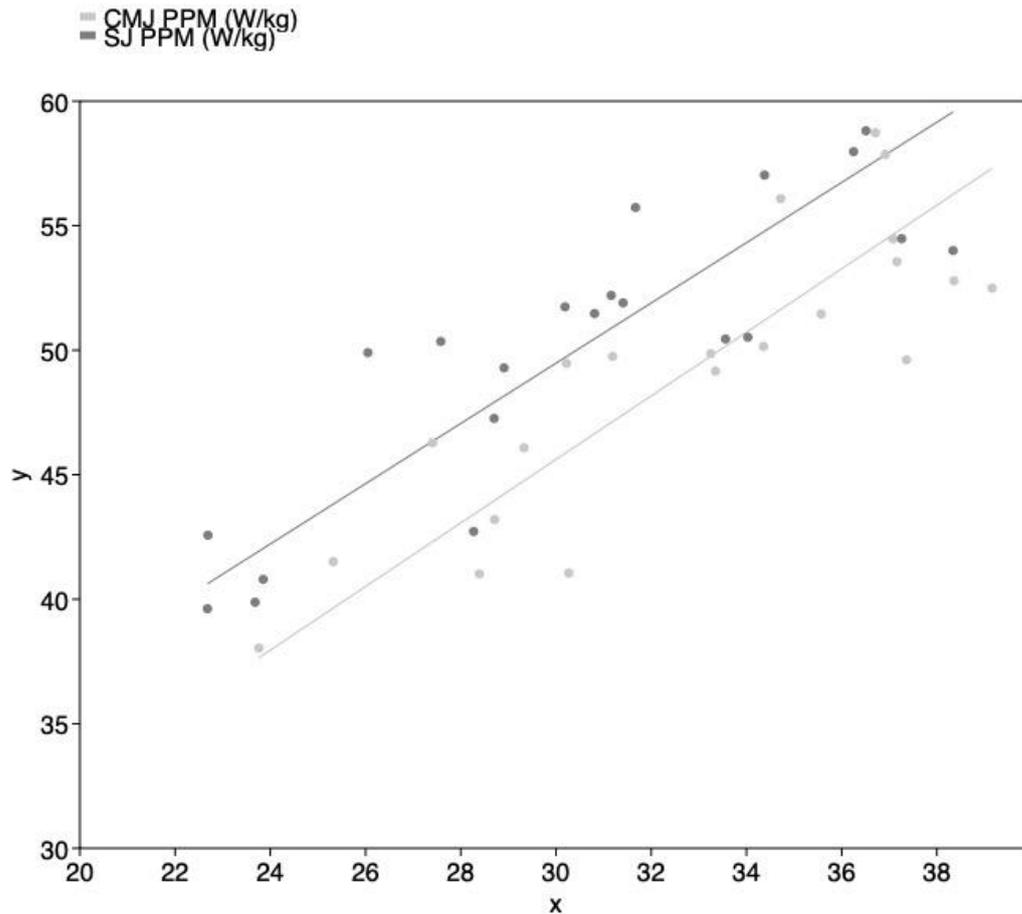


Figura 11: Correlación entre el pico de potencia máxima y la altura del salto. Se muestran las líneas de regresión lineal del eje mayor. CMJ en gris; SJ en negro.

Se esperaría una correlación negativa entre el tiempo de las pruebas de agilidad y sprint y el rendimiento en altura o potencia, porque a mayor rendimiento corresponde menor tiempo. Se encontró una baja correlación negativa (entre -0,5 y -0,7), estadísticamente significativa, entre el mejor tiempo (MT) en la prueba de sprint (RSA) y el pico de potencia máxima por kg en ambos saltos. Igualmente se encontró una baja correlación entre RSA-MT y la mejor altura alcanzada en los saltos. En los SJ la correlación, si bien estadísticamente significativa, es muy baja (Tabla 3; Fig. 12 y 13).

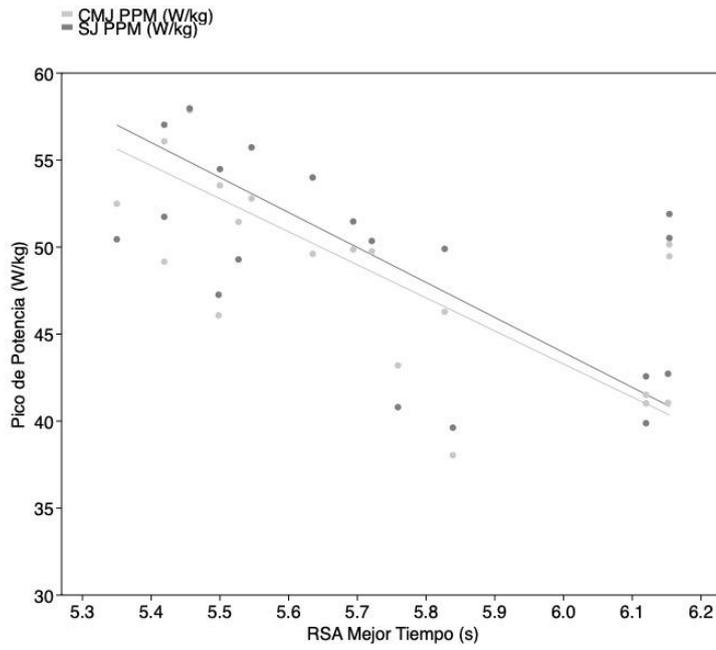


Figura 12: Correlación entre el pico de potencia máxima y el mejor resultado en el RSA. Se muestra la línea de regresión lineal del eje mayor. CMJ en gris; SJ en negro.

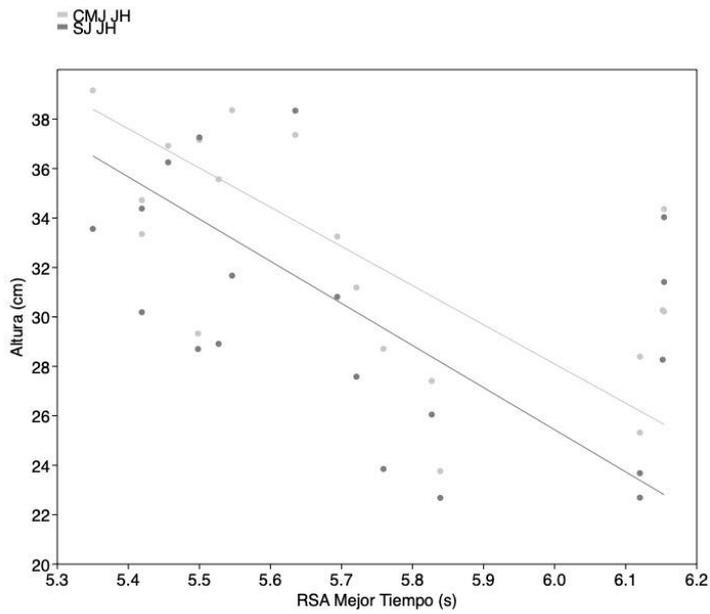


Figura 13: Correlación entre la altura máxima y el mejor resultado en el RSA. Se muestra la línea de regresión lineal del eje mayor. CMJ en gris; SJ en negro.

No hay correlación significativa entre el resultado RSA y la DR%, a decir que la caída del rendimiento ocurrió independientemente del rendimiento mismo (Tabla 3).

No se encontró correlación entre el resultado de agilidad (T modificado) y RSA (Fig. 14). El resultado del test de agilidad tampoco mostró correlaciones con otras variables (Tabla 3).

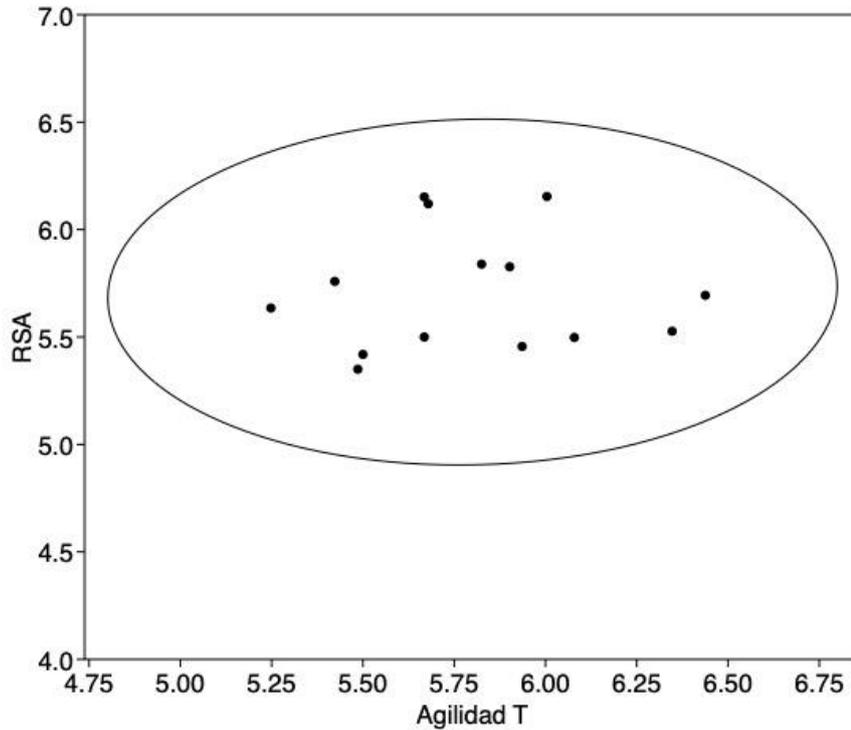


Figura 14: Correlación entre resultados de agilidad “T” y RSA. Elipse de confianza del 95%.

2.8. Análisis de los parámetros cinemáticos

Al fin de analizar los parámetros que puedan influir sobre el rendimiento del salto, se agruparon los saltos en grupos según el rendimiento en potencia. En el grupo de los saltos mejores (Me) se agruparon los mejores saltos de cada serie más los que alcanzaron un resultado por encima del 99% a respecto del máximo. En el grupo de los

peores saltos (Pe) se agruparon los saltos que quedaron por debajo del 90% del máximo. Los saltos con rendimiento entre el 90% y el 99% fueron agrupados en un tercer grupo.

Cuando no se especifica el grupo, se entiende que el análisis fue sobre todos los saltos.

2.9. Análisis de las etapas del salto

El tiempo total del salto fue en promedio: CMJ: 1401 ms (180 DE) y SJ: 822 ms (78 DE). A continuación el detalle de las diferentes etapas (Fig. 15 y 16).

Fase excéntrica o de contramovimiento (solo CMJ): desde el inicio del contramovimiento, hasta el inicio del impulso hacia arriba (cuando el vector velocidad del centro de masa cruza el valor “0”, pasando de valores negativos del contramovimiento a valores positivos del impulso). CMJ: media 510 ms (142 DE).

Fase concéntrica o de impulso: desde el inicio del impulso (ver definición anterior), hasta el despegue (cuando el vector aceleración del centro de masa cruza el valor “0” y va hacia los valores negativos de la fase aérea). CMJ: media 292 ms (56 DE). SJ: media 251 ms (61 DE). Mann-Whitney U 12817, $p = 0,0001$ diferencia significativa.

