



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Universidad de la República
Instituto Superior de Educación Física
Licenciatura en Educación Física
Tesina

**Déficit bilateral de miembros inferiores en jugadores de voleibol playa
en superficie rígida y arena**

Autores: Nicolás BERTRÁN

Luciana CASTRO

Lucas DE LEÓN

Gonzalo LEÓN

Lucas OLIVERA

Profesor tutor: Andrés GONZÁLEZ

Rendimiento deportivo y entrenamiento

Maldonado, viernes 16 de diciembre de 2022.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta tesina expresan el reconocimiento formal y profundo agradecimiento a la Federación Uruguaya de Voleibol (FUV) por su colaboración y participación activa para la realización de las evaluaciones necesarias; a Javier García Alonzo por su apoyo y conocimiento en el estudio granulométrico de la arena y en mención especial al Licenciado en Fisioterapia Santiago Pagola por participación y compromiso a la hora de la recolección de datos.

Cada momento compartido fue único, desde el comienzo se pactó lograr una meta conjunta y así fue, siempre unidos. Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a la voluntad y dedicación de todos, hemos logrado en conjunto al Dr. Andrés González, profesor, tutor y guía de todo el proceso académico, culminar el desarrollo de esta tesis de grado.

ÍNDICE	
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. MARCO TEÓRICO	10
2. 1. Voleibol playa	10
2. 2. Superficies	11
2. 3. Déficit bilateral	12
2. 4. Saltabilidad y salto: aspectos mecánicos del salto	18
3. RESEÑA METODOLÓGICA	25
3. 1. Sujetos de investigación. Características de la selección de la muestra	26
3. 2. Instrumentos y herramientas de medición	27
3. 3. Procedimiento metodológico	30
3. 4. Pasos preliminares y estudios pilotos	34
3. 5. Tratamiento de datos	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4. 1. Predominancia de facilitación bilateral sobre déficit bilateral	38
4. 2. Índice bilateral en función de la superficie	40
4. 3. Saltos en arena y superficie rígida	42
4. 4. Discusión sobre aspectos metodológico en la evaluación de los saltos	44
5. LIMITACIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS	46
6. CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice bilateral de todos los estudios que utilizaron un modelo de contracción dinámica (Total) en comparación con los movimientos corporales superiores (Upper) e inferiores (Lower), Škarabot et al., (2016).	15
Figura 2. Representación esquemática del modelo musculo esquelético para el salto vertical. Los símbolos que aparecen en el diagrama son: sóleo (SOL), gastrocnemios (GAS), otros flexores plantares (OPF), tibial anterior (TA), vastos (VAS), recto femoral (RF), isquiotibiales (HAMS) y glúteo mayor (GMAX), (Pandy et al., 1990).	21
Figura 3. Momento previo a la ejecución del salto. Posición estática a 90° de flexión de rodillas, tronco erguido y manos a la cintura.	28
Figura 4. Momento previo al inicio de la evaluación. Acondicionamiento del arenero y medición para colocación del trípode a una distancia de 150 cm.	29
Figura 5. Momento previo al inicio de la evaluación. Aplanado de la superficie sobre el arenero en playa Pocitos, Montevideo, Uruguay.	30
Figura 6. Calentamiento previo a la evaluación de los saltos.	32
Figura 7. Porcentaje del IBL en arena y SR.	39
Figura 8. Manifestación del IBL en superficie de arena y superficie rígida.	41
Figura 9. Manifestación del IBL de la muestra masculina.	41
Figura 10. Manifestación del IBL de la muestra femenina.	42
Figura 11. Comportamiento en el salto bilateral en arena y superficie rígida.	43
Figura 12. Comportamiento de saltos unilaterales de pierna dominante y pierna no dominante en arena y superficie rígida.	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales características diferenciadoras de los distintos tipos metabólicos de fibras musculares.	17
Tabla 2. Datos descriptivos del total de la muestra.	26
Tabla 3. Resultados del IBL en arena y superficie rígida.	38
Tabla 4. Datos Personales de los autores.	60
Tabla 5. Información requerida para el proyecto de investigación “Déficit bilateral en miembros inferiores en jugadores de voleibol playa en superficie rígida y arena”.	63
Tabla 6. Cuestionario.	64
Tabla 7. Datos solicitados para la aplicación "My Jump 2".	64
Tabla 8. Datos sobre las condiciones de la evaluación.	65
Tabla 9. Ejemplo de recolección de datos de las condiciones de la evaluación.	66
Tabla 10. Ejemplo datos de los participantes.	66
Tabla 11. Ejemplo 1: tabla de datos de los saltos.	66
Tabla 12. Ejemplo 2: tabla de datos de los saltos.	67
Tabla 13. Orden de los saltos.	67
Tabla 14. Cantidad de saltos bilaterales y unilaterales por entrenamiento.	68
Tabla 15. Registro fotográfico.	70

ABREVIATURAS DE REFERENCIAS

1. **CE** - Consumo energético.
2. **CES** - Componentes elásticos en serie.
3. **CEP** - Componentes elásticos en paralelo.
4. **cm** - Centímetros.
5. **CMJ** - Salto con contramovimiento.
6. **DBL** - Déficit bilateral.
7. **EAM** - Estado de activación muscular.
8. **FBL** - Facilitación bilateral.
9. **FIVB** - Federación internacional de voleibol.
10. **GAS** - Gastrocnemios.
11. **GMAX** - Glúteo mayor.
12. **IBL** - Índice bilateral.
13. **IS** - Isquiotibiales.
14. **kg** - Kilogramos.
15. **MMII** - Miembros inferiores.
16. **MMSS** - Miembros superiores.
17. **OFP** - Otros flexores plantares.
18. **RF** - Recto femoral.
19. **SBL** - Salto bilateral.
20. **SJ** - Squat jump.
21. **SOL** - Sóleo.
22. **SUL** - Salto unilateral.
23. **SR** - Superficie rígida.
24. **SV** - Salto vertical.
25. **VAS** - Vastos.
26. **VP** - Voleibol playa.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la manifestación del déficit bilateral (DBL) de miembros inferiores (MMII) en jugadores masculinos y femeninos de voleibol playa (VP) de Uruguay. La muestra fue conformada por deportistas competitivos de VP a nivel nacional e internacional, siendo once hombres con una media en edad de $23,5 \pm 3,9$ años; $183,7 \pm 6,6$ cm de altura; $81,2 \pm 6,7$ kg de peso corporal y seis mujeres con una media en edad de $26,3 \pm 4,2$ años; $177,0 \pm 5,8$ cm de altura; $73,3 \pm 9,8$ kg de peso corporal. Los participantes realizaron seis saltos unilaterales, tres con la pierna dominante y tres con la pierna no dominante, y tres saltos bilaterales squat jump (SJ) de forma aleatoria, primero en arena y luego en hormigón. La medición se realizó utilizando "My Jump 2". Se eligieron los mejores saltos en referencia a la altura alcanzada de cada tipo de salto y se midió el índice bilateral (IBL) en ambas superficies. Los resultados indican que los saltos bilaterales en arena presentaron una media de $38,9 \pm 5,9$ cm mientras que, la superficie rígida (SR) presentó una media de $40,2 \pm 6,1$ cm. Del mismo modo los saltos unipodales con pierna dominante en arena presentaron una media de $17,9 \pm 3,6$ cm y en el mismo tipo de salto en SR la media obtenida fue $18,5 \pm 3,9$ cm. Asimismo, los saltos con pierna no dominante en arena nos proporcionaron una media de $18,3 \pm 3,4$ cm, mientras que en SR se presentó una media de $18,7 \pm 3,8$ cm. La toma de datos y su posterior análisis de IBL de los sujetos reveló que la SR obtuvo un 75,69 % de facilitación bilateral (FBL) y un 24,31 % de DBL, mientras que el IBL de los sujetos en la arena obtuvo un FBL de 82,69 %, y un DBL de 17,31 %. Se concluye que la altura de los saltos bilaterales fue en promedio mayor a la suma de los saltos unilaterales tanto en la arena como en el hormigón (superficie rígida), resultando en FBL. Este fenómeno se destacó en la rama masculina, mientras que el sexo femenino presentó una ligera inclinación hacia el DBL en arena.

PALABRAS CLAVES: Déficit bilateral, Salto vertical, Squat jump, Arena y Superficie rígida.

1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno DBL corresponde a la desvalorización de la fuerza en las acciones musculares bilaterales en relación a la suma de las acciones unilaterales (Škarabot, Cronin, Strojnik & Avela, 2016). En el entrenamiento de algunos deportes, las acciones bilaterales y en particular los saltos bilaterales, son utilizadas de forma predominante (Marques, 2012), lo cual probablemente provoca una reducción del DBL o el fenómeno contrario al mismo, la facilitación bilateral (FBL) (Škarabot et al., 2016). Este fenómeno se da cuando la suma de la fuerza o potencia producida por cada extremidad que actúa en una acción unilateral es menor que la fuerza o potencia generada en la acción bilateral (Ascenzi, Ruscello, Filetti, Bonanno, Di Salvo, Nuñez, Mendez-Villanueva & Suarez-Arrones, 2020). Para determinar la presencia de DBL o de FBL se necesita obtener un IBL, donde Howard & Enoka (1991) establecieron una manera cuantificable de hallar este fenómeno a través de la altura alcanzada al realizar una serie de saltos verticales.

Ciertos deportes colectivos de cooperación-oposición (Parlebas, 2001) como el fútbol playa, el balonmano playa y el VP han ganado popularidad en la esfera competitiva internacional (Schleitzer, Wirtz, Julian & Eils, 2022; Castañeda y García, 2020). La superficie donde se desarrollan estos deportes, la arena, genera un gran desgaste neuromuscular en las acciones de salto y desplazamiento, al absorber la fuerza aplicada en el suelo (Macgregor, Ditroilo, Smith, Fairweather & Hunter, 2016; Bishop, 2003). Debido a esto, es de vital importancia la optimización de la aplicación de fuerza bilateral de los MMII para mejorar, entre otras habilidades deportivas, el salto vertical (SV); habilidad indispensable para el éxito deportivo en deportes de playa (Palao y López Martínez, 2012; Bishop, 2003). El SV es de carácter esencial en la lógica interna del VP, principalmente en el saque con salto, remate y bloqueo (Castañeda y García, 2020).

Bosco, Luhtanen & Komi (1983) desarrollaron un test compuesto por una batería de seis saltos verticales máximos, que se representan estrictamente estandarizados. En este proyecto de investigación, se utiliza como herramienta de medición el squat jump (SJ) debido a que asegura rangos de movimiento articular en la ejecución de un SV (Challis, 1998). El SJ posee únicamente una fase concéntrica de ascenso, ya que consiste en un SV partiendo de una posición de media sentadilla, es

decir con rodillas flexionadas a 90°, con el tronco erguido y las manos en la cintura (Bosco, 1991).

La absorción de energía por parte de la superficie (rígida o arena) durante la acción del salto es uno de los factores fundamentales a considerar respecto al performance de la altura del salto y el tiempo de aplicación de fuerza (Ahmadi, Nobari, Ramirez-Campillo, Pérez-Gómez, Lima de Araújo Ribeiro & Martínez-Rodríguez, 2021; Arazi., Mohammadi & Asadi, 2014; Bishop, 2003).

Autores como Lan (2002) y Magnus & Farthing (2008), consideran que la estabilidad postural es un elemento importante en la aplicación de fuerza en el movimiento. Debido a las características de la arena, la ejecución del movimiento posee un mayor grado de complejidad para adaptar la postura, disminuyendo así la fuerza aplicada.

Hasta donde ha llegado nuestra indagación bibliográfica, no se han encontrado investigaciones que evalúen los fenómenos de DBL y de FBL en la arena en jugadores de VP. Teniendo en cuenta la creciente popularidad de los deportes de playa en las últimas décadas (Schleitzer et al., 2022), encontramos un campo de investigación relativamente inexplorado.

Según lo expuesto, nuestra pregunta de investigación es, ¿cómo se manifiesta el índice bilateral en miembros inferiores en el salto sin contramovimiento en superficie rígida y arena en jugadores femeninos y masculinos de voleibol playa de Uruguay en el periodo 2021/2022?

Nuestro objetivo general es analizar la manifestación del DBL de MMII en el SV sin contramovimiento en SR y arena de jugadores masculinos y jugadoras femeninas de voleibol playa de Uruguay en el periodo 2021/2022.

Los objetivos específicos que se plantean son, por un lado, determinar la existencia de DBL o FBL. Por otro lado, se busca comparar la aparición de dichos fenómenos en ambas superficies.

Por consiguiente nuestra primera hipótesis es que la muestra presenta predominantemente FBL en sus participantes de VP. Esta afirmación es debido a la gran familiaridad con los saltos verticales bilaterales que se dan en los entrenamientos para el

VP (Challis, 1998; Ahmadi et al., 2021). Según Secher, Rube & Elers (1988) esta familiaridad con el movimiento que se realizará en la evaluación aumenta las probabilidades de presentar este fenómeno.

Como segunda hipótesis planteamos que existe un IBL sin diferencias significativas independientemente que se realice en arena y SR.

2. MARCO TEÓRICO

2. 1. Voleibol playa

Parlebas (2001) plantea que el deporte es un “conjunto de situaciones motrices codificadas en forma de competición e institucionalizadas” (p. 105). Dentro del deporte se ponen en juego las capacidades y habilidades motrices de cada individuo, respondiendo a las necesidades particulares de cada deporte, según la situación de juego que suceda y sujeto a las medidas reglamentarias estandarizadas (Acero y Peñas, 2005; Castejón, Giménez, Jiménez y López, 2003).

El VP tiene rasgos diferenciales significativos respecto al voleibol en cuanto al espacio, la comunicación y el reglamento. Es un deporte sociomotor de cooperación-oposición de cancha dividida que se juega al aire libre en una cancha de arena dividida por una red, la cual separa a dos equipos de dos jugadores cada uno que se alternan para participar respecto al balón. La cancha es un espacio rectangular estable de 16 por 8 metros, la red se encuentra a una altura de 224 cm (para mujeres mayores a 15 años) y de 243 cm (para hombres mayores a 16 años) que separa el espacio en dos cuadrados de 8 por 8 metros. A pesar de la estandarización de las dimensiones del espacio y de los elementos del juego, aspectos naturales propios del medio como el viento, el sol y la arena, producen cierto grado de incertidumbre que repercuten en gran medida en el desarrollo del juego (Rodríguez, Jiménez y Hernández, 2012).

