



**Relación entre la fuerza aplicada al balón y la activación en la musculatura implicada de los segmentos corporales superiores en la ejecución del lanzamiento en suspensión desde media distancia en el baloncesto universitario.  
Caso Universidad de Antioquia.**

Yilmar García López

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Educación Física

Asesor

Walter Alonso Patiño Fernández, Especialista (Esp.) en Entrenamiento Deportivo

Universidad de Antioquia  
Instituto Universitario de Educación Física y Deporte

Licenciatura en Educación Física

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

---

Cita

(García López, 2022)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

García López, Y. (2022). *Relación entre la fuerza aplicada al balón y la activación en la musculatura implicada de los segmentos corporales superiores en la ejecución del lanzamiento en suspensión desde media distancia en el baloncesto universitario. Caso Universidad de Antioquia*. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Biblioteca Ciudadela Robledo

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Francisco Gutiérrez Betancur.

Jefe departamento: Sandra Pulido

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Tabla de contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Formulación del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Justificación.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Objetivo general.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Antecedentes.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 Bases teóricas.....</b>	<b>11</b>
<b>5. Metodología.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Tipo de estudio.....</b>	<b>17</b>
<b>5.2 Población y muestra.....</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Instrumentos de recolección de la información.....</b>	<b>18</b>
<b>6. Resultados y discusión.....</b>	<b>25</b>
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>33</b>
<b>8. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>33</b>
<b>9. Anexos.....</b>	<b>37</b>

## Resumen

Este estudio tuvo como objetivo describir la relación de la fuerza aplicada al balón y la activación de la musculatura del brazo y antebrazo derecho en el lanzamiento en suspensión desde media distancia. 8 atletas masculinos universitarios con una edad de  $22 \pm 2,6$  años, peso de  $75 \pm 4,7$  kg, una talla de  $1,83 \pm 0,1$  m y  $9 \pm 4,2$  años de práctica, fueron analizados a través de videografía en 2D en el plano sagital con un teléfono celular (240 fps). Esta grabación se sometió a una medición por medio del software Kinovea para hallar variables cinemáticas, dando lugar a encontrar la fuerza por medio de análisis físico. Paralelo a la videografía se realizó un análisis electromiográfico para hallar los niveles de activación de los músculos flexor radial largo del carpo, flexor cubital del carpo, tríceps braquial lateral y tríceps braquial largo; por medio de un electromiógrafo de Superficie de 4 canales mDurance. Se encontró la musculatura del segmento corporal (brazo) tiene más incidencia en la producción de la fuerza que se le ejerce al balón en el lanzamiento en suspensión.

*Palabras clave:* Baloncesto, Lanzamiento en suspensión, Electromiografía, Videografía, Fuerza.

### Abstract

This study's objective was to describe the relation between the force applied to the ball and the right arm and forearm muscle activation in the jump shot from a medium distance. Eight male college athletes with an age of  $22 \pm 2,6$  years old, weight of  $75 \pm 4,7$  kg, height of  $1,83 \pm 0,1$  m and  $9 \pm 4,2$  years of practice, were analyzed with 2D videography in the sagittal plane with a cellphone (240 fps). This recording was measured in the Kinovea software to find kinematic factors which allows to discover the force through a physical analysis. Besides videography, a electromyography study was used in order to find activation levels of the flexor carpi radialis, flexor carpi ulnaris, triceps brachii longus, triceps brachii lateral; using mDurance, a four channel surface electromyograph. It was found that the arm muscles have more effect in the origin of the force that is applied to the ball in the jump shot.

*Keywords:* Basketball, Jump shoot, Electromyography, Videography, Force.

### Formulación del problema

La población objeto en la que se realizó la intervención son deportistas jóvenes universitarios con una edad promedio de 22 años, pertenecientes al equipo representativo de baloncesto masculino de la Universidad de Antioquia en la ciudad de Medellín. El equipo está constituido por 21 deportistas, de los cuales se seleccionaron 8 para el estudio. La gran mayoría lleva 9 años en promedio compitiendo y un recorrido con el equipo de 3 o más años aproximadamente. Realizan entrenamientos 5 días a la semana; y durante el año llegan a tener entre 4 y 6 torneos competitivos a nivel local, departamental y nacional, siendo el torneo universitario su competencia principal. En el historial de la universidad, que data desde 1968, sólo un equipo ha logrado coronarse campeón nacional universitario, siendo este hito en los años 90's; y donde su última participación en el torneo nacional universitario fue en el año 2010.

En el baloncesto, una de las acciones técnicas más empleadas es el lanzamiento en suspensión (Knudson, 1993; Victor H.A. Okazaki et al., 2015). Éste se caracteriza por realizar la ejecución de lanzar el balón en el punto más alto del salto (Sánchez, M. 2012). Son varios los estudios que se han realizado sobre análisis biomecánicos en este lanzamiento, ya que se cataloga como un gesto técnico de una dificultad alta, fuera de ser uno de los más utilizados en los partidos de los deportistas avanzados (Akhmad Syaukani et al., 2018). En los estudios biomecánicos de los que se tiene registro hasta el momento en el lanzamiento en suspensión, dan cuenta de varias variables biomecánicas que tienen incidencia en el éxito del lanzamiento en suspensión, como lo son la altura de salida del balón, velocidad de salida, ángulo de salida, distancia respecto al aro, entre otras. Pero son escasas las investigaciones que hagan hincapié en la fuerza ejercida al balón para un lanzamiento, como variable determinante, al igual de conocer

cuáles segmentos corporales tienen más incidencia en el desarrollo de dicha fuerza. Es por esto que en el presente estudio se hizo un énfasis en evaluar los niveles de activación (fuerza) de la musculatura superior en el lanzamiento en suspensión, con el fin de encontrar información relevante que incurra en el desarrollo de una mejor planeación de entrenamiento de la fuerza para los entrenadores y preparadores físicos en baloncesto. Dicho esto, surgió la siguiente pregunta: ¿Qué relación hay entre la fuerza aplicada al balón y la activación en la musculatura implicada de los segmentos corporales superiores en la ejecución del lanzamiento en suspensión desde media distancia en el baloncesto universitario?