Fase de vuelo: desde el despegue (ver definición anterior), hasta el inicio del aterrizaje (cuando el vector aceleración del centro de masa empieza a crecer desde valores negativos de la fase aérea). CMJ: media 516 ms (35 DE). SJ: media 487 ms (43 DE). Mann-Whitney U 12974, $p = 0,0001$ diferencia significativa.

Fase de aterrizaje: desde el inicio del aterrizaje (ver definición anterior), hasta el pico máximo de fuerza. CMJ: media 83 ms (17 DE). SJ: media 84 ms (16 DE). Mann-Whitney U 21032, $p = 0.511$ no significativa.

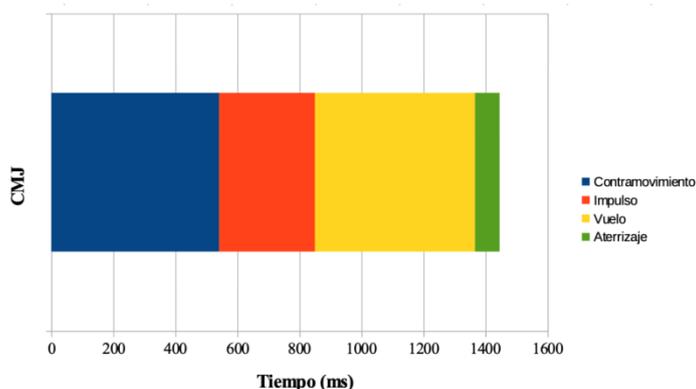


Figura 15: CMJ: tiempos promedios de las 4 etapas

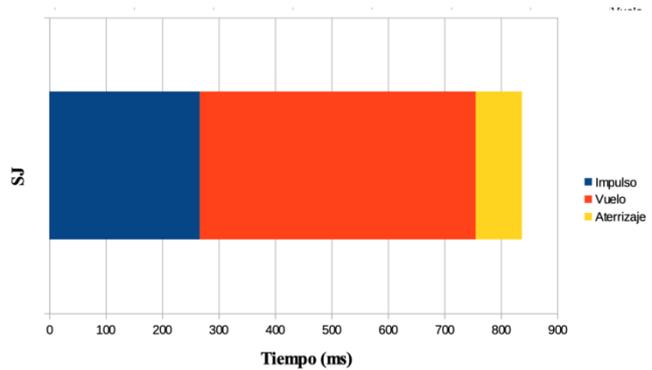


Figura 16: SJ: tiempos promedios de las 3 etapas

En la tabla 4 se compararon los tiempos de duración de las fases del ejercicio en los grupos de los saltos mejores y peores.

Tabla 4

Duración de saltos mejores versus saltos peores

Salto	Fase	Mejores		Peores		Estadística	P	Signif.
		Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)			
CMJ	Excentrica	487.5 (94.5)	560.4 (237.0)	MW-U 439	0.582	n.s.		
CMJ	Concentrica	285.7 (51.3)	297.4 (63.5)	MW-U 458	0.778	n.s.		
CMJ	Vuelo	519.8 (35.7)	517.5 (33.7)	MW-U 461.5	0.816	n.s.		
SJ	Concentrica	263.0 (76.5)	238.3 (50.1)	MW-U 512.5	0.428	n.s.		
SJ	Vuelo	495.1 (39.1)	471.8 (42.9)	MW-U 353.5	0.006	**		

Se compara la duración de las fases del salto. MW-U: Test U de Mann-Whitney; P: probabilidad estadística; signif.: nivel de significatividad: n.s.: no significativo, ** P < 0,001.

2.10. Análisis de ángulos

Se calcularon y compararon los ángulos mínimos obtenidos en las fases de propulsión (hasta el despegue). Se encontraron diferencias significativas entre saltos CMJ y SJ. En los saltos con contra movimiento se alcanzaron ángulos menores (mayor flexión) en las tres articulaciones (Fig. 17).

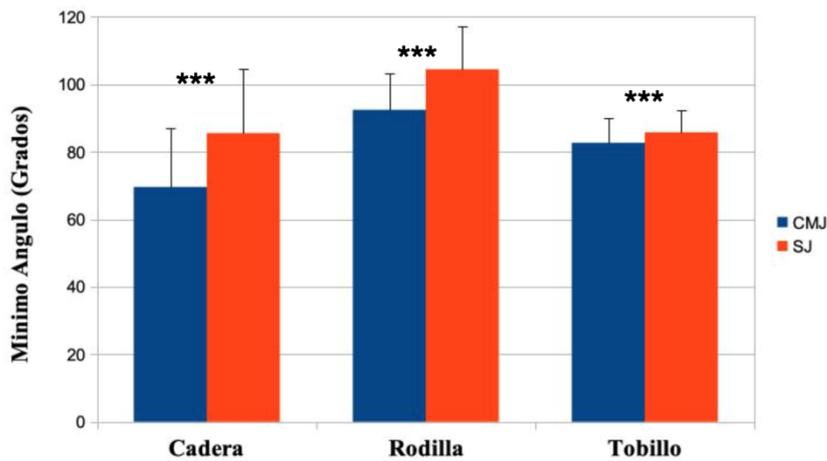


Figura 17: Mínimos ángulos en la fase de propulsión: CMJ vs SJ.

Los peores saltos CMJ mostraron ángulos significativamente menores en la rodilla y tobillo (Fig. 18).

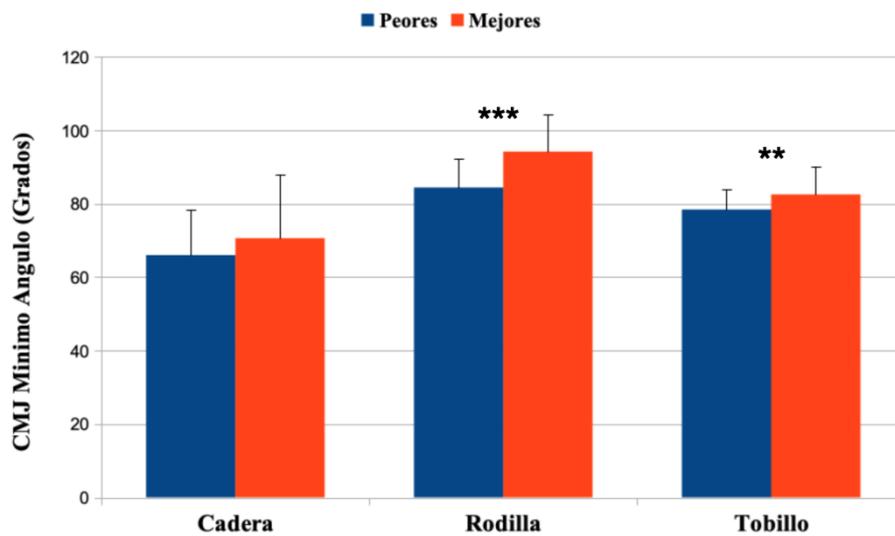


Figura 18:CMJ: Diferencia de mínimos ángulos en la fase de propulsión entre los mejores y peores saltos. (**) diferencia significativa MW-U, $p = 0.007$; (***) diferencia significativa MW-U, $p = 0.0002$.

En los saltos SJ no se encontraron diferencias de ángulos relacionadas al rendimiento (Fig. 19).

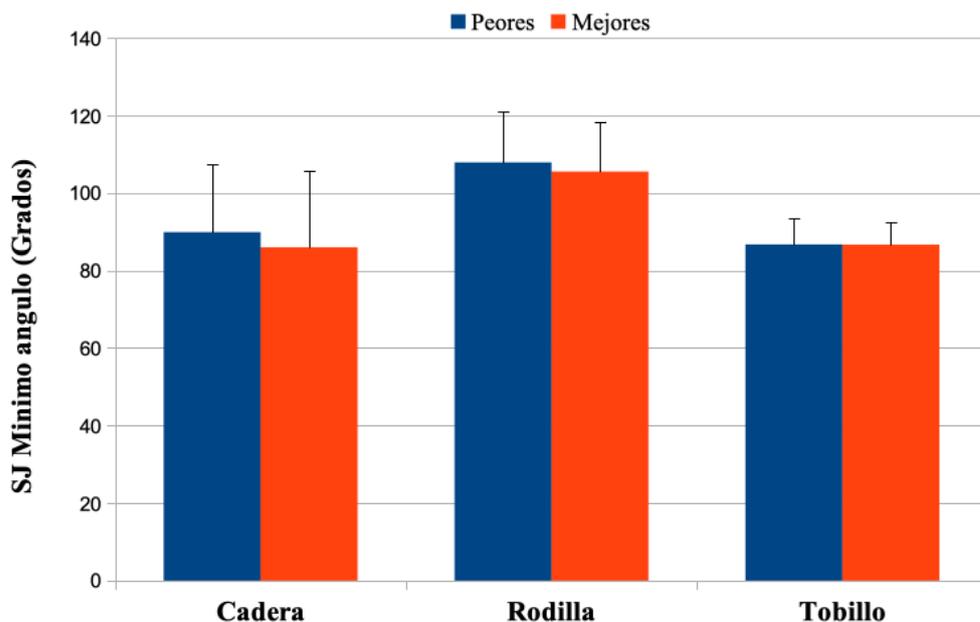


Figura 19: SJ: Diferencia de mínimos ángulos en la fase de propulsión entre los mejores y peores saltos.

2.11. Análisis de la secuencia y coordinación de eventos

Se analizó, en los dos tipos de salto, la secuencia de eventos desde el inicio de la fase de propulsión (fin del contramovimiento en el CMJ) y el despegue, poniendo en una línea temporal los picos de fuerza, potencia y velocidad angular de las tres articulaciones.

Se muestran los promedios de los mejores saltos. La secuencia optimal se mantiene de la forma Fuerza-Potencia-Velocidad. La cadera llega a su máxima velocidad angular antes de la rodilla y la rodilla antes del tobillo: secuencia C-R-T, próximal-distal (Fig. 20 y 21).

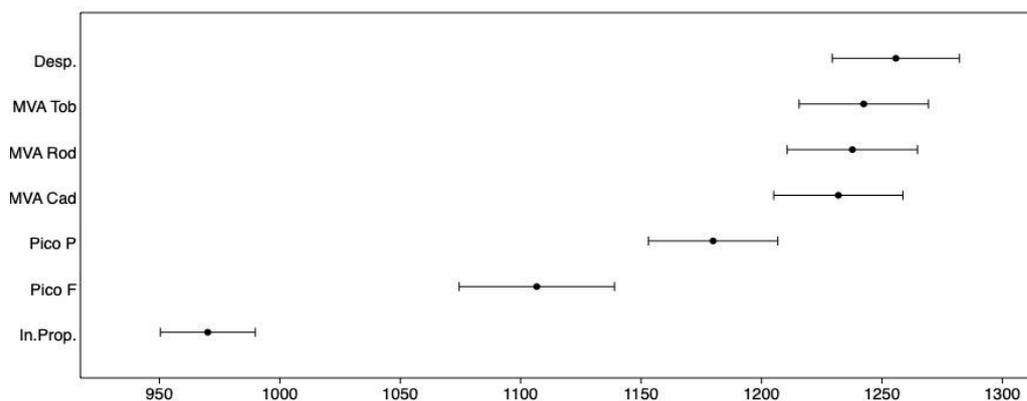


Figura 20: Secuencia temporal en el CMJ.