El VP se basa en toques y golpes de balón con ciertas restricciones reglamentarias a través de los cuales se busca “(...) enviar el balón por encima de la red con el fin de hacerlo tocar el piso del campo adversario, y evitar que el adversario haga lo mismo en el campo propio” (Reglamento oficial de Voleibol 2021-2024, 2021, p. 7). Los partidos se juegan al mejor de tres sets finalizando los dos primeros en el punto 21 y el tercer set a 15 puntos con al menos dos puntos de diferencia. Para garantizar igualdad en las condiciones espaciales de juego (viento y sol principalmente), los equipos cambian de campo cada siete puntos en los primeros dos sets, y cada cinco puntos en el último set. No se pueden realizar sustituciones a compañeros, por lo tanto, en caso de lesión el equipo afectado pierde el partido (Rodríguez et al., 2012).

Este deporte se caracteriza por la realización de acciones físicas de máxima intensidad en períodos de tiempo relativamente cortos (Ahmadi et al., 2021; Hespáñol y

De Arruda, 2014), en donde las exigencias del sistema neuromuscular están en evidencia, de manera tal, que estos deportistas necesitan un alto nivel de rendimiento físico (Hespañol y De Arruda, 2014). Dicho deporte se caracteriza por una dinámica de juego basada, desde el punto de vista motor, en repetidos esfuerzos explosivos, en múltiples direcciones (Bishop, 2003; Hedrick, 2007).

Específicamente se observa que los saltos ocurren reiteradas veces en el transcurso de un partido (Griboff, 2020; Luarte, González y Aguayo, 2014). En particular el SV es una de las acciones determinantes en la lógica interna del VP, tanto en la táctica ofensiva como defensiva, especialmente en situaciones como el saque con salto, remate y bloqueo (Castañeda y García, 2020; Laurte et al., 2014).

2. 2. Superficies

Según Bago (2016) la superficie de arena es un medio blando e inestable. La arena es una superficie compuesta con granos finos, libre de piedras, caracoles, restos fósiles marinos o cualquier otro residuo que pueda dañar de algún modo a quienes actúen sobre la misma (Reglas Oficiales de Voleibol 2021-2024, 2021). Según este reglamento, necesariamente la superficie de arena deberá tener al menos 40 centímetros de profundidad en competencias oficiales de la organización.

Por otro lado, según expone el reglamento oficial de voleibol FIVB 2021-2024 (2021) sobre voleibol de salón, una SR es una superficie plana, horizontal y uniforme que, a diferencia de la arena, consiste en un medio duro y estable, es decir, que no se modifica ante el apoyo del pie sobre el mismo (Lejeune et al., 1998).

2. 2. 1. Comparación: superficie rígida y arena

Autores tales como Binnie, Dawson, Pinnington, Landers & Peeling (2013) y Lejeune, Willems & Heglund (1998) compararon principalmente estas dos superficies mediante la carrera, revelando un consumo energético (CE) mayor de locomoción en la arena en comparación con la SR. Este mayor CE en la arena puede ser debido a la disminución de la eficiencia músculo-tendinosa, donde el pie tendrá un trabajo externo adicional al mover la arena para realizar el desplazamiento, así como una mayor contribución muscular de los MMII (Lejeune et al., 1998).

Pinnington & Dawson (2001) sugirieron que este mayor CE en la arena es debido a las características que presenta esta superficie, como la granulación de la arena, la profundidad y la consistencia de sustrato de las playas.

El CE también puede ser asociado a una diferencia de velocidades de movimiento, donde se relaciona un mayor tiempo de postura en acciones ejecutadas en la arena dando lugar a un mayor tiempo de activación de la masa muscular requerida (Binnie et al., 2013).

En la arena existe una reducción en las impulsiones y capacidades de los saltos por la disminución de fuerzas, ya que esta superficie absorbe la fuerza producida al generar el apoyo del pie (Arazi et al., 2014).

Bishop (2003) justifica la diferencia mencionada entre superficie de madera y arena en su estudio donde analiza si el SV es una habilidad dependiente de la superficie donde se realiza. La explicación al respecto refiere a que existe una mayor absorción de energía en la arena por la superficie de apoyo de los MMII. Este medio limita la capacidad de los músculos del tren inferior (Hespañol y De Arruda, 2014) tanto en sprint como en acciones de salto, momentos donde se expresa el desarrollo de fuerza determinantes en conjunto con la cadena de movimientos articulares.

Arazi et al., (2014) demostraron en su estudio comparativo de drop jump entre estas dos superficies que el SV realizado en arena genera una diferencia con la SR ya que durante el apoyo sobre la arena se genera un hundimiento, resbalón y fricción incidiendo negativamente en el salto durante la acción concéntrica. Según los autores, la energía transferida es absorbida por la superficie dando una disminución del rendimiento de la masa muscular accionada, una disminución del reflejo miotático y degradación de la potenciación de la energía elástica empeorando el rendimiento. El mismo estudio hace referencia al mayor esfuerzo que se produce en la arena en comparación con la SR, lo cual genera una mejora de los resultados del rendimiento de fuerza en los atletas que practican sobre esta superficie.

2. 3. Déficit bilateral

El DBL ha sido explicado de distintas formas, sin embargo, muchos de los autores mencionados a continuación comparten varias similitudes conceptuales y

causales del mismo fenómeno. Škarabot et al., (2016) define el DBL como la desvalorización de la fuerza en las acciones musculares bilaterales en relación a la suma de las acciones unilaterales. Desde la perspectiva de Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli & Morin (2014) el DBL se define como la inhabilidad de un individuo de desarrollar la misma fuerza maximal voluntaria con una pierna durante una contracción bilateral (con los dos miembros en simultáneo) como durante una contracción unilateral (con cada miembro por separado).

2. 3. 1. Índice bilateral

Para determinar la presencia de DBL se necesita obtener un IBL. Howard & Enoka (1991) establecieron una manera cuantificable de hallar este IBL utilizando para su medición en MMII la altura del salto bilateral (SBL) y del salto unilateral (SUL) medida en centímetros. La fórmula para establecer el IBL es la siguiente:

$$\text{IBL}\% = 100 \times (\text{Bilateral} / (\text{Unilateral Derecho} + \text{Unilateral Izquierdo})) - 100$$

Un porcentaje de IBL menor a 0 % indica que el desempeño de la acción bilateral fue menor que la suma de las acciones unilaterales revelando la presencia de DBL (Howard & Enoka, 1991).

Según Škarabot et al., (2016) el DBL es un fenómeno inconsistente y muy variable tanto en su existencia como en su magnitud. Se establece que un porcentaje de IBL mayor a cero, es decir IBL positivo, indica que la acción bilateral fue mayor que la suma de las acciones unilaterales (Howard & Enoka, 1991) dando lugar al fenómeno contrario denominado FBL.

2. 3. 2. Factores influyentes en el déficit bilateral

Según Škarabot et al., (2016) la manifestación de DBL no es dependiente del tipo de contracción muscular, sin embargo, constata que es un fenómeno que se presenta de forma más reiterada en contracciones dinámicas que en contracciones isométricas.

Las contracciones dinámicas se presentan en las acciones deportivas, como los desplazamientos y los saltos (Calbet, Ramírez y Ortíz, 1999). Por otro lado, una contracción isométrica es una tensión muscular sin movimiento o cambio en la longitud del músculo (Thibaudeau, 2007).

2. 3. 2. 1. Teoría de la inhibición neuronal y teoría de la estabilidad postural

MacDonald, Losier, Chester & Kuruganti (2014) encontraron la existencia de dos causas que proporcionaron las posibles razones de tener DBL; por un lado la teoría de inhibición neuronal y por el otro la teoría de la estabilidad postural. La primera es apoyada por Jakobi & Chilibeck (2001) ya que en su estudio sugirieron que determinar la existencia de DBL puede representar una limitación de control del sistema neuromuscular.

Magnus & Farthing (2008) y Ohtsuki (1983) atribuyeron a los reflejos espinales inhibitorios un rol protagónico en la existencia del DBL, ya que el control neural de una extremidad se ve afectada por la simultánea activación de la extremidad opuesta, causando una reducción de excitación neural durante una contracción bilateral (Kawakami, Sale, MacDougall & Moroz, 1998). Howard & Enoka (1991) compartieron esta teoría sugiriendo que una disminución de la activación muscular junto con un déficit de fuerza en las contracciones bilaterales que ocasionan una causa neural al DBL.

Škarabot et al., (2016) propusieron que las contracciones unilaterales son causa de interacciones complejas de sectores específicos de la corteza cerebral, siendo el DBL resultado de la inhibición neuronal impulsado por la actividad neuronal en el tracto motor contralateral. Sin embargo, concluyeron necesario nuevos estudios usando un modelo para MMII para confirmar esta teoría.

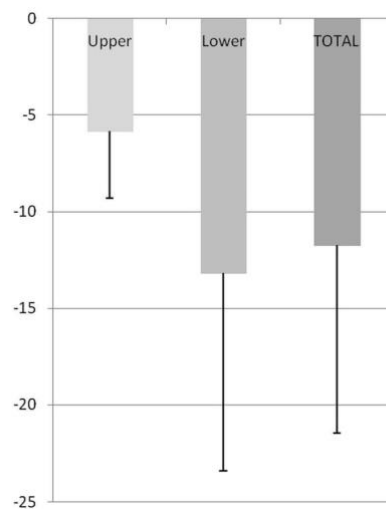
MacDonald et al., (2014) expusieron que la condición de la estabilidad postural del ejercicio estudiado podría ser la causa de padecer DBL. Fueron Herbert & Gandevia (1996) los que propusieron esta teoría a través del estudio de la actividad muscular simultánea no homónima. Sugirieron que la habilidad de contraer músculos de forma bilateral puede estar limitada por la capacidad de realizar ajustes posturales apropiados.

Lan (2002) ha expuesto que los movimientos multiarticulares complejos presentan, en general, mayor DBL que los movimientos que involucran una única articulación debido a que implican más músculos, de mayor diámetro y longitud y una elevada generación de fuerza. Por tal motivo, requieren una mayor estabilidad postural para mantener la posición lo cual disminuye la fuerza aplicada en el movimiento (Magnus & Farthing, 2008).

2. 3. 3. Déficit bilateral: comparación entre miembros inferiores y miembros superiores

Se ha demostrado que los ejercicios multiarticulares de MMII requieren un mayor control postural en comparación a los ejercicios de MMSS (Figura 1) por la activación de grupos musculares más grandes y largos (Magnus & Farthing, 2008).

Figura 1. Índice bilateral de todos los estudios que utilizaron un modelo de contracción dinámica (Total) en comparación con los movimientos corporales superiores (Upper) e inferiores (Lower), Škarabot et al., (2016).



Respecto a los MMII, el cuádriceps femoral es un músculo extensor de rodilla de gran importancia (Rejc, Lazzer, Antonutto, Isola & di Prampero, 2010). Es más grande (Miller, MacDougall, Tarnopolsky & Sale, 1993) y capaz de producir mayor fuerza que los músculos de los MMSS (Izquierdo, Ibañez, Gorostiaga, Garrues, Zúñiga, Antón, Larrión & Hakkinen, 1999). Es el tamaño de su masa lo que influye en el impulso neuronal necesario para activarlo completamente (Halperin, Chapman & Behm, 2015) afectando probablemente la magnitud del DBL (Škarabot et al., 2016).

2. 3. 3. 1. Miembros inferiores. Contracciones explosivas: velocidad de contracción y curva Fuerza-Velocidad

Es frecuente la presencia de DBL durante las contracciones dinámicas explosivas de los músculos de las piernas y puede ser tan significativo como el 35 % (Rejc et al., 2010; Samozino et al., 2014). Las contracciones isotónicas explosivas son tipos de contracciones propias de los saltos (Bosco, 1991). Se han encontrado autores que adjudican factores de distintos tipos a la existencia de DBL en estos movimientos. Los factores biomecánicos, entre los cuales se encuentran las diferencias en la velocidad de acortamiento entre los tipos de contracciones, el desplazamiento de la curva fuerza-velocidad (F-V) (Bobbert, De Graaf, Jonk & Casius, 2006; Samozino et al., 2014) y las diferencias en la coordinación muscular (Rejc et al., 2010) parecen ser la base del DBL en las contracciones balísticas y explosivas (Škarabot et al., 2016).

Referido a la velocidad de acortamiento entre los modos de contracción, Grimby & Hanneretz (1968) sugirieron un cambio en el patrón de reclutamiento en el músculo esquelético humano durante la contracción de alta intensidad. Las características funcionales, metabólicas y moleculares de los diferentes tipos de fibras musculares en el cuerpo humano son muy diversas permitiendo diferenciar dos tipos generales de fibras musculoesqueléticas: las fibras tipo I (de contracción lenta) y fibras tipo IIA y tipo IIX (de contracción rápida) (Chicharro y Vaquero, 1996).

	Lentas (tipo I)	Intermedias (tipo IIA)	Rápidas (tipo IIX)
Diámetro	Intermedio	Grande	Pequeño
Grosor de la línea Z	Ancho	Intermedio	Estrecho
Contenido de glucógeno	Bajo	Intermedio	Alto
Resistencia a la fatiga	Alta	Intermedia	Baja
Capilares	Muchos	Muchos	Pocos
Contenido de mioglobina	Alto	Alto	Baja
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Activación ATPasa	Baja	Alta	Alta
Sistema energético predominante	Aeróbico	Combinado	Anaeróbico
Motoneurona	Pequeña	Grande	Grande
Descarga	Baja	Alta	Alta

Tabla 1. Principales características diferenciadoras de los distintos tipos metabólicos de fibras musculares. (Recopilado de Chicharro y Vaquero, 1996)

Thorstensson & Karlsson (1976) vieron una correlación significativa entre la fuerza y el área de fibra muscular tipo II solo a altas velocidades de contracción. Škarabot et al., (2016) sugirieron que con una creciente velocidad de contracción producto de la activación predominante de las fibras tipo IIA y IIX, la magnitud del DBL aumenta.

2. 3. 4. Déficit bilateral: salto bilateral y unilateral

En el salto se ha demostrado que, generalmente, la suma de las alturas del SUL es mayor que la altura de un SBL (Challis, 1998; Bobbert et al., 2006).

Van Soest, Roebroek, Bobbert, Hijing & Van Ingen Schenau (1985) y Challis (1998) compararon las velocidades de acortamiento de los componentes músculo-tendinosos en el SBL y SUL, concluyendo que es la velocidad de acortamiento de la fibra muscular la que afecta la fuerza producida por los músculos. Oda & Moritani (1996) expresaron que existe evidencia de que la incapacidad de las unidades motoras

rápidas de activarse completamente durante una acción bilateral en comparación con una acción unilateral es una fuerte causa de la existencia del DBL.