### **Justificación**

El lanzamiento en baloncesto es de vital importancia para obtener el éxito en la competencia, siendo una de las acciones técnicas más estudiadas (García et al., 2008; Knudson, 1993) y utilizadas sin importar la posición en el equipo (Okazaki et al., 2015). En las diferentes investigaciones efectuadas en la biomecánica del lanzamiento en baloncesto se han encontrado factores ligados al desempeño exitoso, siendo uno de éstos la distancia a la canasta (Okazaki et al., 2015), en el que se han observado distancias cortas, medias y largas (Knudson, 1993; Nakano et al., 2018). Para este estudio se hizo énfasis en los lanzamientos de media distancia, siendo éstos los más utilizados en la competencia (García et al., 2008; Victor H.A. Okazaki et al., 2012)

Dentro de los diferentes tipos de lanzamientos que se ejecutan en baloncesto, el lanzamiento en suspensión es de los más empleados (Akhmad Syaukani et al., 2018; García et al., 2008; Victor H.A. Okazaki et al., 2015; Struzik et al., 2014), a pesar de ser muy exigente y de

gran dificultad (Okazaki & Rodacki, 2005). Según Okazaki et al. (2007) el lanzamiento en suspensión está constituido por 5 fases: preparación, elevación de la pelota, estabilidad, liberación e inercia. En este estudio se analizaron los segmentos corporales superiores en estas fases, ya que son los segmentos responsables de imprimir la fuerza requerida al balón para el lanzamiento en suspensión teniendo en cuenta que se debe lograr el tiro en el punto más alto (Sánchez, M. 2012), donde la velocidad será aproximadamente cero (Knudson, 1993), luego de utilizar la energía de los segmentos corporales inferiores para el salto (Knudson, 1993; Sánchez, M. 2012), pues es desde allí donde comienza la preparación del disparo (Raiola & D'isanto, 2016).

En la ejecución del lanzamiento se pretendió hallar, fuera de la fuerza aplicada al balón, también algunas variables cinemáticas por medio de videografía. Gracias a los avances tecnológicos en cámaras y software, que han facilitado el análisis del movimiento de los atletas; la videografía es un recurso importante en los análisis cualitativos y cuantitativos de la técnica deportiva (Bermejo & Palao, 2012; Pueo, 2016). Bermejo & Palao (2012) indican que las cámaras domésticas ofrecen una calidad de grabación adecuada para analizar los gestos técnicos, por lo cual, se utilizó un teléfono celular para este caso. En este estudio se realizó un análisis bidimensional (2D) para hallar las velocidades y aceleraciones presentes en la trayectoria del balón en las fases del lanzamiento en suspensión, por medio del software gratuito Kinovea, especial para el ámbito deportivo con análisis por medio de observación, medición y comparación de videos (Nor Adnan et al., 2018), y de gran relevancia para el estudio de variables cinemáticas y que ha sido validado en estudios como el de Rupčić et al. (2016) para hallar variables cinemáticas en los lanzamientos, por Pueo et al. (2020) en variables cinemáticas en

saltos, al igual que Puig-Diví et al. (2019) para hallar variables cinemáticas para datos de coordenadas y el de Nor Adnan et al. (2018) para medir ángulos en un gesto específico.

Para hallar la fuerza neta ejercida al balón se realizó un análisis físico utilizando el Teorema del trabajo y la energía que según (Alonso y Finn, 1976) citado en (Zang, 2019) “el cambio de energía cinética de un sistema de partículas es igual al trabajo efectuado sobre el sistema por las fuerzas exteriores e interiores”. De manera paralela a la videografía se realizó la medición de la activación de la musculatura implicada en los segmentos corporales superiores, ésta se midió por electromiografía de superficie (EMGS), método que se encarga de estudiar la función muscular a través de la investigación de la señal eléctrica generada por los músculos; de gran uso y aporte en la biomecánica deportiva (García-Fojeda et al., 1997). Ésta nos facilita tareas como la de definir la participación muscular en un determinado gesto u observar la activación de la musculatura de un segmento en respuesta a la movilización de otros segmentos (Massó et al., 2010), y proveer información acerca del tiempo de activación muscular y una estimación de la fuerza aportada por el músculo (Enoka y Duchateau, 2016) citado por (Aedo-Muñoz et al., 2020).

Es así, que por medio de la fuerza, que es una capacidad física muy estudiada en el entrenamiento, y de gran influencia en el rendimiento del lanzamiento en suspensión (Okazaki et al., 2015), se da más relevancia y se conoce su predominio en dicho gesto técnico a diferencia de otras variables biomecánicas estudiadas en las investigaciones. Conociendo los niveles de activación muscular en los segmentos corporales superiores, se pudo tener información relevante que es de gran importancia en la planificación del entrenamiento, específicamente, del lanzamiento en suspensión.

## Objetivos

### Objetivo general

Determinar la relación entre la fuerza aplicada al balón y el nivel de activación en la musculatura implicada de los segmentos corporales superiores en la ejecución del lanzamiento en suspensión acertado desde media distancia en jugadores del equipo de baloncesto masculino de la Universidad de Antioquia en la ciudad de Medellín. Determinar la relación entre la fuerza aplicada al balón y el nivel de activación en la musculatura implicada de los segmentos corporales superiores en la ejecución del lanzamiento en suspensión acertado desde media distancia en jugadores del equipo de baloncesto masculino de la Universidad de Antioquia en la ciudad de Medellín.

