

## Análisis comparativo intrasujeto en salto vertical 2d: squat jump y counter-movement jump

Intrasubject comparative analysis in vertical jump 2d: squat jump and counter-movement jump

### Wilder Geovanny Valencia Sánchez

Lic. Educación Física, Mag. Motricidad y Desarrollo Humano, Universidad de Antioquia. Docente Universidad San Buenaventura. Correo: [wilder.valencia@udea.edu.co](mailto:wilder.valencia@udea.edu.co)

### Diego Armando García Gómez

Lic. Educación Física, Universidad de Antioquia. Correo: [darmando.garcia@udea.edu.co](mailto:darmando.garcia@udea.edu.co)

### Bertulfo Herrera Quiceno

Lic. Educación Física, Mag. Motricidad y Desarrollo Humano, Universidad de Antioquia.  
Correo: [bertulfo.herrera@udea.edu.co](mailto:bertulfo.herrera@udea.edu.co)

### Samuel José Gaviria Alzate

Bioingeniero, Universidad de Antioquia. Msc. Sports Engineering, Hallam University, UK. Docente Universidad San Buenaventura. Correo: [samuel.gaviria@udea.edu.co](mailto:samuel.gaviria@udea.edu.co)

## Resumen

**Objetivo:** análisis cualitativo intrasujeto de dos saltos de la batería de Bosco: Squat Jump (SJ) y Counter Movement Jump (CMJ), utilizados para evaluar la potencia de miembros inferiores en deportistas. **Método:** se realizó un análisis en 2D, con la ayuda de una cámara CANON SX260 240fps y el programa Skillspector versión 1.3.2, que permite calcular valores de velocidad y aceleración. El sujeto realizó 3 intentos de cada salto en condiciones similares, de los cuales se eligió la mejor expresión de cada salto. **Resultados:** el sujeto presenta mayor altura en el salto SJ comparado con la altura alcanzada en el salto CMJ, mientras que la velocidad alcanzada en el CMJ es mayor que la obtenida en el SJ; de la misma manera, la aceleración es mayor en el CMJ, comparada con el SJ. **Conclusión:** los valores obtenidos son

coherentes con el entrenamiento realizado por el sujeto, quien lleva cuatro años con actividad física tres veces por semana, con entrenamiento de la resistencia mediante método de carrera continua, sin entrenamiento de fuerza de miembros inferiores.

**Palabras clave:** biomecánica, salto vertical, fotogrametría 2D, Squat Jump, Counter Movement Jump.

## Summary

**Aim:** Intrasubject qualitative analysis of two jumps from Bosco battery: Squat Jump (SJ) and Counter Movement Jump (CMJ), used to evaluate the potency of lower limbs in athletes.

**Method:** Analysis was performed in 2D, with the help of a CANON SX260 240fps camera, and the SkillSpector program, version 1.3.2, which allows to calculate speed and acceleration values. The subject performs 3 tries each jump in similar conditions, of which the best expression of each jump was chosen. **Results:** The subject has greater height in SJ leap from the height reached in the CMJ jump, while the speed achieved in the CMJ is greater than that obtained in the SJ; in the same manner, the acceleration is greater in the CMJ, compared to SJ. **Conclusion:** Results are consistent with the training performed by the subject, who has spent four years with physical activity three times a week, with resistance training using method of continuous running without strength training of the lower limbs.

## Introducción

Una de las acciones de alta intensidad más determinantes durante la práctica del deporte, es la capacidad de salto, como ocurre en los juegos colectivos, por ejemplo en baloncesto, donde en diferentes acciones específicas del juego, como tirar o entrar a canasta, es necesaria la capacidad de salto, sugiriéndose así que es un factor principal en el éxito de este deporte (San Román et al., 2011). Las manifestaciones de fuerza explosiva están presentes en todas las situaciones deportivas, en las cuales son necesarias alteraciones rápidas de dirección y/o aceleraciones (Silva et al., 2011).

Para Smith et al. (1992) el salto vertical es un movimiento común en diversos deportes, teniendo la necesidad de garantizar que tanto una técnica correcta como la manifestación de las fuerzas durante el salto, sean máximas. Se ha descubierto entonces, que los deportistas más rápidos son los que tienen mayores índices de fuerza reactiva y menor contacto de apoyo con el suelo (Anselmi, 2007). Así, las acciones cortas y explosivas en los diferentes

deportes permiten obtener diferencias a favor, lo que puede significar ganar la disputa deportiva.

De acuerdo con Mouche, “en la actualidad la velocidad y la potencia son las características más importantes para tener éxito en los deportes. Para entrenar óptimamente la fuerza explosiva, condición indispensable para la velocidad y la potencia es necesario evaluar correctamente sus valores” (2001). De esta manera, es necesario realizar evaluaciones que den cuenta de estas acciones para establecer las necesidades individuales y poder focalizar el proceso de entrenamiento.