Desde otra perspectiva, Bobbert et al., (2006) propusieron que el DBL puede estar influenciado por la relación de la Fuerza (F) - Velocidad (V) de la ejecución de los saltos, además de la reducción e inhibición del impulso neuronal en el SBL como expresaron Kawakami et al., (1998), Magnus & Farthing (2008) y Ohtsuki (1983).

La relación de F-V se ve alterada con el cambio en la velocidad de movimiento entre acciones bilaterales y unilaterales. Cuanto más se orienta el perfil F-V hacia las capacidades de velocidad, menor es la pérdida de fuerza de los empujes unilaterales a bilaterales debido a los cambios en la velocidad de movimiento (Samozino et al., 2014).

Bobbert et al., (2006), Challis (1998) y Van Soet et al., (1985) demostraron que el tiempo de empuje y la aplicación de fuerza ha sido mayor en los SUL sobre los SBL.

Otro aspecto relevante en el estudio del DBL en los saltos es la coordinación, ya que las estrategias de movimiento difieren entre los participantes y entre los ensayos (Hay, Aguiar de Souza & Fukashiro, 2006). Prokopow, Hay, Fukashiro & Himeno (2005) (como se citó en Hay et al., 2006) estipularon que se requiere de una coordinación precisa de los músculos responsables del movimiento en el tobillo, la rodilla y la cadera en los saltos; por lo tanto, el rendimiento puede ser altamente dependiente de los cambios en los patrones de tiempo de activación muscular.

2. 4. Saltabilidad y salto: aspectos mecánicos del salto

Desde la perspectiva del ámbito deportivo, la fuerza es la capacidad de un músculo de producir tensión al activarse o al contraerse. Por ende, la fuerza explosiva es la capacidad de generar mayor tensión muscular en el mínimo tiempo posible (Badillo y Ayestarán, 1997).

Desde la física, la fuerza es toda acción capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo (Vera, Solano y Vilorio, 2020). Su manifestación se puede medir mediante los cambios de posición que se producen en una determinada masa, ya sea partiendo de una posición de reposo como valorando la deformación que se produce en las masas que están en contacto mutuo durante la aplicación de fuerza (Gutiérrez,

2010). Siendo ésta una variable vectorial, ya que debe indicar dirección y sentido, y la unidad de medida (Suárez, 2009).

Asimismo, el trabajo contiene dos elementos importantes: la fuerza que se realiza y el desplazamiento que se produce. Desde la biomecánica, se entiende al trabajo como “(...) el producto de la magnitud de la fuerza aplicada sobre un objeto por la distancia que recorre el objeto durante la aplicación de fuerza.” (Gutiérrez, 2010, p. 272). Por lo tanto, no se considera trabajo si un músculo se contrae sin movimiento para resistirse a un desplazamiento o para mantener una carga. Este trabajo producido por un músculo puede desarrollarse en un tiempo variable. Un músculo que realiza trabajo en una menor cantidad de tiempo es más potente en comparación a otro que lo ejecute en un tiempo más prolongado (Gutiérrez, 2010), por lo que la potencia se define como la cantidad de trabajo por unidad de tiempo en la que se realice (Vera et al., 2020). Al introducir el concepto de potencia es necesario incluir el concepto de tiempo, de modo tal que la potencia queda conceptualizada como el trabajo realizado en unidad de tiempo (Gutiérrez, 2010).

Gutiérrez (2010) y Suárez (2009) definen a la masa como la cantidad de materia que compone un cuerpo o como la propiedad que posee un cuerpo de ejercer una fuerza gravitatoria sobre otro cuerpo (masa gravitatoria). La propiedad que posee un cuerpo de resistirse a la aceleración recibe el nombre de masa inercial, considerando a la inercia como el pasaje de un cuerpo en estado de reposo a un estado en movimiento (y viceversa), siendo directamente proporcional a su masa.

La velocidad (lineal) y la aceleración (lineal) son magnitudes vectoriales. La velocidad nos indica la variación de la posición de un móvil en relación al tiempo, y la aceleración es la variación de la velocidad con respecto al tiempo. Cuando un móvil se encuentra en reposo o el mismo se desplaza a una velocidad constante, el valor de la aceleración equivale a cero. Ésta magnitud puede ser tanto positiva como negativa, definiéndose positiva cuando los movimientos acelerados incrementan su velocidad, y negativa cuando implican movimientos desacelerados donde la velocidad se ve disminuida (Gutiérrez, 2010).

2. 4. 1. Salto

Según Postoev (1990) (como se citó en Mariño, Becerra y Bugallo, 2012) y Montoro (2015) el salto es una capacidad física caracterizada por ser un esfuerzo muscular corto y de carácter explosivo, donde una buena realización técnica y activación muscular son de suma importancia.

Según Castejón (2000) el salto está compuesto por diferentes fases: el impulso, el vuelo y la caída. La fase de impulso ocurre cuando se suministra fuerza con uno o los dos pies para lograr elevar el cuerpo de la superficie en la que se encuentra. La fase de vuelo sucede cuando el cuerpo se encuentra suspendido en el aire. En esta fase el mantenimiento del equilibrio y la preparación para la caída son determinantes. La fase de caída es cuando el cuerpo vuelve a tomar contacto con la superficie.

2. 4. 1. 1. Salto vertical

Los saltos verticales son utilizados para evaluar la función muscular de los MMII. Se considera una herramienta útil para la evaluación y optimización del máximo rendimiento de los deportistas (Bosco et al., 1983).

El SV es una acción cinemáticamente similar a las contracciones dinámicas que se dan en los deportes acíclicos (Challis, 1998). Es una evaluación relativamente sencilla y de fácil reproducibilidad experimental (Bosco et al., 1983).

2. 4. 1. 2. Biomecánica del salto vertical: musculatura implicada y orden de activación muscular

Dentro del aparato locomotor humano se encuentran varios aspectos relacionados con los saltos verticales que son de suma importancia para entender el funcionamiento, musculatura implicada y diferencias entre los tipos de saltos.

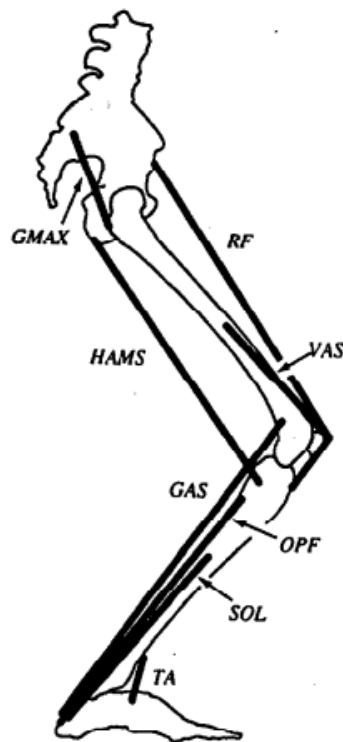
Para la ejecución de los saltos, las articulaciones poseen un papel fundamental ya que éstas permiten la realización de los movimientos. Sin embargo, las mismas deben estar estables durante el proceso (Abernethy, Kippers, Hanrahan, Pandy, McManus & Mackinnon, 2013).

Las articulaciones mayormente implicadas en el SV son la cadera, la rodilla y el tobillo. Dentro de los músculos implicados se resaltan varios como principales por su participación activa en la ejecución del salto: los gastrocnemios (GAS), sóleo (SOL) y

otros flexores plantares (OPF) (actuando principalmente en el tobillo), recto femoral (RF) y vastos (VAS) (potentes extensores de rodilla) y glúteo mayor (GMAX) e isquiotibiales (IS) (los principales extensores de cadera) (Anderson & Pandy, 1993).

Para la realización de un SV óptimo y de mayor altura la activación muscular no es simultánea, sino que existe un orden. Los primeros músculos en activarse son los extensores de cadera (GMAX y IS), seguidos de los extensores de rodilla (VAS y RF), después la activación de los flexores plantares del tobillo (SOL y OPF) y finalizando con la activación de los GAS (Pandy, Zajac, Sim & Levine, 1990).

Figura 2. Representación esquemática del modelo musculo esquelético para el salto vertical. Los símbolos que aparecen en el diagrama son: sóleo (SOL), gastrocnemios (GAS), otros flexores plantares (OPF), tibial anterior (TA), vastos (VAS), recto femoral (RF), isquiotibiales (HAMS) y glúteo mayor (GMAX), (Pandy et al., 1990).



Dentro de los músculos ya mencionados, los mayores productores de fuerza de los MMII durante un SV son el VAS y el GMAX (Pandy & Zajac, 1991) seguido de los

IS contribuyendo, entre los tres, con un 75 % de la totalidad de la energía transferida al esqueleto (Anderson & Pandy, 1993).

Al SOL, GAS y OFP se le atribuyen el 25 % restante de la energía producida (Anderson & Pandy, 1993) contribuyendo significativamente en el último 20 % del tiempo de contacto con el suelo antes del despegue en los saltos (Pandy & Zajac, 1991).

2. 4. 1. 3. Squat jump

Bosco (1991) clasifica la acción de la prueba del SJ en tres fases: A, B y C. Dicho salto parte desde una contracción concéntrica para el ascenso máximo del salto. La fase A consiste en una semisentadilla con un ángulo de 90° de las rodillas, con tronco erguido y con las manos tomadas de la cintura. Una vez alcanzada la posición, comienza la fase B donde se produce el SV a través de la acción de aceleración de los MMII, ejerciendo fuerza sobre el suelo. No puede existir contramovimiento previo al salto. Durante esta fase se alcanzará un valor de altura determinada con el ángulo de las rodillas en 180° y los pies en hiperextensión. Una vez alcanzada la altura máxima de vuelo, comienza la fase C con el descenso del cuerpo hacia el suelo culminando el salto con el contacto con la superficie.

En referencia a la acción del SJ y su relación con la fuerza, Bosco (1991) expresa que se caracteriza por el valor de la fuerza explosiva de los MMII según la altura alcanzada por el individuo. Según Ferraro & Fábrega (2017) los músculos desarrollan mayores valores máximos de potencia de salida en el final del impulso durante SJ en comparación con saltos con contramovimiento, lo cual indica que los valores de potencia activa alta son necesarios para lograr un buen rendimiento en SJ mientras que esto no se aplica al salto con contramovimiento (CMJ). De esta manera, sugieren que la potencia activa es el factor evaluado principalmente por la altura alcanzada en SJ.

2. 4. 1. 4. Transferencia de energía potencial elástica

El músculo esquelético posee componentes elásticos que pueden dividirse en componentes elásticos en serie (CES) y componentes elásticos en paralelo (CEP) (Hill, 1951). Durante la contracción muscular y la elongación pasiva los componentes flexibles se estiran, produciendo tensión y acumulando energía potencial elástica (EPE) que es posteriormente liberada al relajar el músculo (Wilkie, 1956).

“Potential elastic energy is the energy determined for a body that is deformed elastically.” (Struzik, Zawadzki & Rokita, 2016, p. 40). [La energía potencial elástica es la energía determinada para un cuerpo que se deforma elásticamente].

Cada momento de retraso en la transición de la contracción excéntrica a la contracción concéntrica reduce la contribución de energía elástica al equilibrio energético de los músculos durante la fase concéntrica del movimiento. Un tiempo de más de un segundo entre el estiramiento muscular y la posterior contracción concéntrica harán que el músculo deje de comportarse como un resorte que, tras cesar la fuerza de estiramiento, vuelve al estado anterior y pierde gran parte de la energía acumulada en forma de calor (Struzik et al., 2016).

A su vez, Bosco (1991) no menciona la reutilización de la energía elástica como una cualidad particular del salto SJ. Esta cualidad se la adjudica al CMJ.

Sin embargo, Anderson & Pandy (1993) encontraron que los tejidos elásticos entregan cantidades sustanciales de energía al esqueleto durante el CMJ y el SJ. Los tendones, los CES y los CEP combinados contribuyen en un 35 % de la energía total entregada al esqueleto por todos los componentes músculo-tendinosos.

Durante el SJ la energía almacenada en los tejidos elásticos proviene principalmente de los elementos contráctiles del músculo, ya que generan trabajo para estirar los tendones y los CES de los músculos (Anderson & Pandy, 1993).

La utilización de la EPE es particularmente sustancial en los flexores plantares del tobillo (SOL, GAS Y OFP) ya que poseen tendones más largos y flexibles que, junto con los CES y CEP de estos músculos, aportan el 70 % la energía total entregada al esqueleto por estas estructuras (Anderson & Pandy, 1993).

Pandy et al., (1990) encontraron que el rendimiento del salto es más sensible a los cambios en la relación fuerza-peso del cuerpo y la velocidad de contracción de la fibra muscular, y es menos sensible a los cambios en el tendón. A su vez, Anderson & Pandy (1993) adjudicaron mayor relevancia al tiempo de aplicación de fuerza producto del contacto con el suelo que a la reutilización de la energía elástica en el rendimiento de la altura de un salto.

2. 4. 1. 5. Salto Squat Jump unilateral y bilateral

Según el estudio de Challis (1998), los ángulos articulares iniciales y finales de las articulaciones en el salto SJ bilateral y unilateral no son significativamente diferentes. Por ende las posiciones iniciales de media sentadilla a 90° en estos saltos son las mismas y los músculos pasan por rangos de movimientos similares. Sin embargo, la duración del SUL es mucho mayor, al igual que los momentos articulares máximos mientras que las velocidades angulares de rodilla y cadera son mucho más bajas (lentas) comparado con el SBL.

La pre activación muscular, las velocidades de acortamiento y los tiempos de contracción no son iguales entre estos saltos debido a la relación fuerza-peso y fuerza-velocidad (Hay et al., 2006). Es claro que el peso corporal en el SBL se distribuye de forma uniforme en ambas extremidades, por lo tanto, el estado de activación muscular (EAM) de cada extremidad en la posición inicial se ve reducido en comparación con el EAM de la extremidad en el SUL (Bobbert et al., 2006; Challis, 1998). Debido a esto, y al hecho de que construir el EAM requiere tiempo, es admisible constatar que los músculos extensores de los MMII durante el SBL realicen gran parte de su rango de acortamiento en estado de activación submáximo y por ende, generen fuerza y trabajo submáxima (Bobbert et al., 2006).

A pesar de que en ambos saltos se presenta el mismo rango de movimiento sobre el cual las articulaciones se extenderán, es muy probable que algunos músculos extensores alcancen velocidades de acortamiento superiores en el SBL y debido a la relación fuerza-velocidad, estos músculos serán capaces de producir menos fuerza que en el SUL (Bobbert et al., 2006).