### Objetivos específicos

- Estimar la fuerza ejercida sobre el balón para un lanzamiento en suspensión acertado desde media distancia con jugadores universitarios.
- Analizar los niveles de activación en la musculatura implicada de los segmentos corporales superiores en la ejecución del lanzamiento en suspensión acertado desde media distancia con jugadores universitarios.

- Relacionar la fuerza aplicada al balón y el nivel de activación en la musculatura implicada de los segmentos corporales superiores en la ejecución del lanzamiento en suspensión acertado desde media distancia en jugadores universitarios.

### Marco teórico

Forjando unas bases científicas sólidas, se revisa parte de la gran cantidad de bibliografía que existe acerca del lanzamiento en suspensión. Enfocando en la relación entre biomecánica, videografía y electromiografía, en investigaciones que tengan una relación de las antes mencionadas y el lanzamiento en suspensión.

### Antecedentes

Dentro de los estudios encontrados hay gran cantidad que analizan diferentes variables en el ámbito biomecánico, como en el estudio de (Okazaki et al., 2015) **A review on basketball jump shot**, en el que su propósito fue hacer una revisión sistemática en las investigaciones, buscando revelar los componentes críticos del lanzamiento libre y lanzamiento en suspensión con el fin de que los entrenadores, jugadores y profesores puedan enseñar, aprender y practicar de una manera más efectiva. En este los resultados se estructuraron en 3 secciones: a) Variables que afectan la trayectoria del balón (ángulo de lanzamiento, velocidad, altura, distancia, entre otras). b) fases del tiro en suspensión y c) variables adicionales que influyen en el lanzamiento.

Otra investigación que evaluó componentes biomecánicos es **Biomechanical Analysis of the Jump Shot in Basketball** (Struzik et al., 2014), en el que se realizaron saltos en contra movimiento sin balanceo de brazos y simulando lanzamientos en suspensión buscando comparar las características biomecánicas de los miembros inferiores en ambos saltos. Utilizando plataformas de fuerza y videografía. Realizado a 20 deportistas de la segunda división con una edad promedio de 18 años. Concluyendo que al no haber muchas diferencias significativas en

ambos saltos, se puede utilizar el salto en contra movimiento para evaluar y predecir la capacidad del salto en el jugador, en pro del lanzamiento en suspensión.

Una investigación muy interesante es la que realizó (Okazaki et al., 2012) **Increased distance of shooting on basketball jump shot**, donde se evaluó biomecánicamente la influencia de la distancia en el rendimiento y en la mecánica de lanzamiento en suspensión, por medio de videografía. Se filmaron 10 jugadores con una experiencia de 12 a 3 años en el baloncesto, que participan en competiciones nacionales y estatales regularmente. Se intenta describir las diferencias cinemáticas de tiro desde tres posiciones: 2,8, 4,6 y 6,4 m de distancia respecto al aro y se hallan cambios en la altura, el ángulo de salida y la velocidad del lanzamiento del balón, donde se sugirieron como los principales factores que influyen en la precisión del lanzamiento en suspensión cuando se aumenta la distancia.

Una investigación que ayuda a estructurar y entender mejor, en gran medida, el lanzamiento en suspensión es Biomecânica do arremesso de jump no basquetebol (Okazaki et al., 2007), pues su propósito fue describir los movimientos de los segmentos corporales y lograr identificar las fases que caracterizan el lanzamiento en suspensión en el baloncesto. Se filmaron 10 deportistas universitarios con una edad promedio de 23,4 años y una experiencia promedio de 10 años en el baloncesto. Como resultado fueron identificadas 5 fases: 1) fase de preparación, 2) fase de elevación del balón, 3) fase de lanzamiento y 4) fase de inercia.

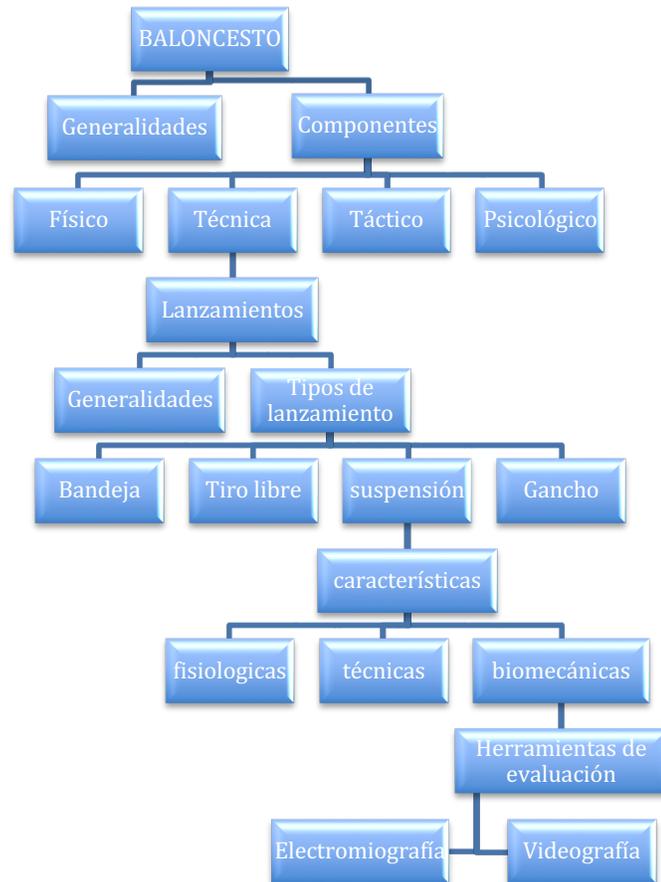
La tecnología hoy en día es una herramienta de gran alcance para comprender y mejorar las variables inmersas en la biomecánica de los gestos técnicos, y no es ajeno al lanzamiento en suspensión del baloncesto, así como lo muestra (Pakosz et al., 2021) **Muscle activation time and free-throw effectiveness in basketball**, donde por medio de electromiografía y videografía se descubre cómo la activación muscular afecta las diferencias en la eficacia de los jugadores de