La altura del salto es un buen predictor o indicador de la relación de fuerza-tiempo, es decir, de potencia muscular. Por tal motivo, se emplean tests estandarizados para valorar el rendimiento deportivo en los diferentes tipos de saltos verticales (Jiménez et al., 2011), como el protocolo de Bosco (1994), que permite evaluar los niveles de fuerza y reactividad de los miembros inferiores, y que se puede realizar de diversas maneras:

- 1) Mediante el dispositivo de Abalokov
- 2) Utilizando una videocámara
- 3) Mediante una plataforma de medición de salto (Anselmi, 2007).

Los métodos directos implican un costo mayor, lo que aumenta la complejidad para su utilización por las posibilidades de acceso (Silva et al., 2011), mientras que el test de Bosco es ideal para utilizar en el campo y medir el rendimiento actual de los atletas.

Para la evaluación de la capacidad de salto, se pueden utilizar: *Squat Jump (SJ)* (Tabla 1), *Counter Movement Jump (CMJ)* (Tabla 2), *Abalakov*, *multisaltos*, entre otros. Los dos primeros saltos son considerados en este estudio. El primer salto ofrece un parámetro de fuerza básica de las piernas, mientras que el segundo agrega un componente reactivo del sujeto en cuestión. Según Anselmi, “Se estima que el valor del Counter Movement Jump puede llegar a ser un 25% mayor que el Squat Jump, en deportistas destacados” (2007, p.163). Estas diferencias en la altura del salto y en la capacidad de aceleración, permiten determinar la dirección del entrenamiento.

**Tabla.** Características del salto Squat Jump (SJ)

| Squat Jump  |                     |   |
|---|---------------------|---|
| Cualidad examinada  | Tipo de actividad   | Relación con otros parámetros y funciones   |
| Fuerza explosiva<br>Capacidad de reclutamiento nervioso<br>Expresión porcentual elevada de fibras rápidas | Trabajo concéntrico | Correlación con el sprint, con los tests Abalokov, Seargent y salto de longitud parado; con el pico de fuerza registrado en máquinas isocinéticas a una velocidad de 4,2 rad/seg. |

**Tabla 2.** Características del salto Counter Movement Jump (CMJ)

| Counter Movement Jump  |  |  |
|--|--|--|
| Cualidad examinada   | Tipo de actividad  | Relación con otros parámetros y funciones  |
| Fuerza explosiva<br>Capacidad de reclutamiento nervioso<br>Expresión de un potencial elevado de fibras rápidas<br>Reutilización de la energía elástica y coordinación intra e intermuscular. | Trabajo concéntrico precedido por una actividad excéntrica (contra movimiento) | Correlación con el sprint, con los test Abalakov, Seargent y salto de longitud desde parado, con el pico de fuerza registrado en máquinas isocinéticas; con la fuerza isométrica máxima; con el área de las fibras veloces del músculo vasto lateral, y con el % de fibras rápidas presente en los cuádriceps. |

Se ha observado que existe una alta relación entre la altura de vuelo en el salto vertical y la capacidad máxima de aceleración (Ferragut & López, 1998), de ahí que los tests de salto vertical se utilicen en la valoración de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores (Ferragut et al., 2003). También el sprint, como la capacidad para correr una distancia en el menor tiempo posible, está fuertemente relacionado con la capacidad de fuerza y potencia en el salto vertical como el CMJ y el SJ (Gutiérrez et al., 2011).

Algunos estudios sugieren que la contribución de los distintos segmentos corporales en el salto, como los brazos y el tronco, modifican la técnica y el rendimiento del salto (Domire & Challis, 2010; Hara et al., 2008; Lees et al., 2004; López & López, 2012). El salto contra movimiento (CMJ), podría tener un beneficio mayor que el Squat Jump (SJ) en el retorno de energía elástica muscular, o fuerza reactiva, que habría sido almacenada por el incremento de la tensión producida (Gutiérrez et al., 2011).

Como señala Komi (1992), es importante diferenciar las acciones musculares de acuerdo a su sollicitación; es decir, al realizar una acción concéntrica, el desempeño del salto estará relacionado con la capacidad de generar fuerza por el músculo involucrado, mientras que una acción que consiste en el alargamiento (acción excéntrica) previo al acortamiento de las fibras musculares (acciones concéntricas), esta secuencia es denominada Ciclo de Estiramiento-Acortamiento (CEA) (Marcelino, 2012).

Cuando se realizan comparaciones entre la fuerza concéntrica y el Ciclo de Estiramiento-Acortamiento (CEA), estas han arrojado resultados más satisfactorios al CEA, debido principalmente al reflejo miotático, que genera energía elástica del complejo músculo tendinoso, que es utilizado en menos de 0.9 segundos, evitando que se disipe la energía en calor. Después de 0.35 segundos, las pérdidas de energía elásticas son mayores (García et al., 1996). De acuerdo con López & López,

Los tests de salto, y concretamente el salto vertical con contra movimiento (CMJ), se han venido conformando como uno de los métodos de evaluación de la potencia del tren inferior más utilizados dentro del ámbito de la actividad física y el deporte (2012).