3. RESEÑA METODOLÓGICA

En referencia al modelo de investigación, para cumplir con el objetivo planteado, se realizó un estudio de tipo cuantitativo. Éste utiliza la recolección de datos con la intención de comprobar hipótesis a través de la medición numérica y análisis de estadísticas para poder comprobar teorías y definir tendencias de comportamiento (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Como diseño de investigación se hace referencia a la estrategia o al plan que se utilizará para obtener la información deseada por los investigadores, donde su fin será el responder al problema planteado. Además se empleó como técnica de recopilación un corte transversal, ya que los datos fueron tomados una vez en un momento determinado (Heinemann, 2003). En este caso se optó por un diseño experimental, donde el investigador manipula de forma intencionada las variables independientes que le interesan, teniendo el fin de analizar las consecuencias que tuvo dicha manipulación dentro de una situación de control para el investigador (Hernández et al., 2014).

Por lo tanto, el estudio consistió en la medición de las capacidades de SV en SR y arena en jugadores de VP. Dichos saltos y superficies son las variables independientes, siendo necesarias para la obtención y revelación de los resultados de los fenómenos denominados DBL o FBL mediante la fórmula de IBL de Howard & Enoka (1991). El DBL y FBL son las variables dependientes, según los valores bilaterales y unilaterales alcanzados en el SJ.

Se realizó un estudio experimental donde se utilizaron las variables independientes ya mencionadas para comprobar las hipótesis planteadas. Para la extracción de datos se optó por la observación como mejor recurso, utilizando una herramienta visual (video, “My Jump 2”) para definir los momentos de despegue y aterrizaje de cada salto.

Este estudio no tuvo intervención de los investigadores previa a la fecha de recolección de datos, por lo que los participantes no tuvieron cambios en sus entrenamientos. Los datos fueron tomados el domingo 25 de septiembre de 2022 entre las 8:34 am y 12:16 pm, para posteriormente ser analizados.

Debido a la naturaleza de la investigación, el alcance más adecuado es el descriptivo, ya que es útil para describir con exactitud un fenómeno. Este tipo de estudio pretende recolectar información, ya sea de manera independiente o conjunta, de los conceptos o variables que son de interés para el investigador. Para realizar un alcance descriptivo es preciso definir con claridad el suceso a medir y definir, así como conceptualizar las variables. A su vez, esta investigación cuenta con características particulares de un alcance explicativo, ya que pretende explicar la causa de un fenómeno y en las condiciones en el que se manifiesta (Hernández et al., 2014).

3. 1. Sujetos de investigación. Características de la selección de la muestra

La población seleccionada para el registro fueron 11 hombres y 6 mujeres donde 4 de los 11 hombres y 4 de las 6 mujeres evaluadas eran integrantes de la selección uruguaya mayor de voleibol playa. Los participantes que restan eran jugadores del circuito Nacional de voleibol playa participantes de al menos cinco torneos en los últimos nueve meses.

	Media	Desviación Estándar
Edad	24,529	4,11
Altura (cm)	181,353	6,946
Peso (kg)	78,453	8,601
IMC	23,824	1,929

Tabla 2. Datos descriptivos del total de la muestra.

Para poder participar de las evaluaciones, los sujetos debían ser mayores de 18 años, estar libre de lesiones que pudieran suponer un riesgo para su integridad física y de la calidad de los datos obtenidos y tener al menos dos años de experiencia en el entrenamiento del voleibol playa (Weakley, Till, Darrall-Jones, Roe, Phibbs, Read & Jones, 2017).

Para poder realizar los test de saltos y sus respectivas mediciones a la selección de los participantes se contó con la habilitación del comité de ética del ISEF.

Por otra parte, se le solicitó a cada participante que firmara un documento de consentimiento, donde se garantiza su anonimato en este proyecto, y sólo podrán ser utilizados los datos para finalidades estadísticas o científicas (anexo N° 1).

3. 2. Instrumentos y herramientas de medición

Al medir el efecto del DBL en el rendimiento de un movimiento natural es importante seleccionar una tarea que incorpore la coordinación de varios grupos musculares y múltiples articulaciones, pero que esté lo suficientemente restringida para que las condiciones unilaterales y bilaterales sean iguales (Hay et al., 2006).

Se utilizó como instrumento principal el SJ que se encuentra en el "Test de Bosco" de 1991. Este salto se realiza sin contramovimiento partiendo de una posición estática a 90° de flexión de rodilla, con tronco erguido y manos en cintura (Bosco, 1991) (Figura 3). Se optó por este tipo de salto y no, por ejemplo, por el CMJ ya que el mismo presenta diferencias significativas en los rangos articulares alcanzados (particularmente de cadera y rodilla) entre el SBL y SUL; afectando directamente el rango de movimiento a través del cual los músculos implicados generan fuerza. El SJ, por otro lado, asegura rangos de movimiento articular similares en ambos saltos (Challis, 1998).

Figura 3. Momento previo a la ejecución del salto. Posición estática a 90° de flexión de rodillas, tronco erguido y manos a la cintura.



La aplicación para dispositivos móviles de iOS “My Jump 2” (Copyright: © 2016-20 Carlos Balsalobre-Fernández) fue la que se empleó como herramienta de medición del tiempo de vuelo (segundos), la fuerza aplicada (newton), la velocidad alcanzada (metros por segundo), potencia generada (watts) y la altura máxima (cm) de cada SV de los participantes. Esta aplicación utiliza las cámaras de alta velocidad de los teléfonos móviles que tengan una cámara con al menos 120 fotogramas por segundo (120 fps) para grabar videos en cámara lenta de distintos tipos de saltos. De esta manera se puede seleccionar con mayor precisión los fotogramas de despegue y aterrizaje (momentos en los cuales el participante dejó de tener contacto con la superficie en el despegue y posteriormente volvió a tener contacto en el aterrizaje) (Bogataj, Pajek, Andrašic, & Trajkovic, 2020). En esta oportunidad, se hizo uso de un iPhone X y un iPhone XR para la grabación de los vídeos a cámara lenta con 240 fotogramas por segundo. Esta aplicación se encuentra en “App Store” para dispositivos celulares iOS a un costo de quince dólares.

La aplicación determina la altura de salto usando la ecuación $h = t^2 \times 1.22625$ descrito por Bosco et al., (1983) donde “h” significa la altura de salto (en metros) y “t” para el tiempo de vuelo (en segundos).

Balsalobre-Fernández, Glaister & Lockey (2015) y Bogataj et al., (2020) sugieren que “My Jump” y “My Jump 2” son aplicaciones válidas, confiables y útiles para medir la altura de salto en adultos al compararlas con plataformas de fuerza y el sistema de células fotoeléctricas “Optojump” respectivamente.

Otras herramientas utilizadas en el estudio fueron una cinta métrica de 300 cm de largo con unidad en cm, dos balanzas digitales en kg, cuatro escuadras de 90° (51 cm de largo x 28 cm de ancho), dos areneros sin fondo de 20 cm de alto, incrustados en la arena de la playa, de esta forma se garantiza que la profundidad no sea menor a los 40 cm reglamentarios en el VP, 60 cm de ancho y 70 cm de largo, dos rastrillos metálicos, dos aplanadoras de arena, dos cronómetros, un termómetro de superficie, dos bancos de 45 cm y dos trípodes de 20 cm de altura. Se hizo uso de la app “Weather & Radar: el tiempo” para dispositivos Android para conocer la presión atmosférica medida en hectopascales (Figura 4 y 5).

Figura 4. Momento previo al inicio de la evaluación. Acondicionamiento del arenero y medición para colocación del trípode a una distancia de 150 cm.



Figura 5. Momento previo al inicio de la evaluación. Aplanado de la superficie sobre el arenero en playa Pocitos, Montevideo, Uruguay.



El formulario utilizado para obtener información personal de cada jugador, incluyendo su nombre, edad, pierna dominante, años de experiencia competitiva en el voleibol playa, lesiones, alimentación, horas de sueño, etc.

3. 3. Procedimiento metodológico

Días previos a las evaluaciones se les entregó a los participantes un formulario de Google Forms para completar datos de información personal: como el nombre, apellidos, género, edad, pierna dominante, historial de lesiones, años de experiencia deportivo-competitivo, frecuencia semanal de entrenamiento, número estimado de SBL y SUL por entrenamiento, calidad de sueño y alimentación, consumo de alcohol, drogas o cigarro, etc. En caso de tener o haber tenido lesiones de gravedad en uno o ambos MMII con menos de seis meses de recuperación completa y alta médica, dicho participante era descartado como muestra. Las lesiones excluyentes fueron fracturas, desgarros o distensiones recientes, rupturas de ligamento cruzado anterior,

intervenciones quirúrgicas, entre otras, o algún otro tipo de lesión que pudiera perjudicar la calidad de los datos.

Las evaluaciones se realizaron el domingo 25 de septiembre de 2022, en la playa Pocitos de Montevideo. Se comenzó reuniendo de a cuatro participantes de la muestra para mencionar las instrucciones necesarias. Se les otorgó el consentimiento informado en formato papel a cada uno para participar del proyecto, así como el consentimiento de uso de imagen que nos avala a utilizar fotos con sus rostros. A su vez se les entregó un cuestionario con preguntas respecto a la frecuencia semanal de entrenamiento en la semana previa, el grado de fatiga física del momento, las horas de sueño de la noche previa y la alimentación de las últimas horas. Posteriormente se midió la altura (cm) de los sujetos en bipedestación, su peso (kg), el largo de la pierna con flexión plantar de pie en posición de cúbito supino (cm) y la altura desde el trocánter mayor del fémur hasta el suelo con el sujeto en bipedestación simétrica y flexión de rodillas a 90°.

A continuación se comenzó el protocolo de calentamiento. Es recomendable su realización antes de la actividad física, tanto para evitar cualquier tipo de lesiones, como por razones cardiovasculares, aumento de la frecuencia cardíaca y para favorecer al sistema musculo esquelético (Abernethy et al., 2013).

El protocolo de calentamiento utilizado fue similar al utilizado por Pleša, Kozinc & Šarabon (2022). Tuvo una duración máxima de 10 minutos y fue el mismo para todos los participantes con el fin de igualar las condiciones preparatorias (Jakobi & Chilibeck, 2001). Consistió en movilidad articular general y específica, estiramientos balísticos, trote subaeróbico, activación de zona media, estabilizadores de rodilla y cadera, sentadillas y flexiones de brazos con el propio peso corporal y saltos en arena (Figura 6).

Figura 6. Calentamiento previo a la evaluación de los saltos.



El calentamiento comenzó con movilidad articular general, enfatizando en las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo, posteriormente se ejecutaron movimientos balísticos para isquiotibiales, cuádriceps y glúteos. Para aumentar la frecuencia cardíaca y temperatura corporal se realizó un trote continuo de un minuto de duración. Al culminar se ejecutó un ejercicio unilateral centrado en la estabilidad seguido de dos ejercicios de zona media. Por último, se llevaron a cabo dos series de cinco sentadillas y cinco flexiones de brazos. A modo de familiarización de los tipos de saltos, y sus posibles errores de ejecución se realizaron cuatro saltos unilaterales SJ (dos con cada pierna) y dos saltos bilaterales SJ de prueba.

Al momento de evaluar, se le dio a cada jugador tres oportunidades para conseguir la mayor altura posible en un SJ con MMII simultáneamente. El mismo procedimiento se realizó para evaluar cada pierna por separado.

Las pruebas estándar SJ se realizaron en función de los protocolos de la batería de saltos de Bosco (1991). Los saltos evaluados debían cumplir con una angulación de rodilla de 90° al momento del despegue, no se podían realizar contramovimiento, las manos debían estar en contacto con la cintura en todo momento y las rodillas no podían presentar ninguna flexión en la fase de vuelo del salto.

Es relevante agregar que durante los saltos unilaterales se permitió usar la pierna libre (pierna sin apoyo) a voluntad, es decir que se podría utilizar para impulsarse

durante estos saltos. Hay et al., (2006) afirma que el rendimiento de los saltos puede ser dependiente de los cambios en los patrones de tiempo de activación muscular, y por ende las estrategias que utilicen los sujetos para ejecutar el salto pueden tener influencia directa en el resultado.

En caso de haber un error de ejecución en el salto, el participante tenía una nueva oportunidad de ejecutar el salto correctamente. De cometer el mismo error nuevamente u otro error en el mismo tipo de salto, éste se descartó y se consideró como un intento nulo. Esta regla se aplicaba de forma independiente entre tipos de saltos (SBL, SUL izquierdo y SUL derecho). Los saltos de cada participante se hicieron de forma aleatoria para evitar que la fatiga y/o la potenciación pudieran afectar en los resultados (Jakobi & Chilibeck, 2001).

En primer lugar, se preparó la superficie de arena previamente colocada en los areneros, rastrillando para evitar la compactación y aplanando los granos de arena más superficiales para homogeneizar la superficie.

El análisis realizado en el laboratorio del departamento de geología del CURE en Maldonado, Uruguay determino que la arena donde se realizaron las pruebas era mayoritariamente de cuarzo. Del 100 % de la muestra de arena recolectada, el 1 % de la misma estaba compuesto por limo y arcilla menor a 63 micras (μ), el 0,2 % era arena muy gruesa mayor a 1000 μ , 14,88 % era arena gruesa/media mayor a 355 micras, 82,25 % era arena fina mayor a 125 micras, y 0,74 % era arena muy fina menor a 125 μ). El 2,13 % restante se perdió en el proceso granulométrico (Pérez y Márquez, 2017).

Las dos cámaras de los iPhone se colocaron en un trípode a una altura de 65 cm alejados a 150 cm de cada arenero. Las cámaras enfocaron los pies de los participantes desde el plano sagital para poder visualizar con mayor facilidad el momento de despegue y aterrizaje de los saltos. Se filmaron los saltos en cámara lenta para luego analizarlos en el programa “My Jump 2” con 240 fotogramas por segundo.

Los participantes efectuaron los saltos en la arena descalzos en dos grupos de dos participantes con dos evaluadores por grupo. Un evaluador se encargó de ser la voz de mando al dar las órdenes de entrada y salida al perímetro de salto, llevar la aleatorización de los saltos de cada participante y filmar correctamente los saltos, mientras que el otro evaluador corroboraba los 90° de flexión de rodilla en el despegue,

evaluaba la calidad de ejecución del salto y estandarizó las condiciones de la arena entre saltos. Entre intento e intento cada jugador tuvo al menos un minuto de recuperación para que pudiera efectuar cada salto con la máxima intensidad y prevenir la fatiga (Bobbert et al., 2006). Mientras el participante que acababa de saltar descansaba, se evaluaba el salto del compañero. Al finalizar todos los saltos en arena, los involucrados realizaron el mismo procedimiento en SR y con su calzado deportivo correspondiente.