baloncesto, más específicamente intentó analizar la relación entre la eficiencia de los tiros libres y el tiempo de activación de los músculos del brazo en jugadores de 3 equipos de baloncesto con diferentes niveles de experiencia (5 deportistas de cada nivel). Se realizaron lanzamientos donde se midió el tiempo de activación de los músculos bíceps y tríceps braquial derecho e izquierdo con electromiografía y cámaras de alta velocidad. Se obtuvieron diferencias significativas en el tiempo de activación muscular, concluyendo que la efectividad del lanzamiento libre está determinada por el tiempo de activación muscular y varía entre los diferentes grupos de jugadores de baloncesto. El tiempo de activación muscular es más corto en los jugadores novatos y más largo en los jugadores de nivel intermedio, mientras que la mayor variabilidad de activación muscular se encuentra en los jugadores de baloncesto de élite.

Por la misma línea de la investigación anterior, se encuentra el trabajo científico de (Aedo-Muñoz et al., 2020) **Potencia y actividad electromiográfica en voleibolistas Universitarios**, donde el objetivo fue determinar la potencia en los miembros inferiores, al igual que la actividad electromiográfica en los músculos de las piernas, esto en dos movimientos específicos, como lo son el CMJ y ABK. Fueron 24 deportistas universitarios divididos en un grupo de mayor y menor nivel. Para esto se utilizó electromiografía de superficie y videografía con el software Tracker para los análisis cinemáticos. En los resultados se evidenció que entre grupos no hubo diferencia significativa en potencia en los saltos CMJ y ABK, mientras que en la actividad electromiográfica el grupo de mejor nivel tuvo mayores niveles de actividad neuromuscular en todos los músculos.

## Bases teóricas

A continuación se ilustra en un organigrama las diferentes temáticas que están presente en la investigación, y posteriormente una descripción de cada una.



### El baloncesto

El baloncesto se entiende como un deporte de cooperación /oposición que se juega en espacio estandarizado y cuyo objetivo motor prioritario es situar el móvil en una meta y/o evitarlo. (Hernández, 2001).

## **Componentes**

### **Físico**

Según Harre (1982). Citado por (Lidor et al., 2007) “Se considera el componente principal en la mayoría de las teorías de entrenamiento”. Uno de sus objetivos es desarrollar los componentes físicos únicos, como la resistencia, la fuerza o la flexibilidad, necesarios para el deporte específico, refinando así las habilidades motoras específicas necesarias para lograr un alto nivel de desempeño durante la fase de competencia.” (Lidor et al., 2007)

### **Técnico**

El componente técnico según Bompa (1999). Citado por (Lidor et al., 2007) “es dominar los patrones de movimientos y habilidades motoras específicas requeridas para el deporte.”. Se requiere la práctica repetitiva de tareas específicas para desarrollar habilidades efectivas específicas del deporte. Hay énfasis en la mejora de la precisión y la velocidad de movimiento. (Lidor et al., 2007)

### **Táctico**

El componente táctico se basa en “desarrollar diversos comportamientos estratégicos entre los miembros del equipo (Bompa, 1999). Los atletas aprenden y practican planes de competencia

o juego que los ayudan a realizar de manera efectiva las habilidades y técnicas específicas que han adquirido y dominado durante la fase técnica. En los juegos de pelota como el baloncesto, los jugadores deben desarrollar un enfoque de comprensión del juego que refleje la filosofía de ataque y defensa del entrenador.” (Lidor et al., 2007)

### **Psicológico**

“El componente psicológico proporciona a los atletas técnicas psicológicas específicas que pueden ayudarlos a enfrentar de manera efectiva las barreras mentales y emocionales que probablemente encontrarán durante la fase de competencia (Blumenstein et al., 2005; Bompa, 1999). Entre estas barreras psicológicas se encuentran estados de alta ansiedad, miedo al fracaso, “ahogo” y baja confianza en sí mismo.” (Lidor et al., 2007)

### **Lanzamientos**

Según García et al. (2008) en el deporte del baloncesto, una de las acciones de juego más estudiadas es el lanzamiento, por ser la única acción que permite la obtención del éxito.

#### **Tipos de lanzamientos**

##### **Bandeja**

“Un tiro con una mano que se realiza sosteniendo la pelota desde abajo y soltándola después de un movimiento hacia arriba del brazo. Típicamente ejecutado cerca de la canasta y

saltando desde una pierna. A veces se ejecuta rebotando la pelota en el tablero” (Erčulj & Štrumbelj, 2015)

### **Tiro Libre**

“Es el único lanzamiento que se realiza desde la misma posición y sin oposición alguna, además de tener siempre 5 largos segundos para tirar. Desde este punto de vista resultaría extremadamente fácil este tipo de lanzamiento, pero en el inciden otras variables.” (Sánchez, M. 2012).

### **Gancho**

“Es un tiro muy útil en las proximidades del aro, se inicia normalmente de espaldas a la canasta y lo podemos realizar después de bote, pase o directamente después de pivote. El brazo de tiro, el más alejado del aro, se extiende con el balón hacia arriba en el mismo plano lateral del cuerpo. Con el brazo de tiro casi en su máxima extensión y el cuerpo en su máxima altura, damos al balón un golpe de muñeca (flexión) dirigiéndolo hacia el aro, de tal forma que el balón lleve un efecto hacia atrás.” (Sánchez, M. 2012).