Se puede considerar que la altura del vuelo en el salto vertical está condicionada, principalmente, por las siguientes variables (Ferragut et al., 2003):

- 1) La fuerza de contracción del músculo y la velocidad para generar tensión durante el mismo, lo que depende de:
  - a) La velocidad de reclutamiento y activación de las motoneuronas implicadas en el salto
  - b) El número de unidades motoras reclutadas y su frecuencia de descarga
  - c) La interacción de los elementos contráctiles y elásticos
- 2) La coordinación intramuscular
- 3) La coordinación intermuscular
- 4) El centro de masa.

Por todo ello, algunos científicos sugieren que una mayor altura de salto podría favorecer el rendimiento de los jugadores. La expresión del salto es un indicador de fuerza explosiva de las extremidades inferiores, teniendo óptimos resultados en deportes como voleibol, baloncesto, fútbol, balonmano, entre otros (San Román et al., 2011).

El presente estudio pretende analizar en un ex deportista, las diferencias entre el Squat Jump y Counter Movement Jump, mediante un análisis cinemático de 2D.

## Metodología

### Participante

Para la recolección de datos se observó a un estudiante universitario (Tabla 3) de la ciudad de Medellín, que previamente firmó un consentimiento informado basado en la *Declaración de Helsinki*. El estudio fue realizado entre los meses de abril y mayo de 2015.

Tabla 3. Características del sujeto

| Edad    | Estatura | Peso  | IMC  | Porcentaje de grasa | Experiencia deportiva |
|---------|----------|-------|------|---------------------|-----------------------|
| 26 años | 1,85 m   | 82 kg | 23,9 | 14%                 | 15 años               |

El sujeto no presentó antecedentes de lesión en los miembros inferiores en el momento de la realización de las mediciones, que pudiera afectar la ejecución de los saltos o comprometer su seguridad. Los datos antropométricos fueron recolectados mediante el protocolo de La Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (Norton et al., 2000), y los demás datos se recolectaron con una encuesta *ad hoc*.

### Procedimiento

Para la recolección de los datos, se solicitó al sujeto que ejecutara tres repeticiones de cada salto, al máximo de sus posibilidades, teniendo en cuenta el protocolo de salto de Bosco (1994) para la realización del Squat Jump (SJ) y Counter Movement Jump (CMJ).

Los saltos se realizaron desde una posición inicial erecta, con las rodillas flexionadas a 90° (Gráfica 1). Durante los saltos efectuados desde la posición de semisentadilla o “Squat”, no se permitió realizar contra movimiento alguno. Este salto es conocido como salto sin contra movimiento o *Squat Jump* (SJ). El otro tipo de salto se inició desde la posición erecta, donde el sujeto realizó un contra movimiento previo al salto, con una flexión de piernas hasta 90° y, sin detenerse, realizó una rápida extensión de piernas. Este salto se conoce como salto con contra movimiento o *Counter Movement Jump* (CMJ). En ambas condiciones, el sujeto mantuvo sus manos en las caderas para evitar una posible contribución de los brazos al salto. El sujeto estaba familiarizado con el protocolo por antecedentes deportivos y académicos, que permiten constatar más de cinco años de experiencia.

## SJ

Jiménez et al. describen el *Squat Jump* así:

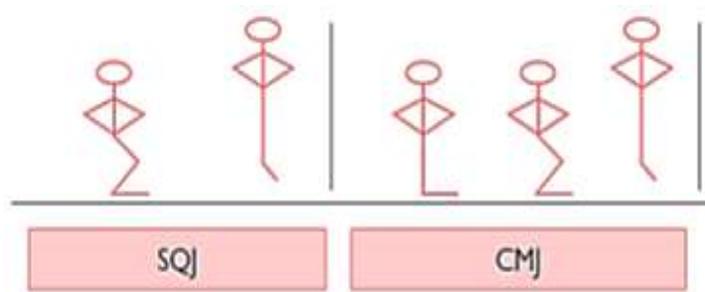
[...] el test SJ que es un salto vertical en el que se pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad partiendo desde una flexión de rodillas sin realización de contra movimiento. La flexión debía llegar hasta un ángulo aproximado de 90º, aunque el grado de flexión no parece determinante si los saltos son “normales” o “naturales” (González-Badillo, 2005b). Las manos debían quedar fijas, pegadas a las caderas. El tronco debía estar vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas debían permanecer rectas durante el vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se pueden flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90º en las rodillas. El protocolo fue el mismo utilizado para el CMJ, con la diferencia de que el sujeto, como hemos indicado, partía de una posición estable de 90º de flexión en rodilla (2011, p.115).

Esperando luego 5 segundos para que desaparezca la fuerza reactiva.