Los intentos con mayor valor de altura de cada tipo de salto en arena y SR fueron los utilizados para calcular el IBL en ambas superficies. Otros datos otorgados por el “My Jump 2” como el tiempo de vuelo, la velocidad, la fuerza y potencia producida se registraron en una hoja de cálculo en formato digital.

En cuanto a las condiciones temporales y climáticas encontramos que la franja horaria de evaluación fue entre las 8:34 am y las 12:16 pm. La temperatura atmosférica varió entre los 12 °C y los 18 °C correspondiendo con la sensación térmica que se mantuvo entre los 13 °C y los 18 °C. La humedad atmosférica estuvo entre el 35 % y el 60 % con una presión atmosférica de 1021 hPa mientras que la temperatura superficial de la arena osciló entre los 14,7 °C y los 18,4 °C.

3. 4. Pasos preliminares y estudios piloto

Luego de recorrer la península, el grupo tomó la decisión de utilizar la playa de la parada 6 de la playa mansa de Punta del Este, Maldonado, Uruguay, ya que contaba con la accesibilidad de dos postes de madera para poder colocar un red y realizar un torneo de VP con el fin de reunir a los participantes de la muestra en un solo lugar.

Los estudios pre-piloto, en un principio, se realizaron sin las herramientas de recolección de datos en su totalidad. Se optó por la aplicación “My Jump 2” para recolectar los datos pertinentes. Como respaldo se optó por utilizar en formato papel una tabla individual para la anotación de los datos obtenidos.

La totalidad de estudios pre-piloto que se realizaron fueron cuatro. La intención que se tuvo con su realización fue ensayar la toma de datos de los participantes para evitar errores que enlentecieran el proceso de toma de datos el día de la evaluación. En un principio esta práctica de toma de datos y mediciones estructurales del participante

se hizo con el equipo autor de este trabajo. Luego del segundo estudio pre-piloto se empezó a evaluar personas que estuvieran dispuestas a participar de esta prueba.

Estos estudios permitieron encontrar varios aspectos fundamentales a tener en cuenta para el momento de la toma de datos. Uno de los aspectos claves, fue la utilización del SJ como salto a evaluar, ya que existió la intención de evaluar este y el CMJ de forma bilateral como unilateral. Por lo explicado en el apartado instrumental y por las dificultades que el salto CMJ presentaba en la medición con la aplicación “My Jump 2”, se optó por seleccionar el SJ como herramienta principal ya que en éste es más visible el punto exacto de despegue y aterrizaje en la arena.

Se creyó conveniente la elaboración de dos areneros sin fondo con 20 cm de profundidad con la intención de incrustarlos en la arena de la playa. Se decidió utilizar un arenero por grupo de evaluación para acortar los tiempos de espera y agilizar el proceso de evaluación. Esta decisión llevó a ser necesario tener dos dispositivos celulares iPhone para la toma de datos. A su vez, se decidió rastrillar la arena de cada arenero posterior a cada salto para evitar la compactación.

Como SR se pensó utilizar una superficie de madera con estructura firme que se encontraba en la playa, donde se experimentó y delimitó el espacio necesario para realizar la serie de saltos.

El objetivo del estudio piloto era experimentar la viabilidad, duración y adversidades que permitiesen economizar y efectivizar el desarrollo de la etapa evaluatoria final.

Los estudios piloto se realizaron con la totalidad de los materiales necesarios para la toma de datos. Se realizaron tres estudios piloto, los cuales tuvieron como principal intención de los investigadores crear un ambiente lo más próximo a la situación real de evaluación. Se encontró necesario utilizar una regla de madera de al menos 150 cm, una escuadra para medir los 90° de flexión de rodillas. En estos estudios se realizó y se consolidó el protocolo de calentamiento previo a la toma de datos.

Debido al tiempo que lleva la toma de datos, y la correspondiente estandarización de la arena posterior a cada salto, se estableció como necesario la utilización de dos grupos de evaluación de dos integrantes cada uno para evaluar de forma simultánea a cuatro participantes por turno (dos con cada grupo evaluatorio). Se resolvió que el análisis de los saltos no se realizaría en el momento de la evaluación ya que elegir el fotograma exacto de despegue y aterrizaje del salto en la aplicación “My Jump 2” y el posterior dictado de los datos resultantes atrasaba demasiado la fluidez de los intentos de saltos de los participantes.

Durante la realización de estos estudios piloto se tomó la decisión de trasladar el estudio de la investigación y el torneo planteado a la playa de Pocitos, frente al club Banco República, Montevideo, Uruguay, por lo cual se descartó la idea de utilizar un chapón de madera gruesa para hacer la SR debido a que se contaba con una superficie de hormigón para estos saltos.

En esta prueba se tomó la decisión de que un evaluador se encargará de corroborar que el celular estuviera colocado correctamente, diera la orden del salto y filmara los saltos, mientras que el otro procedió a descomprimir la arena con un rastrillo y aplanar la misma, posteriormente comprobar los 90° de flexión de rodilla del saltador e indica al otro evaluador que está correcto para saltar y anota los datos del salto. Un quinto evaluador estaría ayudando donde sea necesario en ambos grupos evaluatorios para corroborar que todo saliera como lo deseado.

3. 5. Tratamiento de datos

Se utilizó la aplicación “My Jump 2” para la recolección de datos de los participantes de este experimento, tanto en SR como en la arena. Esta aplicación nos brinda datos tales como la altura del salto realizado (en centímetros), el tiempo de vuelo del saltador (en milisegundos), la velocidad (medida en metros por segundo), la fuerza (medida en newton) y la potencia (medida en watts).

La altura de los saltos tanto bilaterales como unilaterales será utilizada en la fórmula de IB de Howard y Enoka (1991) para obtener el porcentaje de IB, determinando así los fenómenos DBL y FBL que puedan tener los participantes tanto en SR como en la arena.

Es de relevancia aclarar que todos los datos de los saltos recopilados del “My Jump 2” de la muestra seleccionada fueron trasladados a un Excel, y descargados en formato “.csv” para poder utilizarlos con el software “JASP”, en su versión 0.16.4.0. Este software permitió verificar que la distribución de los datos fuera normal utilizando el supuesto de normalidad con el test de “Shapiro-Wilk”. Habiendo hecho esto, fue posible utilizar el “Paired Samples T-test” para hacer una comparación estadística de los datos, observando que todos las comparaciones dieran una “p” > 0,05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. 1. Predominancia de facilitación bilateral sobre déficit bilateral

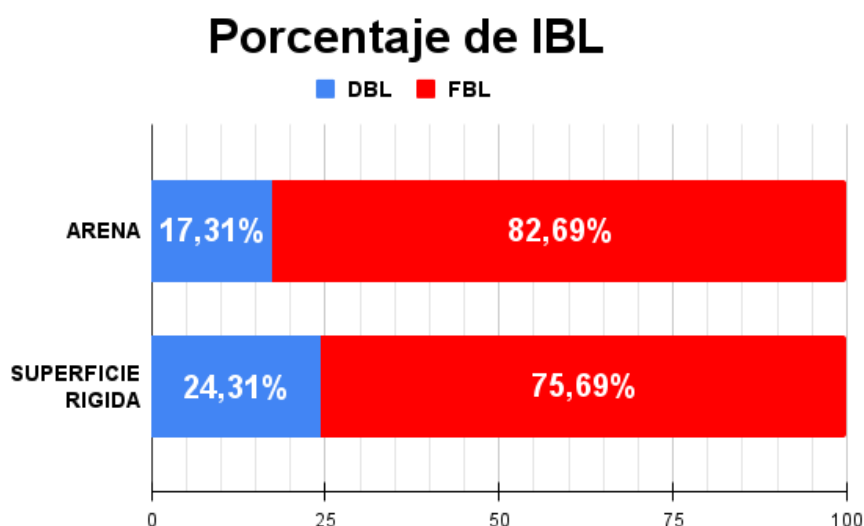
Los resultados presentaron una mayor diferencia porcentual entre las medias de IBL obtenidas en arena y SR en comparación con la diferencia presentada entre las medias de los distintos tipos de saltos evaluados en estas superficies (Tabla 3).

Sujeto	Sexo	IBL Arena	IBL Superficie Rígida	Salto Bilateral en Arena (cm)	Salto Bilateral en SR (cm)	Salto Unipodal Pierna Dominante Arena (cm)	Salto Unipodal Pierna No Dominante Arena (cm)	Salto Unipodal Pierna Dominante SR (cm)	Salto Unipodal Pierna No Dominante SR (cm)
1	Masculino	-6,46	-13,57	50,42	51,15	27,67	26,23	29,59	29,59
2	Masculino	4,42	18,43	42,32	46	18,81	21,72	18,81	20,03
3	Masculino	-0,32	1,04	39,9	41,67	20,45	19,58	21,25	19,99
4	Masculino	7,99	9,4	39,32	41,07	17,24	19,17	18,77	18,77
5	Masculino	11,26	7,79	44,08	39,32	18,37	21,25	16,86	19,62
6	Masculino	33,08	17,57	42,93	46,63	14,67	17,59	19,21	20,45
7	Masculino	5,98	12,21	41,13	41,73	18,41	20,4	17,98	19,21
8	Masculino	8,96	-0,88	38,8	40,54	17,98	17,63	20,45	20,45
9	Masculino	14,11	14,57	42,93	45,38	18,81	18,81	19,99	19,62
10	Masculino	24,02	18,92	42,81	40,48	15,35	19,17	16,83	17,21
11	Masculino	8,11	20,42	41,07	42,87	20,4	17,59	18,77	16,83
12	Femenino	2,81	0,09	34,34	33,8	15,38	18,02	15,75	18,02
13	Femenino	5,61	29,15	37,09	44,08	20,45	14,67	18,02	16,11
14	Femenino	-20,24	-25,54	24,83	26,71	10,73	9,84	10,14	11,04
15	Femenino	-0,33	6,17	30,66	32,68	15,38	15,38	16,11	14,67
16	Femenino	3,34	6,37	32,21	32,73	14,31	16,86	15,02	15,75
17	Femenino	0,94	-12,07	37,66	37,09	20,45	16,86	22,15	20,03
Media		6,07	6,48	38,9	40,2	17,9	18,3	18,5	18,7
Desviación Estándar		11,5	13,9	5,9	6,1	3,6	3,4	3,9	3,7

Tabla 3. Resultados del IBL en arena y superficie rígida.

Se logró identificar una predominancia de FBL sobre DBL, lo que verifica nuestra primera hipótesis donde estimamos que la muestra presentará predominantemente FBL en sus participantes de VP (Figura 7).

Figura 7. Porcentaje del IBL en arena y SR.



Existen distintas teorías para explicar la aparición de FBL en la muestra elegida. En primera instancia Fontaine (2018) estipula que el DBL es un fenómeno frecuente en sujetos desentrenados o poco entrenados, que no ocurre tan a menudo en poblaciones entrenadas. La muestra evaluada en este estudio declaró tener al menos dos años de entrenamiento en el VP, correspondiendo con una población entrenada.

Según Škarabot et al., (2016), el patrón de movimiento evaluado, incluyendo el tipo de contracción y los ángulos articulares, afectan la magnitud del DBL. Secher et al., (1988) encontraron que la familiarización con el movimiento a evaluar disminuye la magnitud del DBL, lo cual sugiere que la capacidad del sistema nervioso central para activar al máximo todos los músculos sinérgicos y/o para controlar los músculos antagonistas puede ser una limitación en la aplicación de fuerza bilateral. En el VP la posición paralela en cuclillas y el SV bilateral se utilizan de forma predominante en las acciones motrices de juego (bloqueo, remate y saque) (Castañeda y García, 2020; Homberg & Papageorgiou, 1994); esta habilidad, a pesar de ser manifestada usualmente con contramovimiento, presenta grandes similitudes biomecánicas con el SJ bilateral de

las evaluaciones realizadas, por lo que podemos constatar una familiaridad con el movimiento evaluatorio en nuestra muestra. A su vez esta teoría adquiere mayor relevancia al observar que la muestra declaró realizar, en promedio, mayor cantidad de SBL en comparación con SUL en sus entrenamientos (20,3 SUL promedio por entrenamiento; 65,7 SBL promedio por entrenamiento) lo cual demuestra experiencia con la evaluación (datos en anexo N° 6).

Una razón para que la FBL suceda en mayor proporción en esta muestra puede estar relacionado con lo expresado por Hüter-Becker, Schewe y Heipertz (2005) quienes afirman que las adaptaciones fisiológicas a causa del entrenamiento de fuerza son muy específicas. Por lo tanto, se puede esperar que los deportistas involucrados en deportes que regularmente incluyen movimientos bilaterales muestren un déficit bilateral reducido (Škarabot et al., 2016). En esta línea encontramos que nuestros resultados concuerdan con los resultados de otros autores los cuales respaldan la teoría de que el entrenamiento bilateral reduce el DBL mientras que el entrenamiento unilateral lo aumenta (Janzen, Chilibeck & Davison, 2006; Bobbert et al., 2006; Beurskens, Gollhofer, Muehlbauer, Cardinale & Granacher, 2015; Botton, Radaelli, Wilhelm, Rech, Brown & Pinto, 2016; Železnik, Slak, Kozinc & Šarabon, 2022).

4. 2. Índice bilateral en función de la superficie

La muestra masculina presentó una media de IBL en arena de $10,1 \pm 10,8$ y una media de IBL en SR de $9,6 \pm 10,4$ con una clara inclinación hacia la FBL. La muestra femenina presentó una media de IBL en arena de $-1,3 \pm 9,5$ y una media de IBL en SR de $0,7 \pm 18,6$ lo cual evidencia una leve tendencia hacia el DBL y una dispersión importante entre las participantes.

El test de normalidad de “Shapiro-Wilk” reveló que estos datos estuvieron dentro de una distribución normal. Posteriormente se utilizó el “Paired Samples T-test” donde se observó que el IBL se manifestó sin diferencias significativas entre superficies. Estos resultados corresponden con nuestra segunda hipótesis donde estimamos que existirá un IBL sin diferencias significativas independientemente que se realice en arena y SR (Figura 8).

Figura 8. Manifestación del IBL en superficie de arena y superficie rígida.