### **Suspensión**

El lanzamiento en suspensión se caracteriza por lograr el tiro en el punto más alto (Sánchez, M. 2012), donde la velocidad será aproximadamente cero (Knudson, 1993), luego de utilizar la energía de los segmentos corporales inferiores para el salto (Knudson, 1993; Sánchez, M. 2012), pues es desde allí donde comienza la preparación del disparo (Raiola & D’isanto, 2016). Este

hace que el trabajo de los defensores sea más difícil, permitiendo que el jugador ofensivo se eleve por encima del defensor en un intento de conseguir un tiro claro. Al elevarse del suelo, le permite al tirador crear espacio entre su defensor (Çetin & Muratlı, 2014).

## **Características**

### **Fisiológicas**

“El lanzamiento es una acción rápida que requiere de una cantidad de energía importante en muy poco tiempo. Las vías energéticas que posee el organismo son variadas pero la única que se utiliza en el tiro es la anaeróbica aláctica. El lanzamiento es una acción anaeróbica que no produce lactato por el tiempo tan corto en el que se realiza, aunque sea una acción máxima. Los esfuerzos oscilan en el 60% de la capacidad lactácida. La frecuencia cardiaca está en torno a 170 ppm en el total del juego y alrededor de 205 ppm durante el lanzamiento. Este alto nivel de pulsaciones durante el lanzamiento está permitido porque el tiempo en el que el jugador está en acción de tiro, oscila alrededor del 2% del tiempo total y del 4,5% del tiempo total de juego.” (Sánchez, M. 2012).

### **Técnicas**

Según Okazaki et al. (2007) el lanzamiento en suspensión está constituido por 5 fases: preparación, elevación de la pelota, estabilidad, liberación e inercia. En el cual los segmentos corporales superiores son los responsables de imprimir la fuerza requerida al balón para el lanzamiento en suspensión teniendo en cuenta que se debe lograr el tiro en el punto más alto (Sánchez, M. 2012), donde la velocidad será aproximadamente cero (Knudson, 1993), luego de

utilizar la energía de los segmentos corporales inferiores para el salto (Knudson, 1993; Sánchez, M. 2012), pues es desde allí donde comienza la preparación del disparo (Raiola & D'isanto, 2016).

### **Biomecánicas**

Según Raiola & D'isanto (2016) los factores biomecánicos que gobiernan un tiro, además de la fuerza impresa, son: La altura inicial del balón, la resistencia del aire, la velocidad de la pelota, el ángulo de salida de la pelota.

### **Herramientas de evaluación**

#### **Electromiografía**

García-Fojeda et al. (1997) define la electromiografía como el estudio de la función muscular a través de la investigación de la señal eléctrica generada por los músculos. La EMG provee información acerca del tiempo de activación muscular y una estimación de la fuerza aportada por el músculo (Enoka y Duchateau, 2016) citado por (Aedo-Muñoz et al., 2020).

#### **Videografía**

(Wilson, 2008) citado por (Pueo, 2016) indica que hoy en día, la miniaturización de las computadoras y la disponibilidad de tecnología han resultado en el uso generalizado de cámaras de video en cualquier actividad, incluido el análisis de movimiento deportivo. Pueo (2016) habla sobre dos tipos de análisis de vídeo: cualitativo y cuantitativo. En primer lugar, el análisis cualitativo de las actividades deportivas es la primera y más sencilla forma de evaluación ya que

se basa en el criterio del observador (evaluación subjetiva). Y en segundo lugar Payton (2008) citado por (Pueo, 2016) señala que el objetivo del análisis cuantitativo del movimiento del deporte y las actividades de ejercicio por medio de grabaciones de video es realizar un análisis detallado de los patrones de movimiento del sujeto.

## **Metodología**

### **Tipo de estudio**

En este estudio se utilizó una metodología descriptiva, tipo transversal.

### **Población y Muestra**

#### **Población**

En la actualidad en el equipo representativo de Baloncesto masculino de la Universidad de Antioquia hay una participación de 25 deportistas de los cuales son seleccionados para los diferentes eventos deportivos de representación a nivel local y nacional.

#### **Muestra**

Se trabajó con una muestra no probabilística por conveniencia, se incluyó 8 deportistas universitarios varones diestros pertenecientes al equipo de baloncesto representativo de la Universidad de Antioquia, con una edad media de  $22 \pm 2,6$  años, peso de  $75 \pm 4,7$  kg, una talla de  $1,83 \pm 0,1$  m y  $9 \pm 4,2$  años de práctica. Los participantes fueron informados de los procedimientos, objetivos, riesgos y beneficios a través de un consentimiento informado.

## Instrumentos de recolección de la información

### Momento 1: Preparación de protocolos

Se realizaron dos protocolos para la debida evaluación y recolección de datos, tanto para la electromiografía de superficie y la videografía, así:

*Figura 1*



**Figura 3.** Herramienta para electromiografía.

### Protocolo 1: Electromiografía de superficie (EMGS)

Para la valoración de electromiografía se utilizó mDurance (*Figura 1*), una herramienta que permite medir y verificar el rendimiento y salud neuromuscular. Mediante un electromiógrafo de Superficie de 4 canales mDurance que entrega la información por medio de bluetooth a la plataforma web de mDurance.