## CMJ

Jiménez et al. describen el *Counter Movement Jump* de este modo:

El CMJ es un salto vertical en el que se pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad realizando una flexión-extensión rápida de piernas con la mínima parada entre ambas fases. La flexión de rodillas tenía que llegar hasta un ángulo aproximado de 90°. No se permitía la ayuda de brazos, por lo que las manos debían quedar fijas, pegadas a las caderas. El tronco debía estar próximo a la vertical, sin un adelantamiento excesivo. Las piernas debían permanecer rectas durante la fase de vuelo, tomando contacto con el suelo con las puntas de los pies, y las rodillas estiradas. Después de tomar contacto con el suelo se podían flexionar las piernas hasta un ángulo aproximado de 90º en las rodillas. La posición inicial del sujeto era de pie con el cuerpo estirado y guardando la vertical (sin flexión de caderas o rodillas y sin inclinación hacia los lados o delante-atrás) (2011, p.115).



Gráfica 1. Representación del SJ y CMJ. Adaptado de Marcelino et al., 2012.

El individuo realizó un calentamiento previo de 10 minutos de duración, consistente en:

5 minutos de carrera suave.

Estiramientos de psoas, cuádriceps, aductores, gemelos en 2 x 8 segundos con cada pierna.

3 saltos verticales de SJ y CMJ.

Posteriormente el sujeto realizó 3 saltos SJ y 3 saltos CMJ, y sólo se analizó el mejor salto en cada uno. Entre cada repetición hubo una recuperación completa, teniendo una densidad de 1:30, lo que garantizó la recuperación para el siguiente intento. El tiempo para la recolección de datos fue aproximadamente de 1 hora.

Los segmentos corporales que se tomaron como referencia para el análisis 2D fueron: articulación del tobillo, rodilla, cadera y el sitio más prominente del pie, ubicado en la superficie externa del mismo; estos fueron señalados con cinta negra y marcador oscuro, para realizar la observación con el Skillspector versión 1.3.2.

El individuo fue filmado con una cámara en el plano sagital con las siguientes características:

CANON SX260.

240 Hz.

Terminales de entrada y salida: Micro HDMI®, Modo USB de alta velocidad (USB 2.0).

Terminal multi/micro USB.

Los videos fueron descargados al computador mediante un cable de conexión de USB. Posteriormente, los videos fueron analizados, editados y guardados en el formato .avi mediante el programa MPEG Streamclip.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa SkillSpector versión 1.3.2, basado en video para Windows (gratis y libre), utilizado para el análisis de movimiento y/o habilidad. Con el programa se realizó el modelo de digitalización y la configuración de calibración de imagen; el primero define los puntos, objetos y segmentos del cuerpo humano que sean de interés; el segundo transforma las coordenadas en las unidades necesarias para el análisis, utilizando un sistema de referencia preestablecido (Gráfica 2).

### Análisis Estadístico

Para este estudio se hizo un análisis cualitativo intrasujeto de 2 técnicas de salto de la batería de Bosco (SJ y CMJ) en 2D, con el programa SkillSpector versión 1.3.2, el cual fue utilizado para el análisis de observación de datos cinemáticos de video 2D, y para la digitalización manual de imágenes mediante un modelo mecánico de tres segmentos: cadera (cresta iliaca), rodilla (tuberosidad externa) y tobillo (maléolo externo) del lado derecho. Se realizó suavizado cero para evitar posibles errores. Para la conversión en datos reales se utilizó un sistema de referencia (Gráfica 2) consistente en un cubo de 2x1 m (X, Y).



Grafica 2. Modelo de calibración 2D

## Resultados

En el análisis cinemático del salto Squat Jump y el Counter Movement Jump del ex deportista, se realizó una observación mecánica corporal de las características de cada salto, realizando una comparación del mejor salto (SJ vs CMJ), obtenido por el sujeto de manera cualitativa (Gráfica 3).

### Salto CMJ



### Salto SJ



Gráfica 3. Secuencia de los saltos SJ y CMJ.

Se encontró que el sujeto tiene un mejor desempeño en el salto SJ (51cm) comparado con el CMJ (44cm), logrando una mayor altura (Gráfico 4). Este dato fue tomado de la altura que alcanza el tobillo en relación al piso.