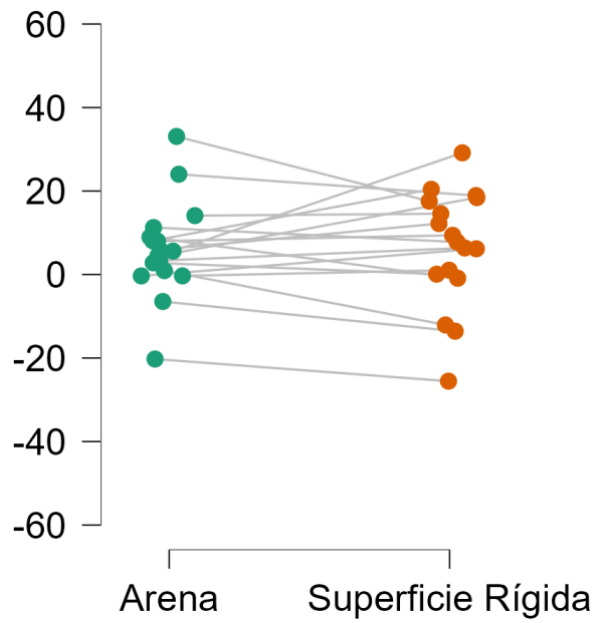


Figura 9. Manifestación del IBL de la muestra masculina.

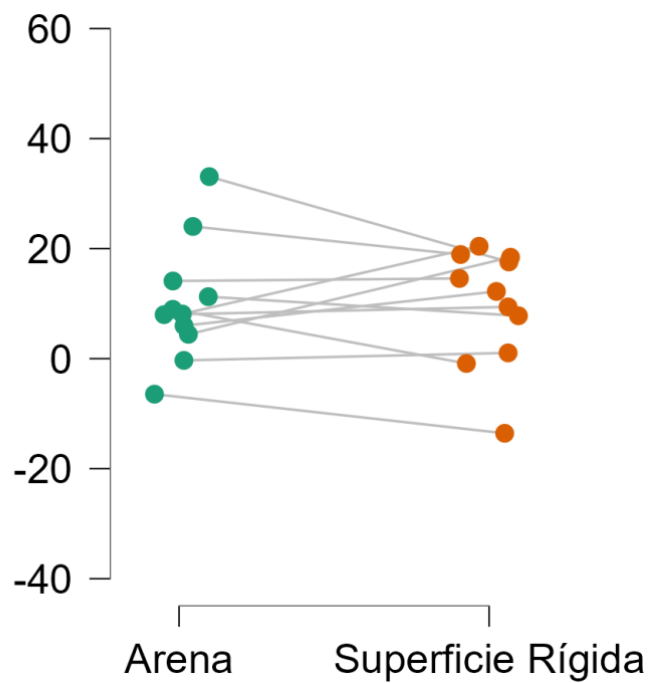
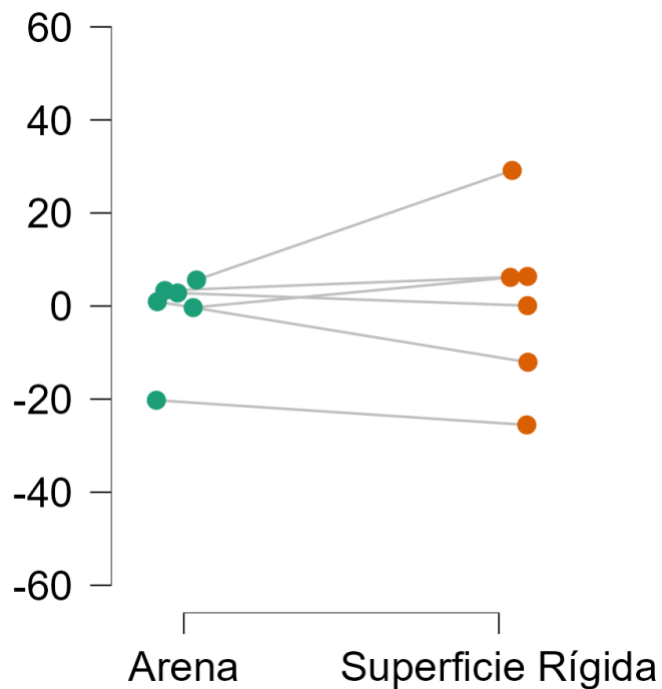


Figura 10. Manifestación del IBL de la muestra femenina.



Para comparación de IBL entre superficies para ambos sexos se utilizó el test de normalidad de “Shapiro-Wilk”, dando valores de distribución normal. Por otro lado, los “Paired Samples T-test” realizados dieron valores de “p” > 0,05.

Esta similitud entre los IBL de ambas superficies se sustenta con lo expresado por Bishop (2003) y Hespagnol y De Arruda (2014) donde estipulan que el salto puede ser una habilidad general y no está altamente influenciada por la superficie de testeo en sus estudios realizados con jugadores con experiencia en el VP.

Es de relevancia aclarar que estos resultados respecto a la magnitud de IBL en ambas superficies tuvieron una diferencia sutil con respecto al sexo de los participantes. Se encontró que las participantes femeninas tuvieron una leve inclinación hacia el DBL en la arena en comparación a la SR.

4. 3. Saltos en arena y superficie rígida

Respecto a la altura de los saltos entre superficies podemos evidenciar diferencias a favor de la SR ya que se lograron mejores rendimientos en la altura de los saltos, tanto en los SBL como en los SUL (Tabla 3).

Los SBL en arena presentaron una media de $38,9 \pm 5,9$ cm, mientras que la SR presentó una media de $40,2 \pm 6,1$ cm. Del mismo modo los SUL con pierna dominante en arena presentaron una media de $17,9 \pm 3,7$ cm, mientras que en SR la media obtenida fue $18,6 \pm 4,0$ cm. Asimismo, los saltos con pierna no dominante en arena nos proporcionaron una media de $18,3 \pm 3,4$ cm, mientras que la SR presentó una media de $18,7 \pm 3,8$ cm.

Figura 11. Comportamiento en el salto bilateral en arena y superficie rígida.

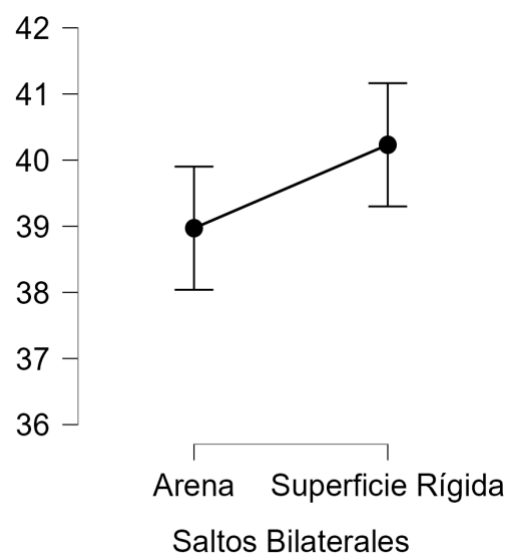
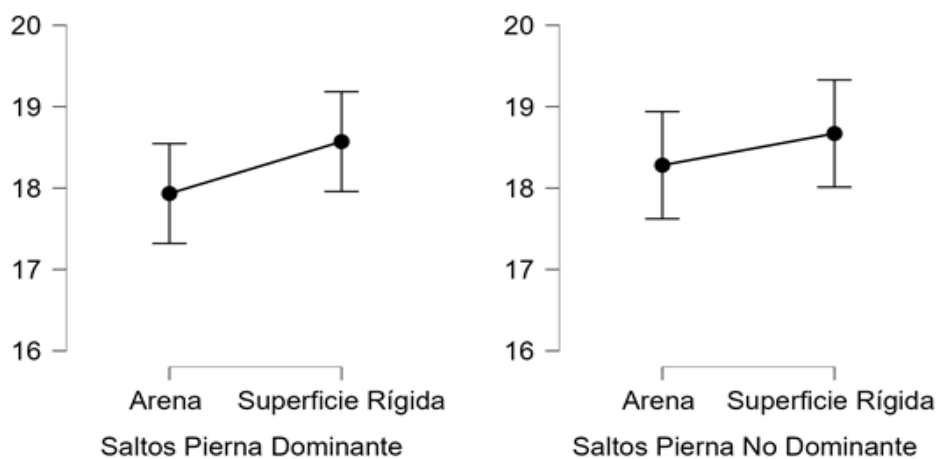


Figura 12. Comportamiento de saltos unilaterales de pierna dominante y pierna no dominante en arena y superficie rígida.



Este resultado es congruente debido a que existe una mayor absorción de energía en la superficie de arena y por ende menor energía devuelta al cuerpo en la fase concéntrica del salto previa al despegue en comparación con la SR (Bishop, 2003; Arazi et al., 2014).

Estos resultados coinciden con los alcanzados por Giatsis, Kollias, Panoutsakopoulos, & Papaiakovou (2004) quienes evaluaron SJ bilateral en SR y arena en jugadores profesionales de VP y encontraron que la altura de los SJ en arena fueron menores a las alcanzadas en SR debido a la inestabilidad de la arena. Esta inestabilidad es, según los autores, un factor inhibitorio para la aplicación de fuerza rápida lo cual puede retrasar la manifestación de fuerza máxima en la arena y enlentecer la velocidad de despegue.

Lejeune et al., (1998) encontraron una cantidad significativa de transferencia pasiva de energía desde el centro de masa del cuerpo a la arena durante los desplazamientos cuando el pie se hunde en la arena y mueve el sustrato. De esta manera, este autor y Pinnington y Dawson (2001) reportaron una disminución en la eficiencia músculo-tendinosa en la arena respecto a la lograda en SR debido a que el aumento en el consumo de energía fue desproporcionadamente mayor que el aumento en el trabajo mecánico realizado.

A su vez, creemos que posiblemente el SUL en arena fue el salto más difícil de realizar, ya que concentrar el peso de todo el cuerpo en un solo punto de apoyo sobre arena descompactada probablemente haya acentuado la pérdida de fuerza por disipación e impedido una óptima aplicación de fuerza por pérdida de estabilidad (Giatsis et al., 2004). Bishop (2003) atribuye esto a la baja rigidez de la arena y la absorción de una mayor proporción de las fuerzas aplicadas cuando se utiliza un despegue de un pie.

4. 4. Discusión sobre aspectos metodológico en la evaluación de los saltos

Es de valor recordar que los iPhone X y XR utilizados para filmar los saltos contaban con 240 fotogramas por segundo lo cual, según Balsalobre-Fernández et al., (2015) disminuye de forma sustancial el margen de error de selección de fotogramas de despegue y aterrizaje. Sin embargo, Balsalobre-Fernández et al., (2015) y Bogataj et al., (2020) utilizaron, respectivamente, “My Jump” y “My Jump 2” únicamente en SR. En nuestra investigación, existió un pequeño margen de error de 1 o 2 fotogramas en la

selección de los fotogramas de despegue y aterrizaje de los saltos realizados en arena por cuestiones visuales propias del hundimiento de los pies en la arena, lo cual puede haber alterado mínimamente los resultados otorgados por la aplicación “My Jump 2” en estos saltos.

A su vez, Balsalobre-Fernández, Trejo-González, del Campo-Vecino, & Bavaresco (2014) aclara que la ecuación para el cálculo de la altura de salto utiliza el tiempo de vuelo al cuadrado, lo cual significa que el error de medición aumenta con tiempos de vuelo más largos (Balsalobre-Fernández et al., 2014). Esto, por un lado, puede afectar en mayor medida la medición de los SBL en SR donde el tiempo de vuelo fue superior que los otros tipos de saltos realizados. Por otro lado, los SUL en arena, cuyos tiempos de vuelo fueron menores en comparación con los demás saltos, pueden haberse visto afectados en menor medida.

Otro aporte a la justificación de nuestros resultados en la diferencia de la altura del salto es el uso de calzado en suelo rígido, ya que el aumento de rigidez de flexión del calzado disminuye la absorción de energía en las articulaciones (Bishop, 2003) y por este motivo el hecho de no contar con calzado en arena puede haber sido causa de una menor altura de salto.

5. LIMITACIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

Una limitación fue la rigurosidad en la selección de la muestra lo cual afectó especialmente la cantidad de sujetos femeninos evaluados. Las exigencias presentadas en los criterios de selección como los requisitos físicos solicitados respecto a las lesiones, la exclusividad de seleccionar únicamente jugadores de VP competitivos y solicitar que fueran meramente mayores de edad, redujo sustancialmente la muestra femenina apta para ser evaluada. Para poder comparar de forma más igualitaria los datos de IBL y la capacidad de los saltos, sería ideal que futuras investigaciones cuenten con la misma cantidad de hombres y mujeres en la muestra.

Se recomienda para futuros estudios cuantificar objetivamente la humedad de la arena. Si bien en este estudio no se determinó precisamente la humedad, nuestra investigación aseguró que la arena utilizada estuviera seca y descompactada en cada arenero al menos 20 cm de profundidad así como también se tomó en consideración la medida de la granulación y consistencia de la arena.

6. CONCLUSIONES

En síntesis, se puede afirmar que se han cumplido fehacientemente con los objetivos propuestos en este proyecto. En este caso, comparando una serie de saltos verticales entre arena y superficie rígida, se verificó la hipótesis donde estimamos que la muestra presentará predominantemente facilitación bilateral en sus participantes de voleibol playa, ya que tanto el índice bilateral en superficie rígida como en arena mostró una mayor tendencia hacia una facilitación bilateral. Este resultado es conciliable debido a las características de la muestra, ya que el salto bilateral en arena es una de las acciones motrices principales tanto para acciones ofensivas como defensivas en el voleibol playa. Esta consecuencia es causa de la familiaridad con la superficie que dominan los participantes, así como también con la acción motriz evaluada.

A su vez, se verificó la segunda hipótesis, donde se plantea que existirá un índice bilateral sin diferencias significativas independientemente que se realice en arena o superficie rígida. Por otra parte es necesario hacer énfasis que al comparar el índice bilateral por sexo de los participantes se comprobó una mínima inclinación hacia un déficit bilateral en la arena por parte del grupo femenino. Este resultado podría ser objeto de estudio para futuras investigaciones.