Para la EMGS existe una aplicación de 3 fases (fase previa, de registro y procesado) para una adecuada valoración (Massó et al., 2010). A continuación se indica la fase previa dentro del protocolo:

1. Preparación del individuo e información previa, en el cual se le indica adecuadamente sobre la sesión de registro, cómo y para qué se realiza. (Massó et al., 2010).
2. Se crea el perfil en la plataforma de mDurance de cada deportista, con el fin de que queden almacenados todos los resultados individuales para su respectivo análisis.
3. Se preparan las áreas de la piel donde se instalarán los electrodos, primero con una recomendación previa de afeitado de dichas zonas para reducir la impedancia, segundo frotar la piel con un gel abrasivo para disminuir la capa de células muertas, tercero eliminar el sudor con alcohol. (Massó et al., 2010).
4. La instalación de los electrodos, tipo 3M™ 2228 con soporte de espuma, de 3,3 x 4 cm, estos deben ser debidamente instalados para obtener una señal correcta. Su ubicación siempre en la línea media del vientre muscular, entre la unión miotendinosa y el punto motor. (Massó et al., 2010). Para una correcta metodología de instalación, se implementa la guía de mDurance para cada músculo como se muestra en las *Figuras 2 y 3*.

Figura 2

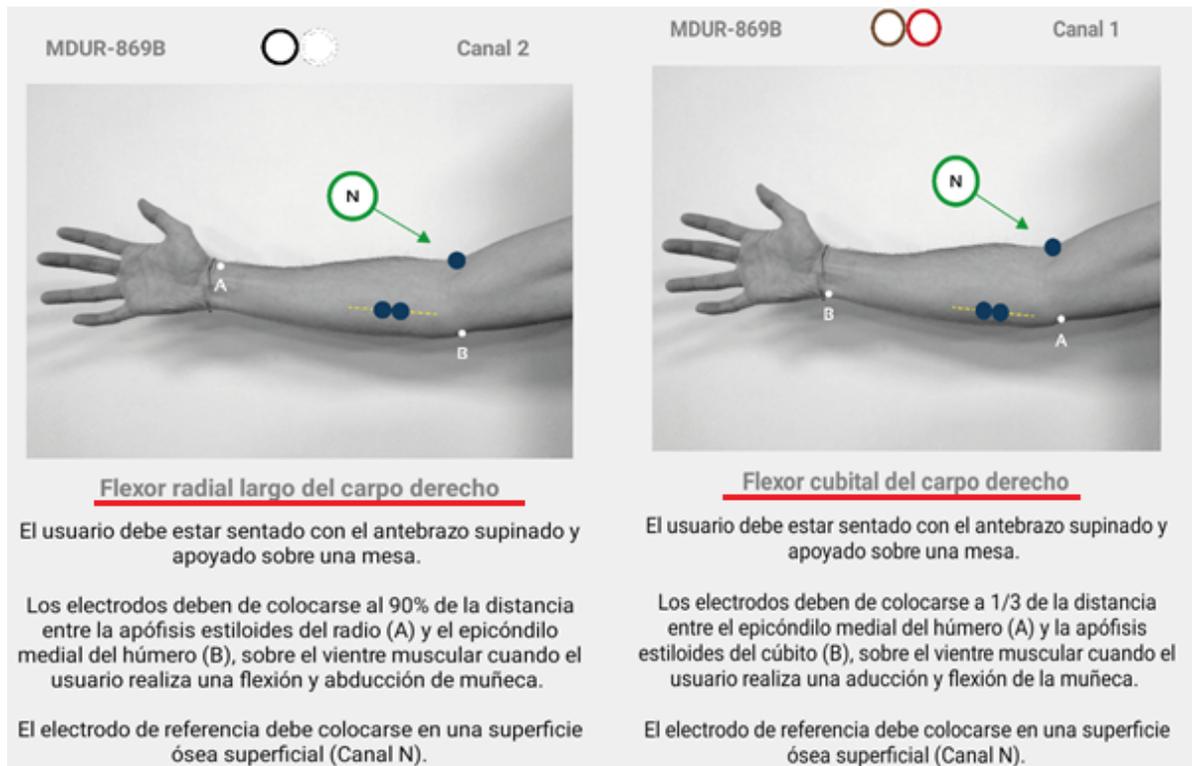


Figura 2. Músculos a valorar del antebrazo y ubicación para instalar los electrodos.