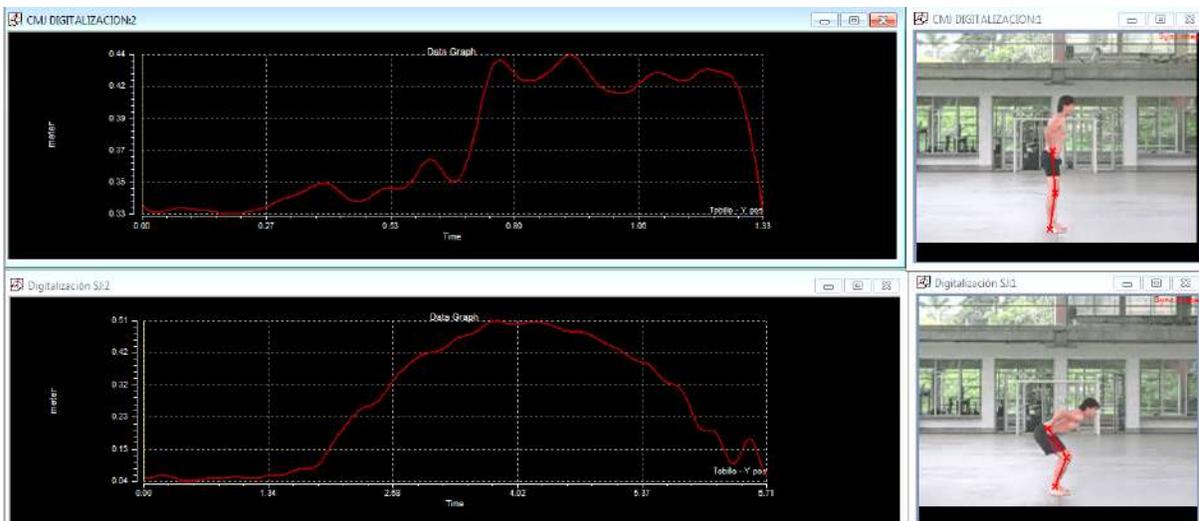


Gráfico 4. Análisis comparativo de la altura alcanzada con los saltos SJ y CMJ.

En cuanto a la velocidad (Gráfica 5), el sujeto alcanzó una velocidad de 1.43 m/s en el CMJ, mientras que en el SJ logró una velocidad de 0.61 m/s. Estos datos fueron tomados teniendo como referencia la articulación del tobillo.

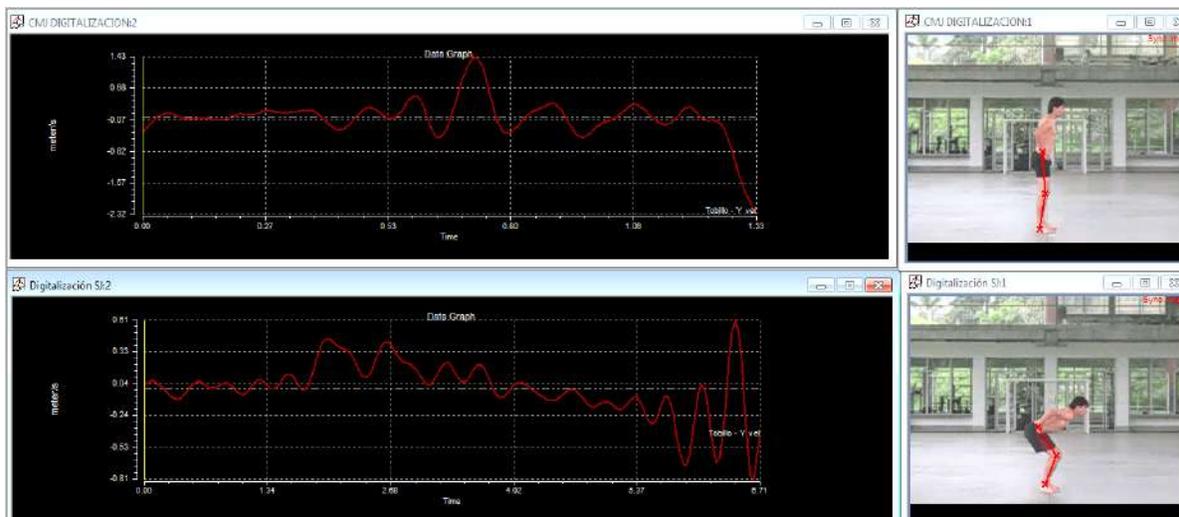


Gráfico 5. Análisis comparativo de la velocidad alcanzada con los saltos SJ y CMJ.

En cuanto a la aceleración (Gráfica 6), el sujeto logró en el CMJ  $36.59 \text{ m/s}^2$ , mientras que en el SJ logró  $15.79 \text{ m/s}^2$ . Estos datos fueron tomados teniendo como referencia la articulación del tobillo.