Finalmente, hasta donde llega nuestro conocimiento, este trabajo es relevante, puesto que, es el primer estudio comparativo de la capacidad de salto vertical entre dos superficies utilizando como muestra jugadores de voleibol playa en nuestro país (Uruguay) lo cual supone una apertura de una nueva línea de estudio e investigación que puede ser de gran aporte a jugadores/as, entrenadores/as y preparadores físicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abernethy, B., Kippers, V., Hanrahan, S. J., Pandy, M. G., McManus, A. M., & Mackinnon, L. (2013). *Biophysical Foundations of Human Movement*. USA: Human Kinetics.
- Acero, R. M., y Peñas, C. L. (2005). *Deportes de equipo. Comprender la complejidad para elevar el rendimiento*. España. Barcelona: Inde.
- Anderson, C., & Pandy, G. (1993). Storage And Utilization OF Elastic Strain Energy During Jumping. *Journal of Biomechanics*, 26(12), 1413-1427. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(93\)90092-s](https://doi.org/10.1016/0021-9290(93)90092-s)
- Ahmadi, M., Nobari, H., Ramirez-Campillo, R., Pérez-Gómez, J., Lima de Araújo Ribeiro, A., & Martínez-Rodríguez, A. (2021). Effects of Plyometric Jump Training in Sand or Rigid Surface on Jump-Related Biomechanical Variables and Physical Fitness in Female Volleyball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13093. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/ijerph182413093>
- Arazi, H., Mohammadi, M., & Asadi, A. (2014). Muscular adaptations to depth jump plyometric training: Comparison of sand vs. land surface. *Interventional medicine & applied science*, 6(3), 125-30. Recuperado de <https://doi.org/10.1556/IMAS.6.2014.3.5>
- Ascenzi, G., Ruscello, B., Filetti, C., Bonanno, D., Di Salvo, V., Nuñez, J., Mendez-Villanueva, A. & Suarez-Arrones, L. (2020). Bilateral Deficit and Bilateral Performance: Relationship with Sprinting and Change of Direction in Elite Youth Soccer Players. *Sports*, 8(6), 82. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/sports8060082>
- Badillo, J. J., y Ayestarán, E. (1997). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo* (2da edición). Barcelona, España: Inde publicaciones.
- Bago, P. R. (2016). *Efectos del entrenamiento pliométrico en arena seca sobre las variables determinantes del rendimiento en jugadores de balonmano playa*.

(Tesis doctoral, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10433/2734>

Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>

Balsalobre-Fernández, C., Trejo-González, C. M., del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 528-533. Recuperado de: [10.1519/JSC.0b013e318299a52e](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e)

Beurskens, R., Gollhofer, A., Muehlbauer, T., Cardinale, M., & Granacher, U. (2015). Effects of heavy-resistance strength and balance training on unilateral and bilateral leg strength performance in old adults. *PLoS ONE* 10(2), e0118535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118535>

Binnie, M. J., Dawson, B., Pinnington, H., Landers, G., & Peeling, P. (2013). Sand training: a review of current research and practical applications. *Journal of Sports Sciences*, 32(1), 8-15. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.805239>

Bishop, D. (2003). A comparison between land and sand-based tests for beach volleyball assessment. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 43(4), 418-423. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14767400/>

Bobbert, M. F., De Graaf, W. W., Jonk, J. N., & Casius, L. J. R. (2006). Explanation of the bilateral deficit in human vertical squat jumping. *Journal of Applied Physiology*, 100(2), 493-499. Recuperado de <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00637.2005>

Bogataj, Š., Pajek, M., Andrašić, S., & Trajković, N. (2020). Concurrent Validity and Reliability of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump Height in Recreationally Active Adults. *Applied Sciences*, 10(11), 3805. <https://doi.org/10.3390/app10113805>

- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. (1983). A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Bosco, C. (1991). *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*. Barcelona, España: Paidotribo, S.A.
- Botton, C. E., Radaelli, R., Wilhelm, E. N., Rech, A., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2016). Neuromuscular adaptations to unilateral vs. bilateral strength training in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(7), 1924-1932. Recuperado de doi: 10.1519/JSC.0000000000001125
- Calbet, J. A., Ramírez, J. J. y Ortiz, R. A (1999). Factores estructurales determinantes de la fuerza muscular: métodos de estudio. En Ministerio de Educación y Cultura Consejo Superior de Deportes. (Ed.), *Biomecánica de la fuerza muscular y su valoración. Análisis cinético de la marcha, natación, gimnasia rítmica, bádminton y ejercicios de musculación*. (pp. 28-55). Madrid, España: Ministerio de Educación y Cultura Consejo Superior de Deportes.
- Castañeda, D., y García, T. (2020). Estudio del comportamiento del salto en atletas juveniles de voleibol de playa. *Revista PODIUM: Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 15(3), 21-48. Recuperado de <http://podium.upr.edu.cu/index.php/podium/article/view/953>
- Castejón, F. J. O. (2000). Diseño de escalas para la evaluación de la habilidad motriz de salto para la educación física en educación primaria. *Revista de Investigación Educativa*, 18(1), 47-64. Recuperado de <https://revistas.um.es/rie/article/view/121481>
- Castejón, F. J. O., Giménez, F. J., Jiménez, F. J., y López Ros, V. (2003). *Iniciación deportiva. La enseñanza y el aprendizaje comprensivo del deporte*. Sevilla, España: WANCEULEN EDITORIAL DEPORTIVA S. L.

- Challis, J. (1998). An Investigation of the influence of bilateral deficit on human jumping. *Human Movement Science*, 42(1), 73-81. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(98\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(98)00002-5)
- Chicharro, J., y Vaquero, A. F. (Ed). (1996). *Fisiología del Ejercicio* (2da ed.). Madrid, España: Editorial médica panamericana.
- 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. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1305453>
- Fontaine, C. J. (2018). Unilateral and bilateral exercise movements: Considerations for Program Design. *ACSM's Health & Fitness Journal*. 22(3), 11-16. Recuperado de doi: 10.1249/FIT.0000000000000390
- Giatsis, G., Kollias, I., Panoutsakopoulos, V., & Papaiakovou, G. (2004). Biomechanical Differences in Elite Beach-Volleyball Players in Vertical Squat Jump on Rigid and Sand Surface. *Sports Biomechanics*, 3(1), 145-158. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/14763140408522835>
- Griboff, P. (2020). Análisis descriptivo de diversas variables que afectan al voleibol femenino profesional. *Journal PucliCE*. Recuperado de <https://g-se.com/analisis-descriptivo-de-diversas-variables-que-afectan-al-voleibol-femenino-profesional-2794-sa-U5f3ff862d0c47>
- Grimby, L., & Hannerz, J. (1968). Recruitment order of motor units on voluntary contraction: changes induced by proprioceptive afferent activity. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 31(6), 565-73. Recuperado de <https://doi.org/10.1136/jnnp.31.6.565>
- Gutiérrez, M. D. (2010). *Biomecánica Deportiva*. Madrid, España: Síntesis.
- Halperin, I., Chapman, D. W., & Behm, D. G. (2015). Non-local muscle fatigue: effects and possible mechanisms. *European Journal of Applied Physiology*, 115(10), 2031-2048. Recuperado de <https://10.1007/s00421-015-3249-y>

- Hay, D., Aguiar de Souza, V., & Fukashiro, S. (2006). Human bilateral deficit during a dynamic multi-joint leg press movement. *Human Movement Science*, 25(2), 181-198. Recuperado de <https://10.1016/j.humov.2005.11.007>
- Hedrick, A. (2007). Training for High Level Performance in Women's Collegiate Volleyball: Part I Training Requirements. *Strength and Conditioning Journal*, 29(6), 50-53. Recuperado de <http://cstl-hhs.semo.edu/jpujol/pe341/Volleyball%20Training%20Part1.pdf>
- Herbert, R. D., & Gandevia, S. C. (1996). Muscle Activation in unilateral and bilateral efforts assessed by motor nerve and cortical stimulation. *Journal of Applied Physiology*, 80(4), 1351-1356. Recuperado de <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.4.1351>
- Hernández, R. S., Fernández, C. C., y Baptista, P. L. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México D. F. México. McGRAW-HILL.
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la metodología de la investigación empírica. El ejemplo de las ciencias del deporte*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Hespañol, J. E., y De Arruda, M. (2014). Rendimiento físico de jugadores de Vóley playa. *Revista peruana de ciencias de la actividad física y del deporte*, 1(1), 27-31. Recuperado de <https://doi.org/10.53820/rpcafd.v1i1.23>
- Hill, A. V. (1951). The earliest manifestation of the mechanical response of striated muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 138, 339-348. Recuperado de <https://doi.org/10.1098/rspb.1951.0027>
- Howard, J. D., & Enoka, R. M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *Journal of Applied Physiology*, 70(1), 306-316. Recuperado de <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.1.306>
- Hömberg, A., & Papageorgiou, A. (1994). *Handbook of beach volleyball*. Luxemburgo, Germany: Meyer & Meyer Verlag.
- Hüter-Becker, A., Schewe, H., y Heipertz, W. (2005). Fundamentos de las ciencias y la medicina del deporte. En C. Heipertz-Hengs (Ed.), *La rehabilitación en el deporte* (11-88). Badalona, España: Paidotribo.

- Izquierdo, M., Ibañez, J., Gorostiaga E., Garrues, M., Zúñiga, A., Antón, A., Larrión, J. L., & Hakkinen, K. (1999). Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167(1), 57–68. Recuperado de <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00590.x>
- Jakobi, J. M., & Chilibeck, P. D. (2001). Bilateral and Unilateral Contractions: Possible Differences in Maximal Voluntary Force. *Journal of Applied Physiology*, 26(1), 12-33. Recuperado de <https://doi.org/10.1139/h01-002>
- Janzen, C. J., Chilibeck, P. D., & Davison, K. S. (2006). The effect of unilateral and bilateral strength training on the bilateral deficit and lean tissue mass in postmenopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, 97(3), 253-260. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0165-1>
- Kawakami, Y., Sale, D. G., MacDougall, J. D., John S., & Moroz, J. S. (1998). Bilateral deficit in plantar flexion: relation to knee joint position, muscle activation, and reflex excitability. *European Journal of Applied Physiology*, 77(3), 212-216. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s004210050324>
- Lan, N. (2002). Stability Analysis for Postural Control in a Two-Joint Limb System. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 10(4), 449-459. Recuperado de <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2002.806842>
- Luarte, C. R., González, M. V., y Aguayo, O. A. (2014). Evaluación de la fuerza de salto vertical en voleibol femenino en relación a la posición de juego. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, 15(2), 43-52. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=525652729005>
- Lejeune, T. M., Willems, P. A., & Heglund, N. C. (1998). Mechanics and energetics of human locomotion on sand. *The Journal of experimental biology*, 201(13), 2071-2080. Recuperado de <https://doi.org/10.1242/jeb.201.13.2071>
- MacDonald, M., Losier, D., Chester, V., & Kuruganti U. (2014). Comparison of bilateral and unilateral contractions between swimmers and nonathletes during leg press and hand grip exercises. *Applied Physiology, Nutrition, and*

Metabolism, 39(11), 1245-1249. Recuperado de <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0040>

Macgregor, L. J., Ditroilo, M., Smith, I. J., Fairweather, M. M., & Hunter, A. M. (2016). The Effect of Titanic Stimulated Induced Fatigue on the Relationship between TMG and Force Production of the Gastrocnemius Medialis: 1354. *Journal of sport rehabilitation*, 25(3), 241 -247. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2014-0325>

Magnus, C. R. A., & Farthing, J. P. (2008). Greater bilateral deficit in leg press than in handgrip exercise might be linked to differences in postural stability requirements. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1132-1139. Recuperado de <https://doi.org/10.1139/H08-101>

Mariño, N. A. L., Becerra, H. A. R., y Bugallo, E. A. T. (2012). Análisis del rendimiento en el salto vertical de un grupo de deportistas del fútbol profesional colombiano. *Revista Actividad Física y Desarrollo Humano*, 4(1), 24-31. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/237016736.pdf>

Marques, N. K. J. (2012). Biomecánica aplicada a la locomoción y el salto en el voleibol. *EFDeportes.com, Revista Digital*, 17(171). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/237067247>

Miller, A. E., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., & Sale, D. G. (1993). Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66, 254–262. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/BF00235103>

Montoro, F. E. (2015). *Estudio de la capacidad de salto específico en voleibol*. (Tesis doctoral, Universidad de Málaga, España. Recuperado de <http://orcid.org/0000-0001-7348-5780>

Oda, S., & Moritani, T. (1996). Cross-correlation studies of movement-related cortical potentials during unilateral and bilateral muscle contractions in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 74(1-2), 29-35. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/BF00376491>

Official Beach Volleyball Rules 2021-2024. (2021). FIVB.

- Ohtsuki T. (1983). Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behavioural Brain Research, Elsevier Biomedical Press*, 7(2), 165-178. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(83\)90190-0](https://doi.org/10.1016/0166-4328(83)90190-0)
- Pandy, M. G., Zajac, F. E., Sim, E., & Levine, W. S. (1990). An optimal control model for maximum-height human jumping. *Journal of Biomechanics*, 23(12), 1185-1198. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(90\)90376-E](https://doi.org/10.1016/0021-9290(90)90376-E)
- Pandy, M. G., & Zajac, E. (1991). Optimal Muscular Coordination Strategies for Jumping. *Journal Biomechanics, Elsevier*, 24(1), 1-10. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(91\)90321-D](https://doi.org/10.1016/0021-9290(91)90321-D)
- Parlebas, P. (2001). *Juegos, deporte y sociedad: Léxico de praxiología motriz*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Palao, J. M., y López M, A. B. (2012). Establecimiento de objetivos a partir de objetivos a partir del análisis del juego para el trabajo técnico-táctico en voley playa. Un caso práctico. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 396, 35-47. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6348040>
- Pérez, A. R., y Márquez, A. Z. G. (2017). *Sedimentología*. Iztapalapa, México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD IZTAPALAPA.
- Pinnington, H. C., & Dawson, B. (2001). The Energy Cost of Running on Grass Compared to Soft Dry Beach Sand. *Journal of science and medicine in sport*, 4(4), 416-4130. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(01\)80051-7](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(01)80051-7)
- Pleša, J., Kozinc, Z., & Šarabon, N. (2022). Bilateral Deficit in Countermovement Jump and Its Influence on Linear Sprinting, Jumping, and Change of Direction Ability in Volleyball Players. *Frontiers in Physiology*, 13(768906), 1-19. Recuperado de <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.768906>
- Rejc, E., Lazzer, S., Antonutto, G., Isola, M., & Di Prampero, P.E. (2010). Bilateral deficit and EMG activity during explosive lower limb contractions against

different overloads. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 157–165.
Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1199-y>

Reglas oficiales de voleibol 2021-2024. (2021). FIVB.