Figura 3

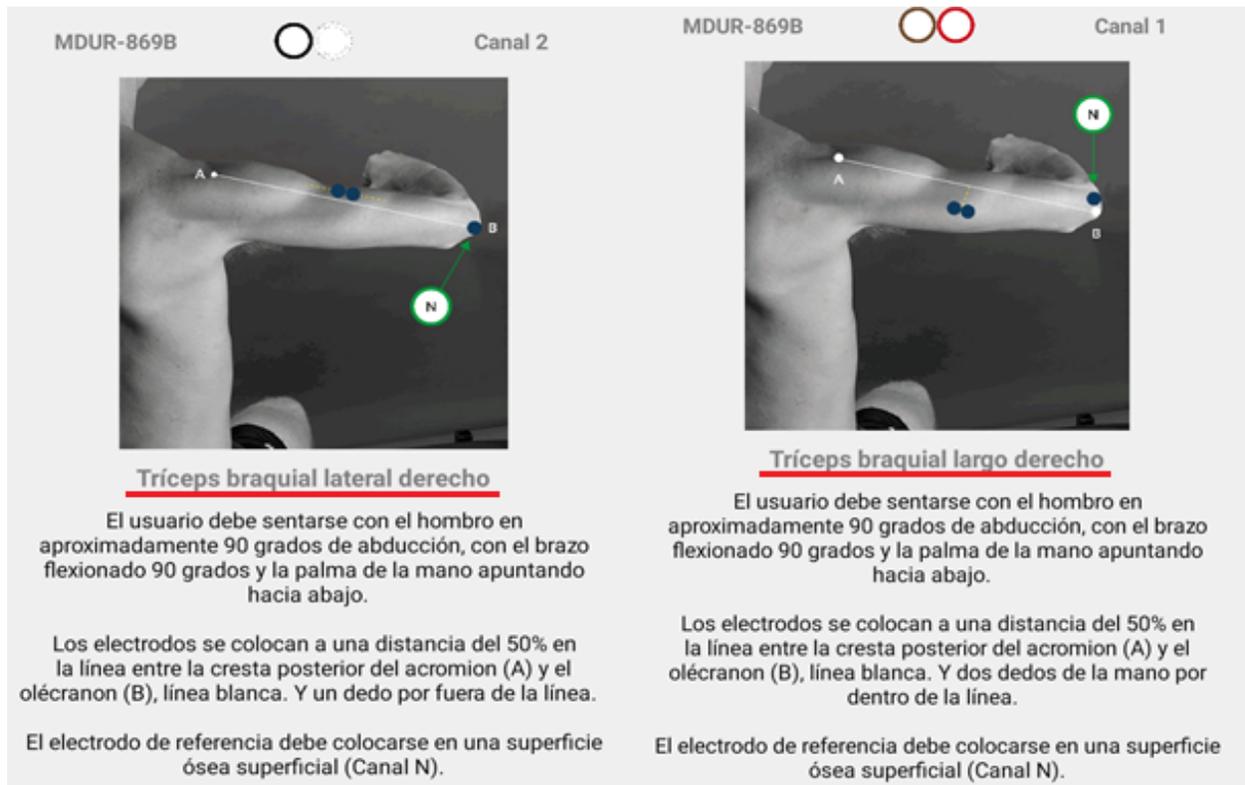


Figura 3. Músculos a valorar del brazo y ubicación para instalar los electrodos.

### Protocolo 2: Videografía

Para la videografía se utilizó un Iphone 11, un trípode, Ravelli, Aplt2 50 para instalar la cámara, un trípode como sistema de referencia para medida, una tela oscura como cortina que será el fondo en el video para aumentar el contraste. A continuación se indican los pasos para la ejecución:

1. Medir y ubicar en el escenario el punto donde se realizarán los lanzamientos, como se indica en la imagen 4.
2. Ubicar en paralelo la cortina a 1m de distancia del punto de ejecución, como se indica en la imagen 4.

3. Ubicar la cámara con su trípode en una superficie compacta, orientada perpendicularmente en la dirección del lanzamiento, donde abarque las fases a analizar (Bernejo & Palao, 2012), como se indica en la imagen 4.
4. Graduar la altura adecuada del trípode donde va la cámara (imagen 4), disminuyendo error de paralaje.
5. Ubicar el trípode con medida conocida, que servirá como referencia espacial en el movimiento en el video.

Figura 4

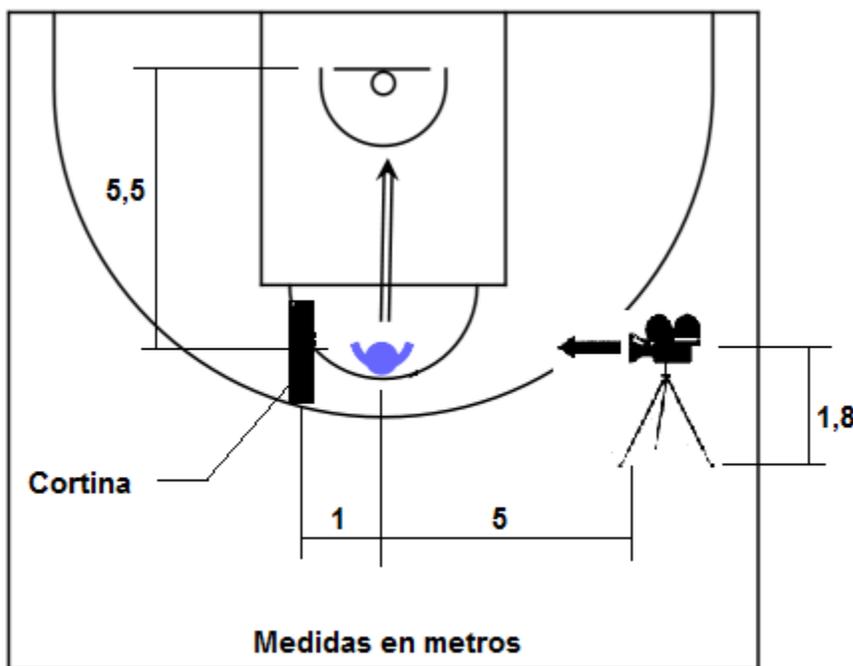


Figura 4. Bosquejo del Protocolo de videografía.

## Momento 2: Evaluación

Cada deportista antes de la evaluación tuvo un tiempo de 15 minutos de calentamiento, de manera libre. El deportista realiza lanzamientos hasta convertir 10 cestas, y se da por finalizada la

prueba. Antes de comenzar la evaluación se configura la cámara para una velocidad de 240 fps y se da inicio al video paralelo a la electromiografía de superficie. Durante la ejecución de los lanzamientos se realizan registros de manera simultánea de la actividad electromiográfica de los músculos extensores del brazo y antebrazo (*Figura 2 y 3*), encargados de la ejecución del lanzamiento (Raiola & D'isanto, 2016). También se realiza un registro de lanzamientos convertidos o fallados en un formato específico (*Anexo I*). Al finalizar la prueba se realiza el registro de video con la siguiente nomenclatura SUJ 01 PR 01.

### **Momento 3: Recopilación de la información.**

Para hallar las variables cinemáticas se utiliza Kinovea 0.8.27. En el cual se abrió el video previamente recortado en el lanzamiento a evaluar. Se le especifica al software la velocidad de captura que es de 240 fps. Posteriormente se midió el objeto de referencia para el video, lo que permite observar las medidas espaciales reales. Se marca un punto de referencia donde se le sigue la trayectoria desde un punto 0 con  $V_i$  hasta la velocidad final  $V_f$  que son 5 fotogramas después del último contacto de la mano con el balón. También se halló la distancia recorrida desde  $V_i$  hasta  $V_f$  con una línea recta, pues se toma dicho recorrido como rectilíneo. En la *imagen 5* se evidencian dichas variables.