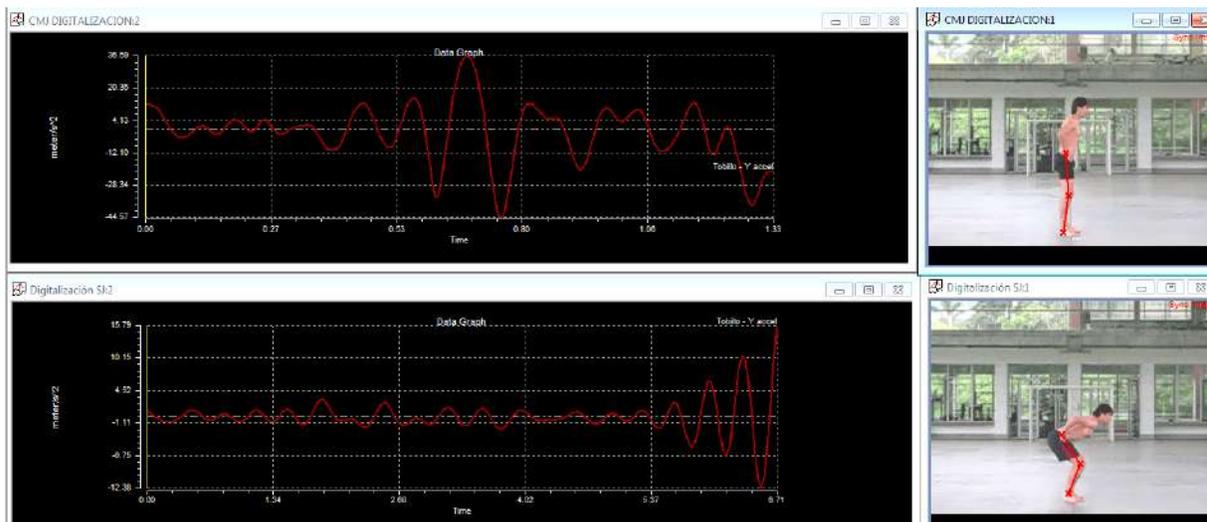


Gráfico 6. Análisis comparativo de la aceleración alcanzada con los saltos SJ y CMJ.

Con los datos obtenidos, se calculó: el *porcentaje de utilización de la energía elástica (%E)* y el *Índice Elástico (IE)* (Bosco, 1994).

$$\%E = (\text{CMJ} - \text{SJ}) * 100 / \text{CMJ} =$$

$$\%E = (44 - 51) * 100 / 44 = -15,90 \%$$

$$IE = \text{CMJ} - \text{SJ} = -7$$

Se observa que el sujeto tuvo valores negativos en la utilización de la energía elástica y el índice elástico.

Tabla 4. Resultados obtenidos en la comparación de test de salto

| Salto | altura máxima (cm) | Velocidad (m/s) | Aceleración (m/s <sup>2</sup> ) | Energía elástica (%) | Índice Elástico (%) |
|-------|--------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| SJ    | 51                 | 0.61            | 15.79                           | -15,90               | -7                  |
| CMJ   | 44                 | 1.43            | 36.59                           |                      |                     |

Los datos obtenidos (Tabla 4) son los máximos alcanzados en cada uno de los saltos.

Según los datos obtenidos, se observa que el sujeto tiene mayor fuerza concéntrica (altura SJ) comparada con la fuerza reactiva (altura CMJ), (Tabla 4).

En cuanto a la velocidad alcanzada, el sujeto registró en el SJ una mayor velocidad comparada con el CMJ. Por su parte, la aceleración conseguida por el sujeto fue mayor en el CMJ (15.79 m/s<sup>2</sup> vs 36.59 m/s<sup>2</sup>) comparada con el SJ. Se observa también que el sujeto tuvo valores negativos en la utilización de la energía elástica y el índice elástico (Tabla N° 4).

## Discusión

El presente estudio analizó las diferencias entre el Squat Jump y Counter Movement Jump en un ex deportista mediante un análisis cinemático de 2D. Los resultados muestran datos similares a otras investigaciones en relación a la ventaja que tiene el CMJ sobre el SJ, en las variables de velocidad y aceleración (Ferragut et al., 2003; Jiménez et al., 2011; Marcelino et al., 2012; San Román et al., 2011), pero no así en la altura conseguida por el sujeto, porque este alcanza una mayor altura en el SJ comparado con el CMJ, dato contradictorio en la literatura, porque el salto del CMJ, utiliza el CEA, que permite alcanzar valores superiores que el SJ.

Anselmi (2007) concluyó que en deportistas destacados, los valores obtenidos al realizar el CMJ son 25% mayores en las variables analizadas. Sin embargo, los valores arrojados en el presente estudio son superiores en la variable de velocidad en 57% (0,82 m/s<sup>2</sup>) y en la variable de aceleración también en 57% (20,8 m/s<sup>2</sup>); pero en la altura del salto, el SJ tiene

ventaja comparado con el CMJ en 7 cm, que equivale al 14%. Al parecer, el individuo es fuerte, pero tiene poca utilización de la energía elástica o fuerza reactiva.

El desempeño bajo esta considerado en 20 cm en la altura del salto, asociado por el movimiento de agachamiento preparatorio inconsciente y extensión insuficiente del cuerpo (Deprá & Walter, 2012); sin embargo, el sujeto de estudio superó los 20 cm, lo que significa la realización correcta de estos dos movimientos, que permiten superar la barrera de los 20 cm.