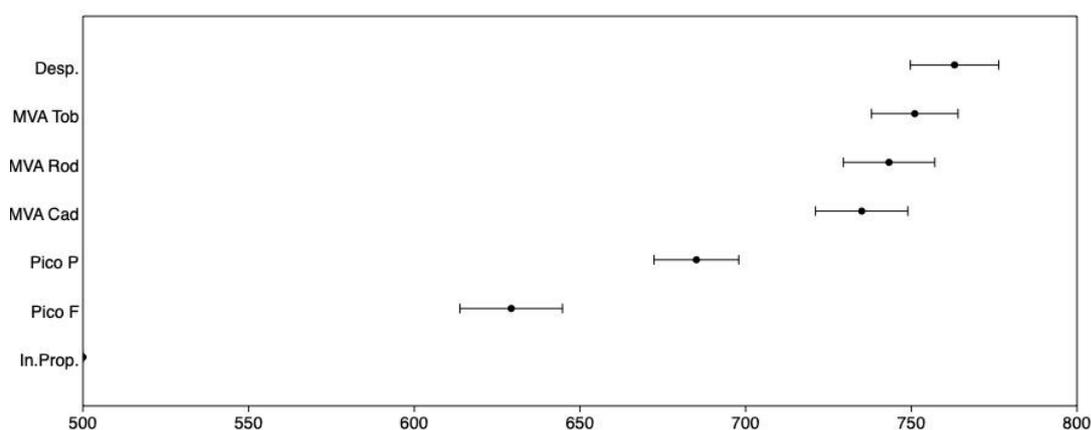


Figura 21: Secuencia temporal en el SJ.

Comparando los saltos mejores con los peores, resulta que el mejor rendimiento se obtiene cuando el pico de fuerza se mantiene alrededor de la mitad de la fase concéntrica. Una anticipación del pico de fuerza parece afectar el rendimiento del CMJ (Tabla 5). El pico de potencia ocurre alrededor del 70% del tiempo de la fase concéntrica. En los saltos con peor rendimiento, el pico de potencia se desplaza hacia el 80-85% de la fase concéntrica, pero la diferencia no es estadísticamente significativa (Tabla 5)..

Las velocidades angulares de cadera, rodilla y tobillo muestran un pico entre el 90 y 95% de la fase concéntrica. No se encuentran diferencias significativas (Tabla 5).

Tabla 5

Comparación eventos de saltos mejores versus saltos peores

Salto	Variable	Mejores	Peores	Estad.	P
	Pico Fuerza	45.0%	22.9%	MW-U 299.5	0.012
	Pico Potencia	69.5%	85.2%	MW-U 453	0.724
CMJ	Pico V.cadera	91.2%	90.8%	MW-U 476	0.977
	Pico V.rodilla	93.2%	93.8%	MW-U 382.5	0.178
	Pico V.tobillo	95.0%	95.0%	MW-U 540	0.992
	Pico Fuerza	46.2%	47.9%	MW-U 487	0.468
	Pico Potencia	73.2%	84.2%	MW-U 506,5	0.635
SJ	Pico V.cadera	88.2%	87.0%	MW-U 430	0.102
	Pico V.rodilla	91.6%	90.0%	MW-U 467.5	0.243
	Pico V.tobillo	95.2%	95.2%	MW-U 560	0.995

Se compara la posición de los picos de fuerza, potencia y velocidad en el tiempo de duración de la fase concéntrica del salto. MW-U: Test U de Mann-Whitney; P: probabilidad estadística. En negrita las correlaciones estadísticamente significativas.

2.12. Activación muscular

CMJ. El valor de RMS (Root Mean Square) da una idea del nivel de actividad del músculo (Fig. 22). La diferencia es significativa (Kruskal-Wallis: $p < 0,001$), el post-hoc indica diferencias significativas en el nivel de activación de los extensores de la pierna (Vastus M y L, Rectus F) y los demás (Tabla 6).

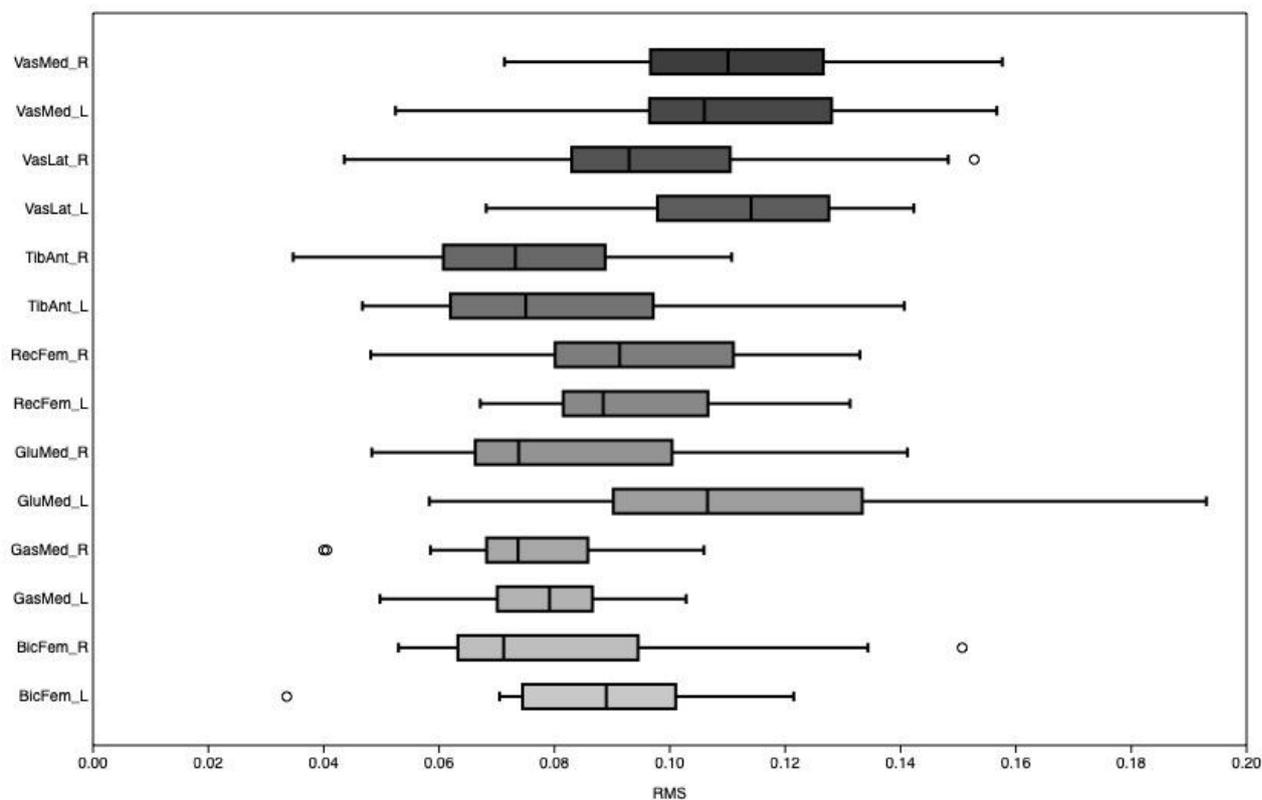


Figura 22: CMJ: valores de RMS.

Tabla 6

CMJ: comparación estadística de los valores RMS

CMJ – RMS MW-paired	BicFem L	BicFem R	GasMed L	GasMed R	GluMed L	GluMed R	RecFem L	RecFem R	TibAnt_ L	TibAnt_ R	VasLat_ L	VasLat_ R	VasMed L	VasMed R
BicFem_L		1.00000	1.00000	0.51010	0.92550	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.77700	0.07306	1.00000	0.25390	0.19480
BicFem_R	1.00000		1.00000	1.00000	0.06360	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.01859	1.00000	0.04736	0.02207
GasMed_L	1.00000	1.00000		1.00000	0.00126	1.00000	0.28990	0.32850	1.00000	1.00000	0.00017	0.04433	0.00011	0.00088
GasMed_R	0.51010	1.00000	1.00000		0.00051	1.00000	0.03496	0.07178	1.00000	1.00000	0.00008	0.01126	0.00007	0.00020
GluMed_L	0.92550	0.06360	0.00126	0.00051		0.04354	1.00000	1.00000	0.02408	0.00213	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
GluMed_R	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.04354		1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.00675	0.70630	0.01775	0.01027
RecFem_L	1.00000	1.00000	0.28990	0.03496	1.00000	1.00000		1.00000	1.00000	0.08254	0.40040	1.00000	0.56630	1.00000
RecFem_R	1.00000	1.00000	0.32850	0.07178	1.00000	1.00000	1.00000		1.00000	0.17350	0.42710	1.00000	0.71490	1.00000
TibAnt_L	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.02408	1.00000	1.00000	1.00000		1.00000	0.00399	0.70630	0.00687	0.00355
TibAnt_R	0.77700	1.00000	1.00000	1.00000	0.00213	1.00000	0.08254	0.17350	1.00000		0.00017	0.05168	0.00027	0.00039
VasLat_L	0.07306	0.01859	0.00017	0.00008	1.00000	0.00675	0.40040	0.42710	0.00399	0.00017		1.00000	1.00000	1.00000
VasLat_R	1.00000	1.00000	0.04433	0.01126	1.00000	0.70630	1.00000	1.00000	0.70630	0.05168	1.00000		1.00000	1.00000
VasMed_L	0.25390	0.04736	0.00011	0.00007	1.00000	0.01775	0.56630	0.71490	0.00687	0.00027	1.00000	1.00000		1.00000
VasMed_R	0.19480	0.02207	0.00088	0.00020	1.00000	0.01027	1.00000	1.00000	0.00355	0.00039	1.00000	1.00000	1.00000	

Probabilidad estadística. En negrita los valores estadísticamente significativos.

En la figura 23 se muestran los niveles y la secuencia de activación de los 14 músculos incluidos en el análisis, con referencia a las fases del salto y a las posiciones del pico de fuerza y del pico de potencia.