Rodríguez, J. G. L., Jiménez, F. J., y Hernández, J. S. (2012). Análisis funcional y estructural del voley playa: observaciones para la interpretación de la acción de juego. *Acción motriz tu revista digital*, 9(1), 16-36. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/277260960>

Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J.B. (2014). Force–Velocity Properties’ Contribution to Bilateral Deficit during Ballistic Push-off. *Medicine and science in sports and exercise*, 46(1), 107-114. Recuperado de <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a124fb>

Schleitzer, S., Wirtz, S., Julian, R., & Eils, E. (2022). Development and evaluation of an inertial measurement unit (IMU) system for jump detection and jump height estimation in beach volleyball. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 52, 228-236. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s12662-022-00822-1>

Secher, N. H., Rube, N., & Elers, J. (1988). Strength of two- and one-leg extension in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 134(3), 333-339. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1988.tb08500.x>

Škarabot, J., Cronin, N., Strojnik, V., & Avela, J. (2016). Bilateral deficit in maximal force production. *European Journal of Applied Physiology*, 116(11-12), 2057–2084. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3458-z>

Struzik, A., Zawadzki, J., & Rokita, A. (2016). Leg stiffness and potential energy in the countermovement phase and the CMJ jump height. *Biomedical Human Kinetics*, 8(1), 39–44. Recuperado de <https://doi.org/10.1515/bhk-2016-0006>

Suárez, G. R. (2009). *Biomecánica deportiva y control del entrenamiento*. Medellín, Colombia: Funámbulos Editores.

Thibaudeau, C. (2007). *Teoría y Aplicación de Métodos Modernos de Fuerza y Potencia Métodos modernos para obtener súper-fuerza*. Montreal, Canadá: Editorial F. Lepine.

- Thorstensson, A., & Karlsson, J. (1976). Fatigability and Fibre Composition of Human Skeletal Muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 98(3), 318-22. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1976.tb10316.x>
- Van Soest, A. J., Roebroek, M. E, Bobbert, M. F, Huijing, P. A., & Van Ingen Schenau, G. J. (1985). A comparison on one-legged and two-legged countermovement jumps. *Medicine and science in sport and exercise*, 17(6), 635-639. Recuperado de <https://doi.org/10.1249/00005768-198512000-00002>
- Vera, D., Solano, C., y Vilorio, P. (2020). *Física Mecánica para Ciencias e Ingenierías*. Barranquilla, Colombia: Corporación Universidad de la Costa.
- Weakley, J. J., Till, K., Darrall-Jones, J., Roe, G. A., Phibbs, P. J., Read, D. B., & Jones, B. L. (2017). The influence of resistance training experience on the between-day reliability of commonly used strength measures in male youth athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 2005-2010. Recuperado de <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001883>
- Wilkie, D. R. (1956). Measurement of the series elastic component at various times during a single muscle twitch. *Journal of Physiology*, 134(3), 527-530. Recuperado de <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1956.sp005662>
- Železnik, P., Slak, V., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2022). The Association between Bilateral Deficit and Athletic Performance: A Brief Review. *Sports (Basel, Switzerland)*, 10(8), 112. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/sports10080112>

ANEXOS

ANEXO N°1. HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por propia voluntad estoy de acuerdo en participar del proyecto de investigación titulado “Déficit bilateral de miembros inferiores en jugadores de voleibol playa en superficie rígida y arena” cuyos responsables son los estudiantes de la Licenciatura en Educación Física; Nicolás Bertrán, Luciana Castro, Lucas De León, Gonzalo León y Lucas Olivera y su profesor tutor, Dr. Andrés González.

Afirmo estar en buenas condiciones de salud, y estar apto para realizar ejercicio físico intenso. A su vez, declaro no haber realizado ejercicio físico intenso las últimas 24 horas previas a las evaluaciones.

Adicionalmente, se me entregará un informe con los resultados individuales obtenidos, información que eventualmente podrá ser utilizada para ajustar la planificación de mis entrenamientos. Los datos provenientes del estudio resguardarán mi identificación y garantizarán mi anonimato. Los mismos podrán ser utilizados para finalidades estadísticas o científicas.

Soy consciente de que puedo abandonar las evaluaciones en cualquier momento si así lo deseo.

Me comprometo, a su vez, a responder con honestidad el cuestionario que se me otorgará y a seguir correctamente los procedimientos exigidos por los investigadores.

Leí y entendí lo expuesto en este documento y todas mis dudas y preguntas me fueron respondidas satisfactoriamente.

En forma voluntaria y libre, doy mi consentimiento para participar en este estudio.

Firma y aclaración del participante: _____

Firma y aclaración del investigador: _____

Lugar y fecha de firma del documento: _____

ANEXO N°2. HOJA DE CONSENTIMIENTO SOBRE DERECHOS DE IMAGEN

A través del presente documento autorizo de forma consciente y voluntaria el uso del material fotográfico y audiovisual que contenga mi imagen personal con el fin de ofrecer información necesaria para el proyecto de estudio experimental titulado “Déficit bilateral de miembros inferiores en jugadores de voleibol playa en superficie firme y arena”. Además, estoy de acuerdo con la difusión del contenido siempre que se trate de publicaciones o actividades institucionales en medios académicos sin fines de lucro con intención de divulgación científica o docente.

Firma y aclaración del participante: _____

Firma y aclaración del investigador: _____

Lugar y fecha de firma del documento: _____

ANEXO N°3. HOJA DE INFORMACIÓN

Título de la tesina y del proyecto marco: Déficit bilateral de miembros inferiores en jugadores de voleibol playa en superficie rígida y arena.

Investigadores Responsables: Nicolás Bertrán, Luciana Castro, Lucas de León, Gonzalo León, Lucas Olivera.

Tutor: Dr. Andrés González.

Nombre: Nicolás Bertrán E-mail: nbertranlopez1999@gmail.com	Nombre: Luciana Castro E-mail: lcastro1624@gmail.com
Nombre: Lucas de León E-mail: lucasdeleon2808@gmail.com	Nombre: Gonzalo León E-mail: gonzaleon030697@gmail.com
Nombre: Lucas Olivera E-mail: lukitaolivera17@gmail.com	Nombre: Dr. Andrés González E-mail: andresbalonmano@gmail.com

Tabla 4. Datos Personales de los autores.

Institución que avala el proyecto

Instituto Superior de Educación Física (ISEF) Centro Universitario Regional Este

Avenida Cachimba del Rey, entre Bulevar Artigas y Avenida Aparicio Saravia.

Maldonado

Tel: 42255326

Información sobre el proyecto y descripción de los procedimientos

Procedimiento de estudio

El procedimiento para el estudio consta de una serie de saltos unilaterales y bilaterales captados por video cámara de dispositivo celular para analizar los datos extraídos en la aplicación "My Jump 2". Serán necesarios un total de 18 saltos por cada participante. Se le pedirá a cada jugador que realicen tres saltos sin contramovimiento (squat jump), con MMII simultáneamente. Luego se procederá a evaluar la pierna derecha realizando tres saltos y para finalizar tres saltos con la pierna izquierda. Todos los saltos mencionados serán sobre las superficies de arena y SR. De los tres saltos unilaterales y bilaterales en arena y SR se tomará en consideración el intento con mayor valor. Vale destacar que se dispondrá de un tiempo prudente de descanso entre los saltos. Los cálculos estudiados serán en relación a tiempo de vuelo, altura del salto, velocidad conseguida en el salto y la fuerza y potencia producida en el mismo.

ANEXO N°4.

Correo electrónico	
Acepta que los datos obtenidos de este formulario sean utilizados de forma anónima con fines académicos.	Si / No
Nombre y Apellido	
Edad	
Nacionalidad	Uruguayo/a / Argentino/a / Otro
Pierna dominante	Derecha / Izquierda / Ambidiestro
Años de experiencia jugando al VP	
¿Con qué objetivo practica este deporte?	Alto rendimiento nacional / Alto rendimiento internacional / Otros
¿En cuántos torneos participó desde Diciembre del 2021 hasta la fecha? Especifique torneos nacionales e internacionales.	
¿Cuál fue su mejor resultado en este periodo? Especifique.	
¿Qué rol ocupa normalmente en la dupla?	Bloqueador / Defensor / Ambos / No tengo un rol definido
¿Cuántas sesiones semanales de entrenamiento realizó en promedio en el último mes?	
¿Cuántos saltos verticales bilaterales (con los dos pies apoyados) estima que realiza por entrenamiento?	
¿Cuántos saltos verticales unilaterales (con un solo pie apoyado) estima que realiza por entrenamiento?	
¿Ha realizado usted algún test de saltos verticales? De ser afirmativa su respuesta, ¿Qué test realizó? ¿Cuál fue el propósito de esta medición?	Si / No
¿Tiene o ha tenido lesiones en los	Si / No

miembros inferiores? De ser afirmativa su respuesta ¿Qué tipo de lesión es/fue y cuándo sucedió? ¿Está recuperado?	
¿Tiene alguna otra lesión y/o intervención quirúrgica que pueda influir en su rendimiento durante las evaluaciones? Descríbala.	Si / No
¿Cómo considera su calidad de sueño?	Muy Buena / Buena / Promedio / Pobre / Muy pobre
¿Cuántas horas diarias duerme normalmente?	7 hs o menos / 8 hs / Más de 8 hs
¿Cómo considera es su alimentación?	Muy buena / Buena / Promedio / Pobre / Muy pobre
¿Con qué frecuencia consume alcohol?	No consumo alcohol / Casualmente en eventos sociales / Una vez por semana / Dos veces por semana / Tres o más veces por semana
¿Con qué frecuencia consume tabaco?	No consumo alcohol / Casualmente en eventos sociales / Una vez por semana / Dos veces por semana / Tres o más veces por semana
¿Está bajo el uso de alguna medicación que pueda influir en su rendimiento físico?	Si / No
De ser afirmativa su respuesta, ¿qué tipo de medicamento es?	

Tabla 5. Información requerida para el proyecto de investigación “Déficit bilateral en miembros inferiores en jugadores de voleibol playa en superficie rígida y arena”.

¿Cuántas sesiones semanales de entrenamiento realizó esta semana?	
¿Entrenó 24 hs antes del día de evaluación?	Si / No
¿Con qué intensidad estima que entrenó?	Baja / Moderada / Alta
Del 1 al 10, ¿Qué tan fatigado se encuentra en este momento?	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Descansado Fatigado
¿Cuántas horas durmió previo a esta evaluación?	
¿Ingirió algún alimento en las últimas horas? ¿Cuáles?	

Tabla 6. Cuestionario.

Altura total (cm)	
Peso (kg)	
Largo de la pierna con pie en flexión plantar (cm)	
Altura desde el trocánter del fémur hasta el suelo con las rodillas flexionada a 90° grados en bipedestación (cm)	

Tabla 7. Datos solicitados para la aplicación "My Jump 2".

Fecha y hora	
Lugar	
Temperatura atmosférica (°C)	
Sensación térmica (°C)	
Humedad atmosférica (%)	
Presión atmosférica (hPa)	
Temperatura de la arena (°C)	

Tabla 8. Datos sobre las condiciones de la evaluación.

ANEXO N°5. TABLAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. EJEMPLO

Grupo 2					
Hora	T atm °C	Sens. Tem °C	Humedad atm	Pres. atm (hPa)	Temp.arena °C
9:04	15	17	55%	1021	17,6

Tabla 9. Ejemplo de recolección de datos de las condiciones de la evaluación.

Sujeto (sexo)	Edad (años)	Altura (cm)	Peso	IMC	Pierna dominante	Hs de sueño	Borg (1-10)	Entren. 24hs antes	Arenero
4 (M)	27	170	75,4	26,1	Izquierda	5	1	No	1
5 (M)	23	186	85	24,6	Derecha	8	4	No	1
6 (M)	24	192	82,5	22,4	Derecha	8	3	No	2
7 (M)	26	185	82,5	24,1	Izquierda	5	5	Si	2

Tabla 10. Ejemplo datos de los participantes.

Sujeto 4							
SALTO SJ (Arenero 2)	Altura del salto (cm)	Tiempo de vuelo (ms)	VEL (m/s)	F (N)	P (W)	% IBL arena	
1 (PD) Arena	19,17	395	0,97	997,52	967,36		
2 (PI) Arena	17,24	375	0,92	971,58	893,55		
3 (BL) Arena	39,32	566	1,39	1268,45	1761,53	% IBL arena	7,9923091
1 (PD) SR	18,77	391	0,96	992,12	951,98		
2 (PI) SR	18,77	391	0,96	992,12	951,98		
3 (BL) SR	41,07	579	1,42	1992,05	1833,92	% IBL SR	9,4033031

Tabla 11. Ejemplo 1: tabla de datos de los saltos.

Sujeto 5

SALTO							
SJ	A. del	T. de	VEL(m/s)	F (N)	P (W)		
(Arenero	salto (cm)	vuelo(ms)					
2)							
1 (PD)	18,37	387	0,95	1362,15	1293,12		
Arena							
2 (PI)	21,25	416	1,02	1444,76	1474,89		
Arena							
3 (PD)	44,08	600	1,47	2101,41	3090,08	% IBL	11,256941
Arena						arena	
1 (PD) SR	16,86	371	0,91	1318,72	11,99,34		
2 (PI) SR	19,62	400	0,98	1397,99	1371,43		
3 (BL) SR	39,32	566	1,39	1964,39	2728	% IBL	7,7850877
						SR	

Tabla 12. Ejemplo 2: tabla de datos de los saltos.

Sujeto	Salto	Orden de los saltos							
		Arena	Notas	Superficie rigida	Notas				
4	BP	4	7	9	4	7	9		
	UD	1	5	8	1	5	8		
	UI	2	3	6	2	3	6		
5	BP	X2	3	6	X1 Despegue de manos	X1	7	9	X1 CMJ
	UD	X1	4	7	X2 CMJ	X3	5	6	X3 Despegue de manos
	UI	X9	5	8	X9 Despegue de manos	2	4	8	

Tabla 13. Orden de los saltos.

ANEXO N°6.

Sujeto	Cantidad de Saltos Bilaterales por entrenamiento	Cantidad de Saltos Unilaterales por entrenamiento
1	50	0
2	70	0
3	50	20
5	45	5
6	100	60
7	120	15
8	80	30
9	80	5
10	0	0
11	120	20
12	100	20
13	50	50
14	50	15
16	50	10
17	50	50
18	30	30
19	70	15
Media	65,58	20,29

Tabla 14. Cantidad de saltos bilaterales y unilaterales por entrenamiento.

ANEXO N°7.





Tabla 15. Registro fotográfico.