Existe una asociación fuerte entre la fuerza explosiva de los músculos extensores de la rodilla y el rendimiento en la aceleración de carrera; por tanto, conseguir una altura considerable en el CMJ, se considera una expresión de fuerza explosiva (Jiménez et al., 2011); en contraste, el sujeto de estudio tiene poca fuerza explosiva expresada en la capacidad de producir fuerza en unidad de tiempo realizada por los miembros inferiores.

Teniendo en cuenta la importancia de la fuerza explosiva y los valores bajos encontrados en este estudio, Marcelino et al., (2012) recomiendan un entrenamiento específico para el aprovechamiento de la energía elástica con trabajos de fuerza y coordinación.

Para tal fin, en la literatura se encuentran 2 métodos de entrenamiento como alternativa para desarrollar la fuerza explosiva del sujeto de estudio (San Román et al., 2011):

**Entrenamiento con resistencia o sobrecarga:** ofrece dos posibilidades:

a) la utilización de cargas próximas al 80-90% de 1RM, provocando un alto reclutamiento de fibras rápidas, una de las razones por la que el sujeto no logró mejores valores;

b) la utilización de cargas ligeras cercanas al 30% de 1RM, manteniendo un entrenamiento específico. Además para González & Ribas (2002), la velocidad de ejecución del movimiento tiene que ser máxima, para producir la fuerza explosiva ante la carga dada.

**Entrenamiento pliométrico:** se realizan ejercicios que suponen una contracción excéntrica, seguida de una contracción concéntrica. Ausmussen & Bonde-Peterson (1974) señalan que este tipo de entrenamiento genera mayor tensión que el entrenamiento con sobrecargas. Una solución para su condición, es entrenar solamente la fuerza reactiva calculando la altura óptima de caída "Q".

Los valores obtenidos son coherentes con el entrenamiento realizado por el sujeto, quien lleva cuatro años con actividad física tres veces por semana, con entrenamiento de la resistencia mediante método de carrera continua, sin entrenamiento de fuerza de miembros inferiores.

## Conclusiones

Se recomienda, en próximas investigaciones, realizar un estudio cuantitativo, aumentando el tamaño de la muestra, considerando, además, mayor cantidad de variables fundamentales para el análisis, tales como:

- Potencia máxima total (vatios -w)
- Potencia máxima relativa a la masa corporal (vatios/kilogramo- w/kg)
- Fuerza Vertical máxima total (Newton- N).
- Fuerza Vertical máxima relativa al peso corporal (veces el peso corporal-BW) (Juárez et al., 2010).

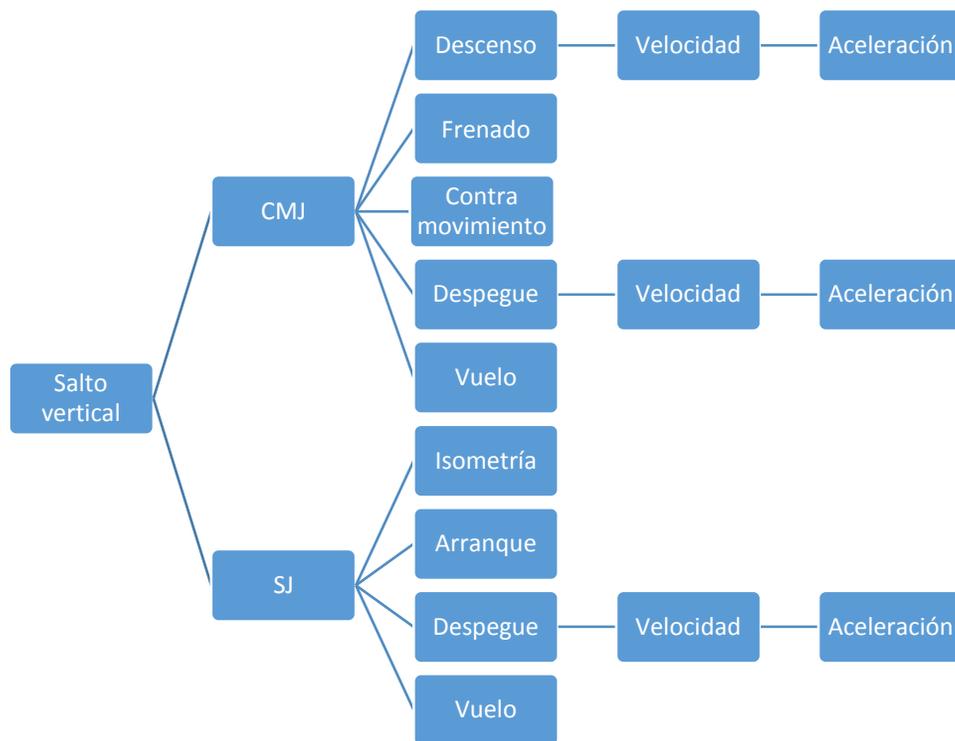
Tener en cuenta para futuros análisis el *Abalakov*, dado que el uso de los brazos en el CMJ, supone una mejora del 10% (López & López, 2012).