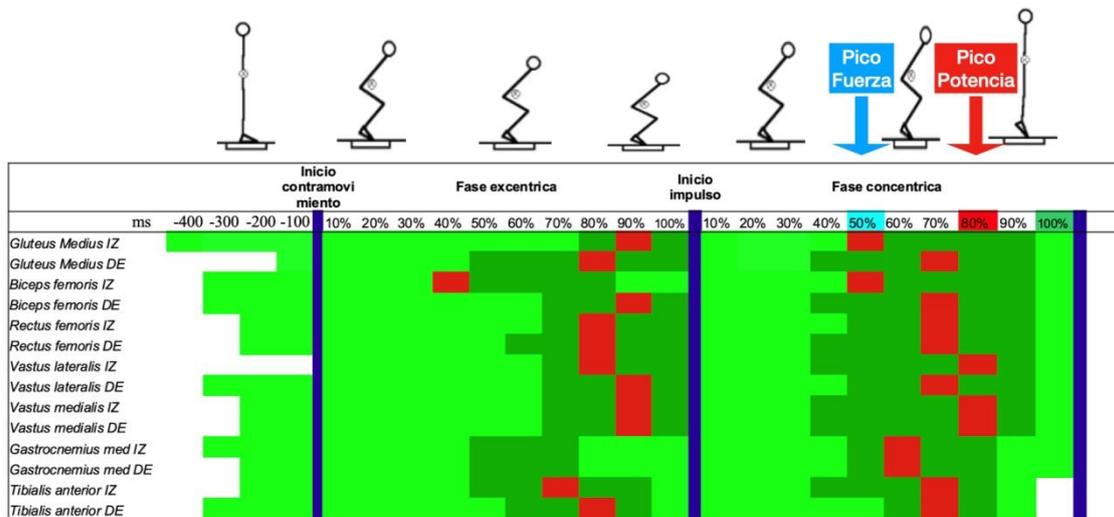


Figura 23: CMJ: Nivel de activación en las fases propulsoras del salto. Verde claro: activación baja; Verde oscuro: activación alta; Rojo: pico de activación.

SJ. El valor de RMS (Root Mean Square) da una idea del nivel de actividad del músculo (Fig. 24). La diferencia es significativa (Kruskal-Wallis: $p < 0,001$), el post-hoc indica diferencias significativas en el nivel de activación de los extensores de la pierna (Vastus M y L) y los demás, menores a respecto de las diferencias encontradas en el CMJ (Tabla 7).

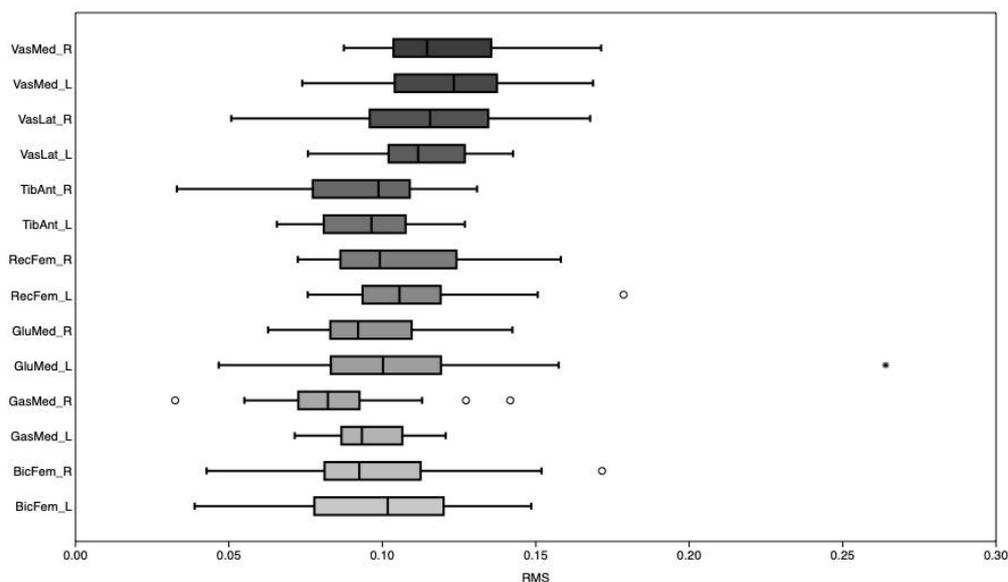


Figura 24: SJ: valores de RMS.

Tabla 7

SJ: comparación estadística de los valores RMS

SJ – RMS MW-paired	BicFem _L	BicFem _R	GasMe d_L	GasMe d_R	GluMed _L	GluMed _R	RecFe m_L	RecFe m_R	TibAnt_ L	TibAnt_ R	VasLat _L	VasLat _R	VasMed _L	VasMed _R
BicFem_L	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.06128	1.00000
BicFem_R	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.42670	1.00000	1.00000	1.00000	0.22250	0.27100	0.00154	0.10340
GasMed_L	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.18890	0.00161	0.03359	1.00000	0.00321	0.00096	0.00000	0.00025
GasMed_R	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.64950	0.07528	0.33090	1.00000	0.12970	0.09484	0.00044	0.02068
GluMed_L	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.05055	1.00000
GluMed_R	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.01726	1.00000
RecFem_L	1.00000	1.00000	0.18890	0.64950	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.13030	1.00000
RecFem_R	1.00000	0.42670	0.00161	0.07528	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
TibAnt_L	1.00000	1.00000	0.03359	0.33090	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.52530	1.00000
TibAnt_R	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.53800	1.00000
VasLat_L	1.00000	0.22250	0.00321	0.12970	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
VasLat_R	1.00000	0.27100	0.00096	0.09484	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
VasMed_L	0.06128	0.00154	0.00000	0.00044	0.05055	0.01726	0.13030	1.00000	0.52530	0.53800	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
VasMed_R	1.00000	0.10340	0.00025	0.02068	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000

Probabilidad estadística. En negrita los valores estadísticamente significativos.

En la figura 25 se muestran los niveles y la secuencia de activación de los 14 músculos incluidos en el análisis, con referencia a las fases del salto y a las posiciones del pico de fuerza y del pico de potencia.

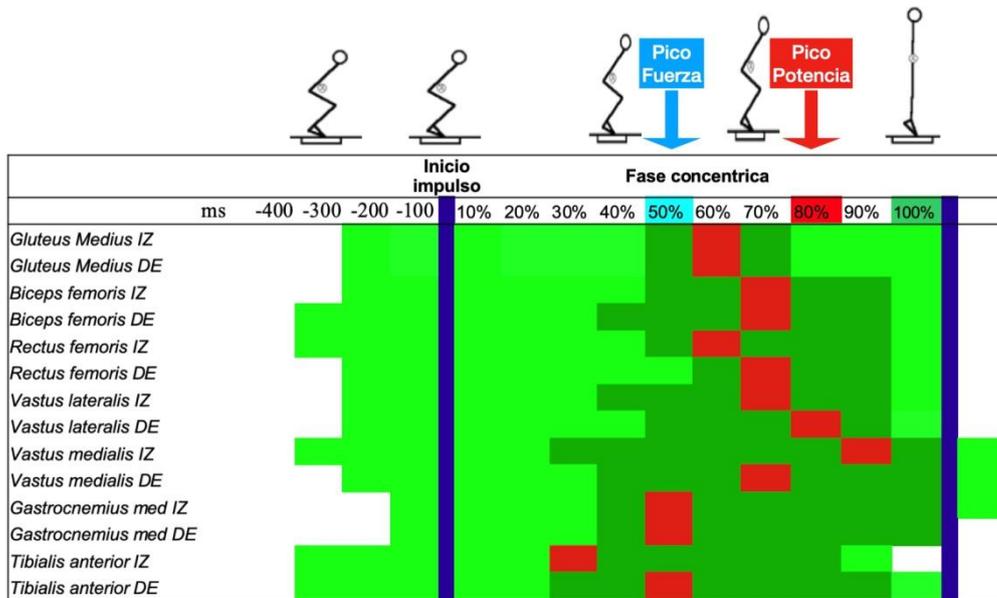


Figura 25: SJ: Nivel de activación en las fases propulsoras del salto. Verde claro: activación baja; Verde oscuro: activación alta; Rojo: pico de activación.

3. DISCUSIÓN

Es necesario comentar que se logró cumplir con los objetivos del proyecto. Se evaluaron coordinación y potencia máxima en jugadores de baloncesto de diferente rol y posición en la cancha. En lo específico, como se expuso en los resultados, se cumplió al medir y analizar la potencia a través de saltos verticales, los patrones de coordinación de análisis cinemáticos, los patrones de activación muscular a través de electromiografía de superficie, y los resultados de sprint y agilidad. A continuación se discutirán los resultados.

3.1. Efecto de la posición de juego.

En general, a nivel individual se encontraron por un lado atletas con resultados de agilidad por encima del promedio general y resultados de RSA y potencia por debajo del promedio. Por otro lado también los casos opuestos. Si bien se ha demostrado que el SJ es la técnica más indicada para medir la potencia de los componentes activos del sistema músculo esquelético (Ferraro y Fábrega, 2017) el CMJ permite evaluar la potencia desarrollada en movimientos similares a los reales en situación de juego.

En ningún caso se encontraron diferencias significativas en relación a la posición de juego. La posición en la que juegan los basquetbolistas no incide en el rendimiento en altura de los saltos. Este resultado queda en acuerdo con lo encontrado en el análisis de 30 jugadoras de Basquetbol femenino (Delextrat & Cohen, 2009). También en el fútbol, Jiménez et al. (2009) no encontraron diferencias significativas en la potencia y altura del salto entre las varias posiciones.

En el test de sprint repetido no se encontraron diferencias significativas, sin embargo el resultado del Ayuda base fue el mejor, del Pívot el peor. Eso también se acuerda con los resultados de Basquetbol femenino (Delextrat & Cohen, 2009). En el fútbol se han encontrado diferencias significativas entre los resultados de RSA de jugadores de diferente posición. Los delanteros tuvieron resultados mejores de los defensores y los medios campistas (Aziz, Mukherjee, Chia y Teh, 2008). La diferente dimensión de la cancha de fútbol, comparada con la de baloncesto, podría ser la razón de tales diferencias.

En el test de agilidad los promedios fueron muy similares entre los varios roles, mientras que en el trabajo citado anteriormente se encontraron diferencias significativas entre Ayuda base (resultado mejor) y Pívot (resultado peor) (Delextrat & Cohen, 2009). Por otra parte hay estudios sobre la fuerza media repetida que indican cómo afecta esta los saltos verticales repetidos en jugadores de basquetbol (Longoria, 2015) nuestro trabajo permite dar cuenta que lo mismo sucede en los jugadores que realizan el tés de R S.A. Ya que como vimos algunos de ellos bajan su rendimiento hasta 3.28%.

3.2. Potencia y altura de los saltos.

En las tablas 8 y 9 mostramos comparaciones entre los resultados presentados en este trabajo y algunos antecedentes. Las alturas de ambos saltos, CMJ y SJ, resultaron ligeramente por debajo, pero comparables con otros jugadores profesionales de baloncesto (Alemdaroglu, 2012). También fueron comparables con resultados de jugadores de futbol (Jiménez, Parra, Pérez y Grande, 2009; Santiago, Granados, Quintela y Yanci, 2015), estudiantes (Acero, Fernández-del-Olmo, González, Jodar y Pérez, 2008; Haj-Sassi et al., 2011). Valores hasta el 50% mayores se encontraron en varios estudios (Carlock et al., 2004; Santos Garcia et al., 2008), incluso con participantes femeninas (Vescovi y McGuigan, 2008), si bien generalmente el rendimiento en altura del salto en mujeres es menor que en hombres (Carlock et al., 2004; McFarland, Dawes, Elder y Lockie, 2016).