Considerar, además, la proporción de masa muscular concentrada en las extremidades inferiores en relación de la masa corporal, porque significa mayor capacidad de salto (Ferragut et al., 2003).

El salto vertical es una habilidad motora de gran importancia en el desarrollo del deportista, dada por su complejidad coordinativa de varios segmentos corporales (Deprá & Walter, 2012) como la utilización de sus diferentes manifestaciones en los deportes. Sin embargo, dada la cantidad de repeticiones de este patrón en la gran mayoría de deportes con o sin el elemento, las ejecuciones incorrectas pueden tener complicaciones ortopédicas en los atletas, aumentando el riesgo de lesionarse, principalmente el ligamento cruzado anterior (Deprá & Walter, 2012) lo que se recomienda tener buenos patrones de ejecución para disminuir el riesgo de lesión.

## Modelo Jerárquico

El modelo jerárquico representa gráficamente una variable para la descripción e interpretación de los elementos que la conforman e interactúan. En este sentido, se establece de manera jerárquica en una estructura donde se puede apreciar la variable del salto vertical con las posibilidades de ejecución en el presente estudio, donde se manifiesta de manera general las fases que ocurren para su realización, utilizando el CMJ o SJ y los elementos de los que depende cada fase.



## Referencias

Anselmi, H. E. (2007). *Actualizaciones sobre entrenamiento de la potencia*. Argentina: El Autor.

Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91(3), 385-392.

- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.
- Deprá, P. P., & Walter, D. R. (2012). Análise desenvolvimentista e do desempenho do salto vertical em escolares. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(4), 460-469.
- Domire, Z. J., & Challis, J. H. (2010). An induced energy analysis to determine the mechanism for performance enhancement as a result of arm swing during jumping. *Sports Biomechanics*, 9(1), 38-46.
- Ferragut, C., Cortadellas, J., Arteaga, R., & Calbet, J. A. (2003). Predicción de la altura de salto vertical. Importancia del impulso mecánico y de la masa muscular de las extremidades inferiores. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 10, 7-22.
- Ferragut, C., & López C. (1998). Mecanismos responsables de la potenciación de la contracción muscular concéntrica en el curso del ciclo estiramiento-acortamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 12, 5-10.
- García, J. M., Navarro, M., & Ruiz, J. A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*. Madrid: Gymnos.
- González-Badillo, J. J., y Ribas-Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Inde.
- Gutiérrez-Dávila, M., Garrido, J. M., Gutiérrez-Cruz, C., & Giles, J. (2011). Análisis de la contribución segmentaria en los saltos verticales con contramovimiento y su efecto debido a la restricción propuesta en el Test de Bosco CMJ. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 27, 59-74.
- Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Hay, D. C., & Fukashiro, S. (2008). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science*, 27(4), 636-648.
- Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, V., & González-Badillo, J. J. (2011). Análisis de variables medidas en salto vertical relacionadas con el rendimiento deportivo y su aplicación al entrenamiento. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6, 113-119.

- Juárez, D., López de Subijana, C., Mallo, J., & Navarro, E. (2010). Análisis del golpeo de balón y su relación con el salto vertical en futbolistas juveniles de alto nivel. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 19(6), 128-140.
- Komi, P. (1992) *Strength and power in sport*. UK: Blackwell Scientific.
- Lees, A., Vanrenterghem, J., & De Clercq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *Journal of Biomechanics*, 37(12), 1929-1940.
- López, J. M., & López, J. L. (2012). Relevancia de la técnica de inmovilización de brazos en las variables cinéticas en el test de salto con contramovimiento. *Cultura, Ciencia Y Deporte*, 7(21), 173-178.
- Marcelino, P. R., Meirelles, C. L. S., Melo, S. G., & Soares, Y. M. (2012). Salto vertical em jovens basquetebolistas: estimativa da utilização da energia elástica/potenciação reflexa e participação dos membros superiores. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 11(2), 129-139.
- Mouche, M. (2001). Evaluación de la potencia anaeróbica con ergojump. *EF Deportes Revista Digital*, 6(30).
- Norton, K., Whittingham, N., Carter, L., Kerr, D., Gore, C., & Marfell-Jones, M. (2000). *Técnicas de medición en antropometría (Antropométrica)*. Rosario: Biosystem Servicios Educativos.
- San Román-Quintana, J., Calleja-González, J., Casamichana Gómez, D., & Castellano Paulis, J. (2011). Entrenamiento de la capacidad de salto en el jugador de baloncesto: una revisión. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(16), 55-64.
- Silva C. J., Palma, A., Costa, P., Pereira, P. P., Barroso, R. C. L., Abrantes, R. C., & Barbosa, M. A. M. (2011). Relação entre as potências de sprint e salto vertical em jovens atletas de futebol. *Motricidade*, 7(4), 5-13.
- Smith, D. J., Roberts, D., Watson, B. (1992). Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Science*, 10(2), 132-137.