Una explicación de la gran variabilidad y discrepancia de resultados que se encuentran en las publicaciones radica en los varios equipamientos y metodologías utilizadas para estimar la altura del salto (Baumgart, Honisch, Freiwald y Wilhelm Hoppe, 2017 ; Buckthorpe, Morris y Folland, 2012; Linthorne, 2001). La mayoría de los trabajos citados emplea básicamente alfombras o plataformas de contacto, que permiten estimar la altura en base al tiempo en el aire (o tiempo de vuelo), cosa que lleva a errores sistemáticos y en general a una sobreestimación de la altura (Linthorne, 2001). La estimación de la altura en base al impulso, medido a través de una plataforma dinamométrica es mucho más precisa (Linthorne, 2001).

Tabla 8

Comparación de altura del salto con antecedentes bibliográficos

Variable	Resultado presente estudio	Resultado estudio de referencia	Muestra de referencia	Referencia bib.	N ¹
CMJ-h (cm)	32.8 ± 4.5	34.9 ± 3.8	Basquetbol prof.	Alemdaroglu 2012	12 M
		34.5 ± 11.9	Futbol semi-prof	Jiménez et al., 2009	21
		35.7 ± 2.9	Futbol cadets	Santiago et al., 2015	17 M
		38.2 ± 5.3	Futbol juveniles		17 M
		58.5 ± 6.5	Futbol College	McFarland et al.,	20 M
		41.8 ± 5.0	Futbol fem.Coll.	2016	16 F
		29.8 ± 3.1	Futbol femenino	Biancardi et al., 2021	6 F
		33.4 ± 4.0	Voley femenino		6 F
		46.0 ± 5.5	Estudiantes	Santos Garcia et al., 2008	16 M
		56,4 ± 4.0	Futbol Elite	Wisloff et al., 2003	17 M
		33.1 ± 4	Estudiantes	Acero et al., 2008	58 M
		34.9 ± 6.8	Estudiantes ISEF	Haj-Sassi et al., 2011	27 M
		46.9 ± 3.8	Elite Beach volley	Riggs and Sheppard, 2009	14 M
		38.6 ± 5.8			16 F
		39.6 ± 4.7	Futbol junior	Vescovi et al., 2008	83 F
		40.9 ± 5.5	Futbol senior		51 F
		40.1 ± 5.6	Lacrosse		79 F
		46.7 ± 5.9	Levantadores de	Carlock et al., 2004	38 M
		33.3 ± 5.6	pesas		26 F
		SJ-h (cm)	30.4 ± 4.8	32.9 ± 3.8	Basquetbol prof.
30.3 ± 10.2	Futbol semi-prof			Jiménez et al., 2009	21
35.3 ± 3.3	Futbol cadets			Santiago et al., 2015	17 M
36.3 ± 4.8	Futbol juveniles				17 M
54.8 ± 6.7	Futbol College			McFarland et al.,	20 M
40.2 ± 4.7	Futbol fem.Coll.			2016	16 F
38.2 ± 4.6	Estudiantes			Santos Garcia et al., 2008	16 M
29.1 ± 5	Estudiantes			Acero et al., 2008	58 M
33.5 ± 5.5	Estudiantes ISEF			Haj-Sassi et al., 2011	27 M
44.5 ± 4.7	Elite Beach volley			Riggs and Sheppard, 2009	14 M
36.1 ± 6.3					16 F
41.2 ± 5.2	Levantadores de			Carlock et al., 2004	38 M
31.4 ± 5.2	pesas				26 F

1. Tamaño de la muestra del artículo de referencia; F=Mujeres; M=Hombres.

La potencia máxima en ambas modalidades de salto resultó comparable con los resultados obtenidos por 160 estudiantes de ciencias del deporte evaluados en España, cuyo rango de edad fue similar a lo de nuestra muestra (Lara, Abián, Alegre, Jiménez, y Aguado, 2006), y también a los resultados de jugadores de fútbol (Jiménez et al., 2009). En el presente estudio, la potencia resultó más alta que en un grupo de jóvenes jugadores de baloncesto de España (Jiménez et al., 2003). Sin embargo, en el caso citado fue empleado un protocolo y equipamiento diferente. También resultó más alto el

pico de potencia a respecto de medidas en jugadoras de basquetbol, voleibol y futbol (Jiménez et al., 2003; Biancardi et al., 2021).

Tabla 9

Comparación de potencia con antecedentes bibliográficos

Variable	Resultado presente estudio	Resultado estudio de referencia	Muestra de referencia	Referencia bib.	N ¹		
CMJ-PPM (W/kg)	49.2 ± 5.8	50.0 ± 5.21	Estudiantes	Lara et al., 2006	161		
		35.4 ± 2.3	Basquetbol	Jiménez et al., 2003	8 M		
		29.6 ± 1.5	Basquetbol femenino	Jiménez et al., 2003	9 F		
		47.5 ± 16.1	Futbol semi-prof	Jiménez et al., 2009	21		
		86.1 ± 5.2	Futbol College	McFarland et al., 2016	20 M		
		53.1 ± 5.0	Futbol fem.Coll.		16 F		
		35.5 ± 4.0	Futbol femenino	Biancardi et al., 2021	6 F		
		36.6 ± 4.1	Voley femenino	Biancardi et al., 2021	6 F		
		28.4 ± 3.5	Elite Beach volley	Riggs and Sheppard, 2009	14 M		
		26.1 ± 8.9			16 F		
		55.1 ± 4.8	Levantadores de pesas	Carlock et al., 2004	38 M		
		45.1 ± 4.8			26 F		
		SJ-PPM (W/kg)	49.9 ± 5.8	45.8 ± 15.6	Futbol semi-prof	Jiménez et al., 2009	21
				62.1 ± 5.0	Futbol College	McFarland et al., 2016	20 M
51.4 ± 4.6	Futbol fem.Coll.			16 F			
29.0 ± 3.0	Elite Beach volley			Riggs and Sheppard, 2009	14 M		
23.9 ± 4.4					16 F		
51.1 ± 4.2	Levantadores de pesas			Carlock et al., 2004	38 M		
42.9 ± 4.5					26 F		

1. Tamaño de la muestra del artículo de referencia; F=Mujeres; M=Hombres.

Hay una discrepancia con los valores reportados por Carlock et al. (2004) y McFarland et al. (2016), como el caso de la altura. Esto se explica también por un

defecto de metodología, porque en estos dos casos el pico de potencia fue estimado a través de ecuaciones predictivas basadas sobre la altura misma del salto (Sayers et al., 1999). Entonces, sobreestimaciones de altura se reflejan directamente en sobreestimaciones de potencia. Además, fue demostrado que las ecuaciones predictivas por sí mismas tienden a sobreestimar la potencia (Biancardi et al., 2021).

3.3. Sprint y agilidad

En el test de sprint repetido (RSA), tenemos una comparación con un trabajo reciente donde se evaluaron, con el mismo protocolo, 16 jugadores de baloncesto de Túnez (Brini, Delextrat y Bouassida, 2021). El mejor tiempo en este antecedente fue de $5,90 \pm 0,10$ s, peor a respecto del $5,73 \pm 0,28$ s, mejor tiempo medido en los jugadores de Pelotaris. Sin embargo, uno de los parámetros más interesantes, la disminución del rendimiento, fue en promedio del $3,03 \pm 1,31\%$, casi 2% mayor a respecto de los 16 jugadores de Túnez ($1,3 \pm 0,5$; Brini et al., 2021) y 0.75% mayor a respecto de una muestra de 10 jugadores de baloncesto junior medidos en temporada ($2,28 \pm 1,04\%$; Caprino et al., 2012). En promedio entonces esta muestra resultó con un buen rendimiento en velocidad de sprint, pero con resistencia a la fatiga durante las repeticiones por debajo de lo esperado.

Como se muestra en tabla 10, en el test de agilidad, los jugadores evaluados en esta investigación resultaron un poco más lentos, comparados a una muestra de 24 jugadores de baloncesto adolescentes de varias ligas australianas (Scanlan et al., 2019): $5,80 \pm 0,34$ s (Pelotaris) vs $5,63 \pm 0,28$ s (Scanlan et al., 2019). Sin embargo, sacando los 12 jugadores más rápidos de la muestra australiana, los resultados quedan comparables: $5,86 \pm 0,14$ s (Scanlan et al., 2019). Considerando que los jugadores de Pelotaris se evaluaron en una temporada (2020) afectada por la pandemia, sin campeonato y con entrenamientos irregulares, se puede considerar un buen resultado. El mismo test T modificado, aplicado a un grupo de 15 jugadoras de balonmano de Túnez resultó con un promedio entre 6,68-7,61 s (Mhenni et al., 2017).

Tabla 10

Comparación de test T modificado con antecedentes bibliográficos

Variable	Resultado presente estudio	Resultado estudio de referencia	Muestra de referencia	Referencia bib.	N ¹
Test T modificado (s)	5.73 ± 0.35	5.63 ± 0.28	Basquetbol	Scanlan et al., 2019	24 M
		5.86 ± 0.14	adolescentes		12 M
		5.03 ± 0.14	Futbol cadetes	Santiago et al., 2015	17 M
		4.99 ± 0.19	Futbol juveniles		17 M
		6.68 – 7.61	Balonmano femenino	Mhenni et al., 2017	15 F

1. Tamaño de la muestra del artículo de referencia; F=Mujeres; M=Hombres.

3.4. Correlaciones

De acuerdo con Vincent (1999), un coeficiente (R) entre 0.5 y 0.7 indica una correlación débil, entre 0.7 y 0.8 moderada, y por encima de 0.8 la correlación es fuerte.

Encontramos una correlación fuerte entre las alturas de los dos saltos, como esperado (Alemdaroglu, 2012). La fuerte correlación entre altura y pico absoluto de potencia (en Watt) es conocida y representa la base teórica de las varias ecuaciones predictivas (Sayers et al., 1999; Duncan et al., 2008). Sin embargo también el pico de potencia por kg se relaciona fuertemente con la altura, según nuestros datos (Tabla 10).

Encontramos una débil, pero significativa, correlación entre resultados de altura y potencia de ambos saltos con los resultados del test de sprint repetido RSA (La correlación es negativa porque el mejor resultado de sprint corresponde a un tiempo menor), y estos resultados se acuerdan con todos los antecedentes encontrados (Tabla 10).

No encontramos correlación entre pruebas de saltos y test T de agilidad, tampoco entre este último y el test de sprint repetido RSA. Este resultado se acuerda con algunos datos de futbolistas (Vescovi y & McGuigan, 2008; McFarland et al., 2016), pero en otros casos se encontró una débil correlación, parecida a la encontrada entre saltos y RSA (Tabla 11).

Haj-Sassi sugiere utilizar un T test modificado y repetido como test de agilidad y potencia anaeróbica (Haj-Sassi et al., 2011). Sin embargo las correlaciones que justifican la propuesta son bajas o moderadas (Tabla 11) (Haj-Sassi et al., 2011). Nuestros resultados y varios datos de referencia muestran como la capacidad de sprint,

agilidad saltos verticales se refieren a habilidades motoras independientes, y deberían ser entonces evaluadas con diferentes pruebas de campo (Vescovi y McGuigan, 2008).

Los saltos verticales son ejercicios rápidos, también llamados explosivos, que se desarrollan en alrededor de un segundo. En este caso la energía necesaria (ATP) es proporcionada por el sistema fosfageno, ATP y fosfocreatina (ATP-FC). Los test de sprint repetido, con una duración superior a 5 segundos, se apoyan más en el sistema glagolítico. La débil correlación entre rendimiento en los saltos y sprint se puede entonces explicar con los diferentes sistemas energéticos empleados (Alemdaroglu, 2012; Kin-Isler, Ariburun, Ozkan, Aytar y Tandogan, 2008).

Tabla 11

Correlaciones entre variables: comparación con antecedentes bibliográficos

Comparación	R actual	R ref.	Muestra	Referencia	Notas
CMJ-h y SJ-h	0.858	0.807	Basquetbol prof.	Alemdaroglu, 2012	
CMJ-PPM y CMJ-h	0.854	0.53	Futbol semi-prof	Jiménez et al., 2009	
SJ-PPM y SJ-h	0.869	0.86	Futbol semi-prof	Jiménez et al., 2009	
		-0.575	Futbol junior		
		-0.788	Futbol senior	Vescovi et al., 2008	Sprint 36 m
		-0.747	Lacrosse		
CMJ-h y RSA-MT	-0.613	-0.619	Basquetbol prof.	Alemdaroglu 2012	Sprint 30 m
		-0.57	Futbol College	McFarland et al., 2016	Sprint 30 m
		-0.67	Futbol fem.Coll.		
		-0.65	Velocistas	Jiménez-Reyes et al.,2011	Sprint 30 m
SJ-h y RSA-MT	-0.473	-0.760	Basquetbol prof.	Alemdaroglu 2012	Sprint 30 m
		-0.55	Futbol College	McFarland et al., 2016	Sprint 30 m
		-0.68	Futbol fem.Coll.		
		-0.358	Futbol junior		
		-0.613	Futbol senior	Vescovi et al., 2008	Pro-agility test
		-0.571	Lacrosse		
CMJ-h y Agilidad	-0.162	-0.30	Futbol College		Pro-agility test
		-0.58	Futbol fem.Coll.	McFarland et al., 2016	
		-0.16	Futbol College		T-test
		-0.76	Futbol fem.Coll.		
		-0.594	Basquetbol prof.	Alemdaroglu 2012	T-test
		-0.67	Estudiantes ISEF	Haj-Sassi et al., 2011	RMAT

Comparacion	R actual	R ref.	Muestra	Referencia	Notas
SJ-h y Agilidad	-0.080	-0.32	Futbol College	McFarland et al., 2016	Pro-agility test
		-0.50	Futbol fem.Coll.		
		-0.23	Futbol College		T-test
		-0.68	Futbol fem.Coll.		
		-0.473	Basquetbol prof.	Alemdaroglu 2012	T-test
		-0.54	Estudiantes ISEF	Haj-Sassi et al., 2011	RMAT
CMJ PPM y RSA-MT	-0.644	-0.45	Futbol College	McFarland et al., 2016	Sprint 30 m
		-0.63	Futbol fem.Coll.		
SJ PPM y RSA-MT	-0.579	-0.48	Futbol College	McFarland et al., 2016	Sprint 30 m
		-0.65	Futbol fem.Coll.		
CMJ PPM y Agilidad	- 0.004	-0.45	Futbol College	McFarland et al., 2016	Pro-agility test
		-0.60	Futbol fem.Coll.		
		-0.25	Futbol College		T-test
		-0.79	Futbol fem.Coll.		
		-0.510	Estudiantes ISEF	Haj-Sassi et al., 2011	Wingate
SJ PPM y Agilidad	- 0.051	-0.48	Futbol College	McFarland et al., 2016	Pro-agility test
		-0.53	Futbol fem.Coll.		
		-0.34	Futbol College		T-test
		-0.72	Futbol fem.Coll.		
		-0.510	Estudiantes ISEF	Haj-Sassi et al., 2011	Wingate
RSA-MT y Agilidad	0.155	0.505	Basquetbol prof.	Alemdaroglu 2012	30m / T-test

3.5. Cinemática.

En el análisis de la duración de las etapas del salto no se encontraron diferencias significativas en relación al rendimiento. Estos resultados, así como las duraciones mismas de las fases excéntrica y concéntrica están de acuerdo con varios antecedentes (Knudson, Bennett, Corn, Leick y Smith, 2001; Vaverka et al., 2013).

Los saltos de tipo CMJ resultaron ejecutados con una significativa mayor flexión de las tres articulaciones (cadera, rodilla y tobillo) (Fig. 17). Sin embargo, los saltos CMJ con mayor flexión resultaron asociados a un menor rendimiento en altura y potencia (Fig. 18). Una relación entre la profundidad del contramovimiento y el rendimiento de los saltos fue mencionada en otros trabajos (Gutiérrez-Dávila, Girela, Ropero, Román y Ruiz, 2015; Markovic, Mirkov, Nedeljkovic y Jaric, 2014). En el SJ,

empezando ya desde una posición de sentadilla, los ángulos de flexión resultaron con una menor variabilidad.

El rendimiento en potencia de un salto depende directamente de la relación fuerza-velocidad a lo largo de la fase concéntrica o de impulso. Los resultados de esta investigación muestran pocas diferencias en la ubicación de los picos de potencia y de velocidad, mientras que la posición del pico de fuerza es más variable, especialmente en el CMJ. Sugieren entonces un efecto del patrón de desarrollo de fuerza en la determinación del rendimiento en potencia del salto.

3.6. Actividad de los músculos.

Los valores ajustados de RMS pueden dar una indicación de la intensidad de la contracción de los diferentes músculos. En ambos saltos se encontraron altos niveles de activación de los músculos del cuádriceps, con diferencias significativas en las comparaciones con otros músculos (Figuras 21 y 23, tablas 6 y 7). En particular Vasto medial y lateral, que son responsables para la generación de potencia durante la extensión rápida de la rodilla (Gregoire, Veeger, Huijing y van Ingen Schenau, 1984; Prior et al., 2001; Van Ingen Schenau et al., 1995). En el salto CMJ también los glúteos medios muestran altos valores de RMS, supuestamente debido a su papel de estabilizador y extensor de la cadera (Comyns, Kenny y Scales, 2015).

Casi todos los picos de activación de los músculos (fig. 22 y 24) se encuentran entre el pico de fuerza y el pico de potencia. Este comportamiento se explica pensando la relación fuerza velocidad en el músculo esquelético: al inicio de la fase concéntrica la velocidad es baja y los músculos trabajan en condiciones casi-isométricas. Entonces pueden producir una gran fuerza sin reclutar todas las fibras. Con el aumento de la velocidad, los músculos tienen que ir reclutando más y más fibras para mantener el desarrollo de fuerza. Llega un punto que la fuerza empieza a bajar (después de su pico), pero la activación sigue creciendo, así como velocidad y potencia.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Se logró cumplir con los objetivos del trabajo, evaluando los atletas en un periodo especial a nivel mundial ya que nos vimos en plena pandemia de Covid- 19, obligándonos a utilizar específicos protocolos sanitarios.

Los resultados de potencia, altura, sprint y agilidad se colocaron en un rango comparable con resultados de jugadores de baloncesto de la misma categoría. La comparación con resultados obtenidos con métodos menos confiables, donde incluso se pueden multiplicar errores sistemáticos, destacan la importancia de abordar la investigación con metodologías estándar y rigor científico.

Se ha encontrado, a diferencia de otras investigaciones, una total independencia de los resultados de potencia y sprint con los resultados de agilidad. Supuestamente un atleta de elite puede obtener buenos resultados en ambas pruebas debido a su nivel de entrenamiento, Sin embargo se trataría de capacidades diferentes, que necesitan diferentes plan de desarrollo y entrenamiento.

Se ha descrito la cadena de eventos y los tiempos óptimos para la ejecución de un buen salto, incluyendo y relacionando picos de fuerza y potencia, picos de velocidad angular de las articulaciones, picos de activación de los músculos.

Se destacan entonces algunos elementos de novedad en la evaluación deportiva en Uruguay: la posibilidad de utilizar un laboratorio equipado con tecnología de última generación ha permitido cumplir con los objetivos del proyecto y obtener datos confiables y aplicables en la práctica de entrenamiento.

Entre los aspectos novedosos, se destaca la amplitud del proyecto, donde se han analizado datos dinámicos (plataforma dinamométrica), cinemáticos (sistema de captura y análisis del movimiento) y electromiográficos (activación muscular). Los resultados obtenidos pueden aportar herramientas y ser referencias para futuros trabajos relacionados al salto en deportes colectivos e individuales.

Los resultados abren preguntas que merecen profundización en una línea específica de investigación. Por ejemplo la relación con evaluaciones del gesto técnico específico del básquetbol como lo son el salto, el tiro, el pase y los rebotes,

fundamentos imprescindibles del mismo. En el mismo sentido tener muy presente el principio de densidad de la carga ya que las pausas entre trabajos que involucren saltos y sprint son determinantes en el rendimiento.

Sería interesante seguir investigando, ampliando y diversificando la muestra, para obtener datos representativos a nivel nacional del basquetbol amateur.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acero, R. M., Fernández-del-Olmo, M., González, O. V., Jodar, X. A., & Pérez, F. J. V. (2008). DSJ (salto vertical sem contra-movimento a partir de flexão de joelhos acima de 120°) e corrida de velocidade de 30m a partir do repouso. *Fitness & performance journal*, (5), 319-325.
- Alemdaroğlu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of human kinetics*, 31, 149.
<https://dx.doi.org/10.2478%2Fv10078-012-0016-6>
- Ancillao, A., Galli, M., Rigoldi, C., & Albertini, G. (2014). Linear correlation between fractal dimension of surface EMG signal from Rectus Femoris and height of vertical jump. *Chaos, Solitons & Fractals*, 66, 120-126.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y. H., & Teh, K. C. (2008). Validity of the running repeated sprint ability test among playing positions and level of competitiveness in trained soccer players. *International journal of sports medicine*, 29(10), 833-838. DOI: 10.1055/s-2008-1038410
- Baena, A. C. M., Chillón, P., Martín-Matillas, M., López, I. P., Castillo, R., Zapatera, B., Rodríguez, G.V., Casajús, J.A., Granda, L.Á., Cerezo, C.R. & Tercedor, P. (2012). Motivos de abandono y no práctica de actividad físicodeportiva. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(1).
- Baumgart, C., Honisch, F., Freiwald, J., & Wilhelm Hoppe, M. (2017). Differences and trial-to-trial reliability of vertical jump heights assessed by ultrasonic system, force-plate, and high-speed video analyses. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(4).
- Biancardi, C.M., Arias, J, Irigoite, S, Giannechini, G., Pequera, G. (2021). Evaluación del Pico de Potencia Máxima en Deportistas: Comparacion de Metodos. *Revista Universitaria de la Educacion Fisica y el Deporte*, 14(1).
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability—Part II. *Sports medicine*, 41(9), 741-756.
- Bosco C. (1983). A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *Eur J Appl Physiol*. 50:273-282
- Brini, S., Delextrat, A., & Bouassida, A. (2021). Variation in Lower Limb Power and Three Point Shot Performance Following Repeated Sprints: One vs. Five Changes of Direction in Male Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 77, 169.
- Buckthorpe, M., Morris, J., & Folland, J. P. (2012). Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of sports sciences*, 30(1), 63-69.

- Buško, K., Michalski, R., Mazur, J., & Gajewski, J. (2012). Jumping abilities in elite female volleyball players: Comparative analysis among age categories.
- Canavan, P. K., & Vescovi, J. D. (2004). Evaluation of power prediction equations: peak vertical jumping power in women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1589-1593.
- Caprino, D., Clarke, N. D., & Delextrat, A. (2012). The effect of an official match on repeated sprint ability in junior basketball players. *Journal of sports sciences*, 30(11), 1165-1173.
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. T., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., ... & Stone, M. H. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 534-539.
- Castagna, C., Lorenzo, F., Krustup, P., Fernandes-da-Silva, J., Póvoas, S. C., Bernardini, A., & D'Ottavio, S. (2018). Reliability characteristics and applicability of a repeated sprint ability test in young male soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(6), 1538-1544.
- Cavagna, G. A. (1975). Force platforms as ergometers. *Journal of applied physiology*, 39(1), 174-179.
- Chowdhury, R. H., Reaz, M. B., Ali, M. A. B. M., Bakar, A. A., Chellappan, K., & Chang, T. G. (2013). Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors*, 13(9), 12431-12466.
- Comyns, T., Kenny, I., & Scales, G. (2015). Effects of a low-load gluteal warm-up on explosive jump performance. *Journal of human kinetics*, 46, 177.
- Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas. (1993). Pautas éticas internacionales para la investigación y experimentación biomédica en seres humanos. Instituto Chileno de Medicina Reproductiva. Recuperado de http://www.bioetica.uchile.cl/doc/exper_2.htm.
- Delextrat, A., & Cohen, D. (2009). Strength, power, speed, and agility of women basketball players according to playing position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1974–1981.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b86a7e>
- Di Prampero, P. E. (2015). *La locomozione umana su terra, in acqua, in aria*. Edi-Ermes, Milano, 212 pp.
- Duncan, M. J., Lyons, M., & Nevill, A. M. (2008). Evaluation of peak power prediction equations in male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1379-1381.

- Elizondo, J. H. (2003). Relación entre diferentes pruebas de campo: fuerza, potencia y velocidad. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 3(1), 1-10.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160.
- Ferraro, D., & Fábrega, G. (2017). Differences in the utilisation of active power in squat and countermovement jumps. *European journal of sport science*, 17(6), 673-680.
- García López, J., Peleteiro, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., & Villa, J. G. (2003). Validación biomecánica de un método para estimar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 20(93), 28-34.
- González Cruz, C., Bregains, F., & Braidot, A. (2008). Análisis cinemático del salto en pacientes sin patologías en extremidades inferiores. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(3), 33-39.
- Gregoire, L., Veeger, H. E., Huijing, P. A., & van Ingen Schenau, G. J. (1984). Role of mono-and biarticular muscles in explosive movements. *International journal of sports medicine*, 5(06), 301-305.
- Grgantov, Z., Milić, M., & Katić, R. (2013). Identification of explosive power factors as predictors of player quality in young female volleyball players. *Collegium antropologicum*, 37(2), 61-68.
- Gutiérrez-Dávila, M., Girela, F. J. G., Ropero, C. G., Román, D. J. G., & Ruiz, F. J. R. (2015). Efecte de la intensitat del contramoviment sobre el rendiment del salt vertical. *Apunts. Educació física i esports*, 1(119), 87-96.
- Haj-Sassi, R., Dardouri, W., Gharbi, Z., Chaouachi, A., Mansour, H., Rabhi, A., & Mahfoudhi, M. E. (2011). Reliability and validity of a new repeated agility test as a measure of anaerobic and explosive power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 472-480.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182018186>
- Hall, J.E. (2011). *Guyton & Hall: Tratado de Fisiología Médica*. 12 a edicion. España: S.A. Elsevier España.
- Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., Rosenstein, R. M., & Kraemer, W. J. (1991). Estimation of human power output from vertical jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 5(3), 116-120.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST-Palaeontological statistics. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 1-9.
- Hay, J. G. (1988). Approach strategies in the long jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 4(2), 114-129.

- Hermens, H. J., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Rau, G., ... & Hägg, G. (1999). European recommendations for surface electromyography. *Roessingh research and development*, 8(2), 13-54.
- Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los movimientos deportivos: Delegación nacional de educación física y deportes*. Instituto nacional de educación física.
- Jiménez, A. V., Marroyo, J. A. R., López, J. G., Vicente, J. G. V., Ordás, C. Á., & Rábago, J. C. M. (2003). La potencia anaeróbica en el baloncesto. *Lecturas: educación física y deportes: revista digital*. Buenos Aires, 9(66), 719-730.
- Jiménez, R., Parra, G., Pérez, D., & Grande, I. (2009). Valoración de la potencia de salto en jugadores semiprofesionales de fútbol y comparación de resultados por puestos.
- Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & González-Badillo, J. J. (2011). Análisis de variables medidas en salto vertical relacionadas con el rendimiento deportivo y su aplicación al entrenamiento. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(17), 113-119.
- Jódar, X. A. (1999). Evaluación de la fuerza explosiva de extensión de miembros inferiores mediante plataformas de fuerza Dinascan® 600M. *Revista de biomecánica*, (23), 27-30.
- Johnson, D. L., & Bahamonde, R. (1996). Power output estimate in university athletes. *Journal of strength and Conditioning Research*, 10, 161-166.
- Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675-684.
- Kibele, A. (1998). Possibilities and limitations in the biomechanical analysis of countermovement jumps: A methodological study. *Journal of Applied Biomechanics*, 14(1), 105-117.
- Kin-Isler, A., Ariburun, B., Ozkan, A., Aytar, A., & Tandogan, R. (2008). The relationship between anaerobic performance, muscle strength and sprint ability in American football players. *Isokinetics and Exercise Science*, 16(2), 87-92. DOI: 10.3233/IES-2008-0301
- Knudson, D., Bennett, K., Corn, R. O. D., Leick, D., & Smith, C. (2001). Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 98-101.
- Lara, A. J., Abián, J., Alegre, L. M., Jiménez, L., & Aguado, X. (2006). Assessment of power output in jump tests for applicants to a sports sciences degree. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(3), 419-424. Retrieved from <https://europepmc.org/article/med/16998446>
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204.

- López Gallego, F. J., Lara Sánchez, A. J., Espejo Vacas, N., & Cachón Zagalaz, J. (2015). Evaluación de la fuerza explosiva de extensión de las extremidades inferiores en escolares. *Apunts: Educació Física i Esports*, (122).
- Markovic, S., Mirkov, D. M., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. (2014). Body size and countermovement depth confound relationship between muscle power output and jumping performance. *Human Movement Science*, 33(1), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.11.004>
- McFarland, I. T., Dawes, J. J., Elder, C. L., & Lockie, R. G. (2016). Relationship of two vertical jumping tests to sprint and change of direction speed among male and female collegiate soccer players. *Sports*, 4(1), 11.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of sports sciences*, 13(5), 387-397.
- Merlo, E., Pozzo, M., Antonutto, G., di Prampero, P. E., Merletti, R., & Farina, D. (2005). Time–frequency analysis and estimation of muscle fiber conduction velocity from surface EMG signals during explosive dynamic contractions. *Journal of Neuroscience Methods*, 142(2), 267-274.
- Mhenni, T., Michalsik, L. B., Mejri, M. A., Yousfi, N., Chaouachi, A., Souissi, N., & Chamari, K. (2017). Morning–evening difference of team-handball-related short-term maximal physical performances in female team handball players. *Journal of sports sciences*, 35(9), 912-920.
- Minetti, A.E., Ardigò, L.P. & Saibene, F. (1994). Mechanical determinants of the minimum energy cost of gradient running in humans. *J Exp Biol* 195, 211-225.
- Moir, G. L. (2008). Three different methods of calculating vertical jump height from force platform data in men and women. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 12(4), 207-218.
- Moteno J., Cerezo C., Guerrero J. (2010). Motivos de abandono de la práctica de actividad físico- deportiva en estudiantes de bachillerato de la provincia de Granada. *Reista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* (Vol. 353, pp. 495-519): CV Ciencias del Deporte. RedIRis
- Pequera, G., Fábrega, G., Bonezi, A., & Pérez, N. (2014). Frequency Domain Methodology to Analyze Muscle Activation Sequences during Explosive Movements. In *Biomedical Engineering Conference University of Concepcion, Chile*.
- Pereira, R., Machado, M., Miragaya dos Santos, M., Pereira, L. N., & Sampaio-Jorge, F. (2008). Muscle activation sequence compromises vertical jump performance. *Serb J Sports Sci*, 2(3), 85-90.

- Picabea, J. M., & Yanci, J. (2015). Diferencias entre jugadores de fútbol, baloncesto y tenis de mesa en la capacidad de salto vertical y horizontal. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 4(2).
- Prior, B. M., Jayaraman, R. C., Reid, R. W., Cooper, T. G., Foley, J. M., Dudley, G. A., & Meyer, R. A. (2001). Biarticular and monoarticular muscle activation and injury in human quadriceps muscle. *European journal of applied physiology*, 85(1), 185-190.
- Rejc, E., Di Prampero, P. E., Lazzer, S., Grassi, B., Simunic, B., Pisot, R., ... & Narici, M. (2015). Maximal explosive power of the lower limbs before and after 35 days of bed rest under different diet energy intake. *European journal of applied physiology*, 115(2), 429-436.
- Riggs, M. P., & Sheppard, J. M. (2009). The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump. *Journal of human sport and exercise*, 4(III), 221-236.
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of biomechanics*, 41(14), 2940-2945.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Santiago, A., Granados, C., Quintela, K., & Yanci, J. (2015). Diferencias entre jugadores de fútbol de distintas edades en la capacidad de aceleración, cambio de dirección y salto. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 10(29), 135-143.
- Santos-García, D. J., Valdivielso, F. N., Rubio, R. M. A., Ravé, J. M. G., Blázquez, A. A., & Fernández-Arroyo, V. M. (2008). Relación entre la fuerza máxima en squat y acciones de salto, sprint y golpeo de balón. (Relationship among maximal strength in squat exercise, jump, sprint and kicking ball performance). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 4(10), 1-12.
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1644-1651.
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(4), 572-577. PMID: 10211854
- Scanlan, A. T., Wen, N., Pyne, D. B., Stojanović, E., Milanović, Z., Conte, D., ... & Dalbo, V. J. (2019). Power-Related Determinants of Modified Agility T-test Performance in Male Adolescent Basketball Players. *Journal of strength and conditioning research*.

- Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E., & Tziortzis, S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 447.
- Tomioka, M., Owings, T. M., & Grabiner, M. D. (2001). Lower extremity strength and coordination are independent contributors to maximum vertical jump height. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(3), 181-187.
- Valero, H. D., & Suárez Muñoz, J. M. (2017). Análisis de la evaluación de potencia en tren inferior: Una revisión sistemática.
- van Ingen Schenau, G. J., Dorssers, W. M., Welter, T. G., Beelen, A., De Groot, G., & Jacobs, R. (1995). The control of mono-articular muscles in multijoint leg extensions in man. *The Journal of physiology*, 484(1), 247-254.
- Vaverka, F., Jakubsova, Z., Jandacka, D., Zahradnik, D., Farana, R., Uchytíl, J., ... & Vodíček, J. (2013). The influence of an additional load on time and force changes in the ground reaction force during the countermovement vertical jump. *Journal of human kinetics*, 38, 191.
- Verma, B., & Lane, C. (2000). Vertical jump height prediction using EMG characteristics and neural networks. *Cognitive Systems Research*, 1(3), 135-141.
- Vescovi, J. D., & McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97-107. <https://doi.org/10.1080/02640410701348644>
- Vincent, W. J. (1999). *Statistics in kinesiology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Winter DA. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement*. 3^a ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005. 277p.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(3), 285-288.
- Wulf, G., Dufek, J. S., Lozano, L., & Pettigrew, C. (2010). Increased jump height and reduced EMG activity with an external focus. *Human movement science*, 29(3), 440-448.

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 16 años

Altura: 1.83 cm Peso: 70.2

Salto verticales con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 28.71 cm
 Comp. media equipo...: -12.71% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 27.421 cm
 Comp. media equipo...: -9.69% a respecto del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3031.91 W / 43.2 W/kg
 Comp. media equipo...: -9.89% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 41.54 W/kg
 Comp. media equipo...: -9.14% a respecto del promedio del equipo

Salto verticales tipo “squat” SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 25.02 cm
 Comp. media equipo...: -29.68% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 23.0925 cm
 Comp. media equipo...: -23.39% a respecto del promedio del
equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 2921.97 W / 41.63 W/kg
 Comp. media equipo...: -21.76% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 40.01 W/kg
 Comp. media equipo...: -18.56% a respecto del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: 5.759 s
 Comp. media equipo.....: 0.050 a respecto del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: 3.9%
 Comp. media equipo.....: 0.796% a respecto del promedio del equipo

Test de agilidad “T” modificado:

 Mejor resultado.....: 5.423 s
 Comp. media equipo.....: -0.377 mejor del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 16 años

Altura: 1.78 cm Peso: 66.3

Saltos verticales con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 33.25 cm
 Comp. media equipo...: 1.09% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos.....: 31.848 cm
 Comp. media equipo...: 4.89% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3071.37 W / 46.3 W/kg
 Comp. media equipo...: -3.42% **a respecto del promedio del equipo**
 Promedio 10 saltos.....: 45.15 W/kg
 Comp. media equipo...: -1.24% **a respecto del promedio del equipo**

Saltos verticales tipo “squat” SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 38.3 cm
 Comp. media equipo...: 7.64% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos.....: 32.076 cm
 Comp. media equipo...: 6.42% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3807.37 W / 57.39 W/kg
 Comp. media equipo...: 7.86% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos.....: 53.49 W/kg
 Comp. media equipo...: 8.89% mejor del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: 5.694 s
 Comp. media equipo.....: -0.015 mejor del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: 2.07%
 Comp. media equipo.....: -1.034% mejor del promedio del equipo

Test de agilidad “T” modificado:

 Mejor resultado.....: 6.438 s
 Comp. media equipo.....: 0.638 **a respecto del promedio del equipo**

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 18 años

Altura: 1.84 cm Peso: 74.5

Salto vertical con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 33.35 cm
Comp. media equipo...: 1.40% mejor del promedio del equipo
Promedio 10 saltos.....: 31.624 cm
Comp. media equipo...: 4.15% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3662.35 W / 49.16 W/kg
Comp. media equipo...: 2.54% mejor del promedio del equipo
Promedio 10 saltos.....: 48.25 W/kg
Comp. media equipo...: 5.54% mejor del promedio del equipo

Salto vertical tipo "squat" SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 35.15 cm
Comp. media equipo...: -1.21% a respecto del promedio del equipo
Promedio 10 saltos.....: 28.92888889 cm
Comp. media equipo...: -4.02% a respecto del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 4168.22 W / 55.95 W/kg
Comp. media equipo...: 5.15% mejor del promedio del equipo
Promedio 10 saltos.....: 50.90 W/kg
Comp. media equipo...: 3.63% mejor del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

Mejor resultado.....: 5.419 s
Comp. media equipo.....: -0.290 mejor del promedio del equipo
Disminución de rendimiento.....: 4.09%
Comp. media equipo.....: 0.986% **a respecto del promedio del equipo**

Test de agilidad "T" modificado:

Mejor resultado.....: 5.5 s
Comp. media equipo.....: -0.300 mejor del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 16 años

Altura: 1.79 cm Peso: 59.0

Saltos verticales con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 38.36 cm
 Comp. media equipo...: 16.63% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos.....: 34.773 cm
 Comp. media equipo...: 14.52% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3116.53 W / 52.79 W/kg
 Comp. media equipo...: 10.12% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos.....: 50.10 W/kg
 Comp. media equipo...: 9.59% mejor del promedio del equipo

Saltos verticales tipo “squat” SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 40.56 cm
 Comp. media equipo...: 14.00% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos.....: 31.948 cm
 Comp. media equipo...: 5.99% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3761.46 W / 63.72 W/kg
 Comp. media equipo...: 19.75% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos.....: 55.99 W/kg
 Comp. media equipo...: 13.99% mejor del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: s
 Comp. media equipo.....: mejor del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: %
 Comp. media equipo.....: % mejor del promedio del equipo

Test de agilidad “T” modificado:

 Mejor resultado.....: s
 Comp. media equipo.....: mejor del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 21 años

Altura: 1.8 cm Peso: 74.4

Saltos verticales con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 37.36 cm
 Comp. media equipo...: 13.59% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 35.463 cm
 Comp. media equipo...: 16.79% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3688.57 W / 49.61 W/kg
 Comp. media equipo...: 3.48% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 48.48 W/kg
 Comp. media equipo...: 6.05% mejor del promedio del equipo

Saltos verticales tipo "squat" SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 47.51 cm
 Comp. media equipo...: 33.53% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 40.922 cm
 Comp. media equipo...: 35.77% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 4508.58 W / 60.64 W/kg
 Comp. media equipo...: 13.96% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 56.30 W/kg
 Comp. media equipo...: 14.62% mejor del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: 5.635 s
 Comp. media equipo.....: -0.074 mejor del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: 2.84%
 Comp. media equipo.....: -0.264% mejor del promedio del equipo

Test de agilidad "T" modificado:

 Mejor resultado.....: 5.248 s
 Comp. media equipo.....: -0.552 mejor del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 25 años

Altura: 1.9 cm Peso: 115.9

Salto vertical con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 30.27 cm
 Comp. media equipo...: -7.97% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 27.173 cm
 Comp. media equipo...: -10.51% a respecto del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 4757.68 W / 41.05 W/kg
 Comp. media equipo...: -14.37% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 39.07 W/kg
 Comp. media equipo...: -14.53% a respecto del promedio del equipo

Salto vertical tipo "squat" SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 32.13 cm
 Comp. media equipo...: -9.70% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 27.386 cm
 Comp. media equipo...: -9.14% a respecto del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 5191.65 W / 44.79 W/kg
 Comp. media equipo...: -15.82% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 42.08 W/kg
 Comp. media equipo...: -14.33% a respecto del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: 6.152 s
 Comp. media equipo...: 0.443 a respecto del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: 5.02%
 Comp. media equipo...: 1.916% a respecto del promedio del equipo

Test de agilidad "T" modificado:

 Mejor resultado.....: 5.668 s
 Comp. media equipo...: -0.132 mejor del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 22 años

Altura: 1.96 cm Peso: 87.4

Saltos verticales con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 37.16 cm
 Comp. media equipo...: 12.98% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 33.727 cm
 Comp. media equipo...: 11.07% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 4681.69 W / 53.55 W/kg
 Comp. media equipo...: 11.70% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 51.07 W/kg
 Comp. media equipo...: 11.71% mejor del promedio del equipo

Saltos verticales tipo “squat” SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 44.34 cm
 Comp. media equipo...: 24.62% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 40.002 cm
 Comp. media equipo...: 32.72% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 5109.41 W / 58.44 W/kg
 Comp. media equipo...: 9.83% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 56.20 W/kg
 Comp. media equipo...: 14.41% mejor del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: 5.5 s
 Comp. media equipo.....: -0.209 mejor del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: 3.28%
 Comp. media equipo.....: 0.176% **a respecto del promedio del equipo**

Test de agilidad “T” modificado:

 Mejor resultado.....: 5.668 s
 Comp. media equipo.....: -0.132 mejor del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 24 años

Altura: 1.81 cm Peso: 77.7

Saltos verticales con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 29.33 cm
 Comp. media equipo...: -10.82% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 28.103 cm
 Comp. media equipo...: -7.45% a respecto del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3580.46 W / 46.08 W/kg
 Comp. media equipo...: -3.88% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 44.74 W/kg
 Comp. media equipo...: -2.13% a respecto del promedio del equipo

Saltos verticales tipo “squat” SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 34.28 cm
 Comp. media equipo...: -3.65% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 28.689 cm
 Comp. media equipo...: -4.82% a respecto del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3981.09 W / 51.24 W/kg
 Comp. media equipo...: -3.70% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 46.61 W/kg
 Comp. media equipo...: -5.12% a respecto del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: 5.498 s
 Comp. media equipo.....: -0.211 mejor del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: 6.45%
 Comp. media equipo.....: 3.346% a respecto del promedio del equipo

Test de agilidad “T” modificado:

 Mejor resultado.....: 6.079 s
 Comp. media equipo.....: 0.279 a respecto del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Periodo de evaluación: Noviembre 2020

Nombre: Edad: 17 años

Altura: 1.81 cm Peso: 68.3

Salto vertical con contramovimiento CMJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 39.16 cm
 Comp. media equipo...: 19.06% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 30.949 cm
 Comp. media equipo...: 1.93% mejor del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3585.78 W / 52.49 W/kg
 Comp. media equipo...: 9.49% mejor del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 46.49 W/kg
 Comp. media equipo...: 1.68% mejor del promedio del equipo

Salto vertical tipo "squat" SJ:

Altura del salto: Mejor resultado.....: 33.81 cm
 Comp. media equipo...: -4.97% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 28.95 cm
 Comp. media equipo...: -3.95% a respecto del promedio del equipo

Pico de potencia: Mejor resultado.....: 3458.48 W / 50.63 W/kg
 Comp. media equipo...: -4.85% a respecto del promedio del equipo
 Promedio 10 saltos....: 46.54 W/kg
 Comp. media equipo...: -5.25% a respecto del promedio del equipo

Test de esprint repetido RSA 15+15m * 10:

 Mejor resultado.....: 5.35 s
 Comp. media equipo.....: -0.359 mejor del promedio del equipo
 Disminución de rendimiento.....: 1.43%
 Comp. media equipo.....: -1.674% mejor del promedio del equipo

Test de agilidad "T" modificado:

 Mejor resultado.....: 5.486 s
 Comp. media equipo.....: -0.314 mejor del promedio del equipo

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

Notas:

Evaluador: R. Chumino

LIBiAM – Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento – Paysandú