Figura 5

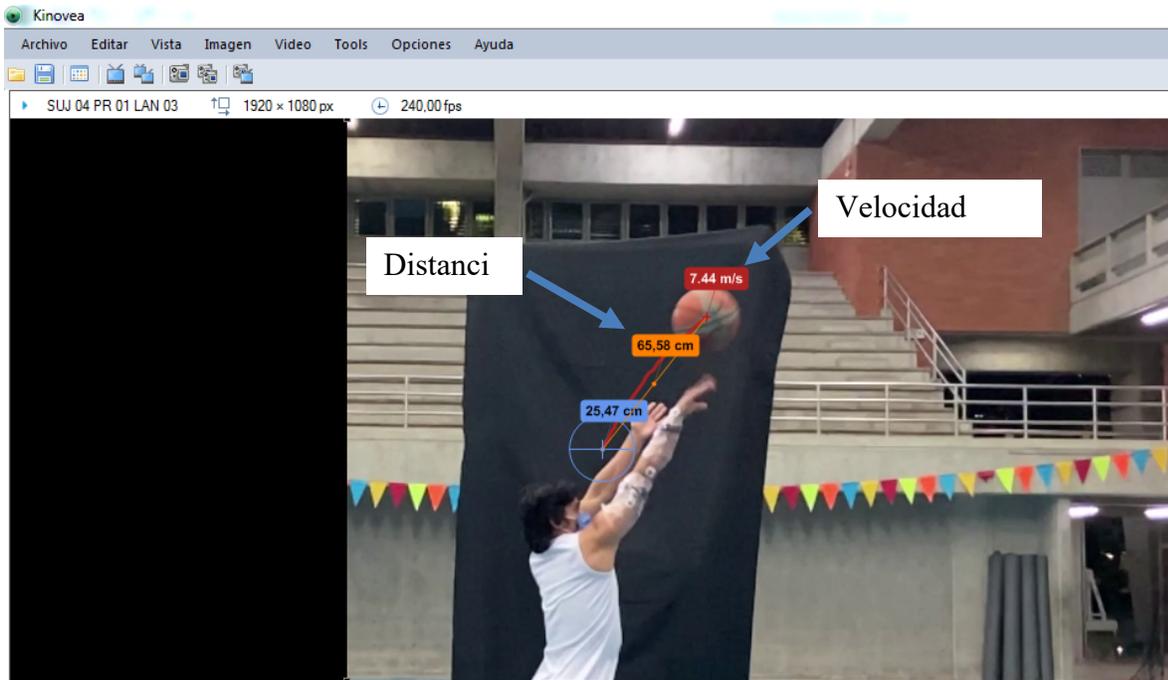


Figura 5. Velocidad final del lanzamiento y distancia entre puntos inicial y final hallados en Kinovea.

Figura 6

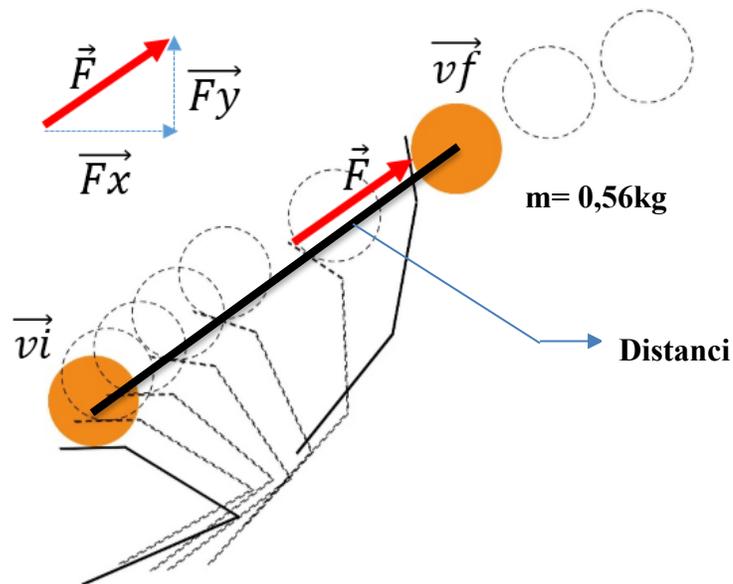


Figura 6. Simulación de las últimas fases de lanzamiento en suspensión y sus variables cinéticas y cinemáticas.

Para hallar la fuerza se utilizó el teorema del trabajo y la energía:  $\Delta E_k = W$ , donde  $W = Fd$ .

$\Delta E_k$  = Cambio de la energía cinética

$W$  = Trabajo

$F$  = Fuerza

$d$  = distancia

Donde,  $\Delta E_k = Fd$ ,

$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = Fd$ , pero como la  $V_i = 0$ , la fuerza despejada queda:

$$F = \frac{\frac{1}{2}mv_f^2}{d}$$

Donde las variables se muestran en las Figuras 5 y 6.

## Resultados

Se hallaron las velocidades finales, distancias y fuerzas para cada lanzamiento ejecutado. En la *Figura 7 y 8* se representan los valores de la fuerza media por sujeto, donde el sujeto 6 y 7 representan niveles de fuerza más bajos al igual que la velocidad del lanzamiento más baja, podría explicarse ya que son los sujetos de más talla (*Tabla 1*) y diferentes proporciones de longitud superiores, teniendo similitudes en su técnica con los demás aunque con diferencias significativas como lo menciona (Kornecki et al., 2002) citado en (Struzik et al., 2014).

*Tabla 1*

SUJETO	TALLA (m)	PESO (kg)	EDAD (años)	AÑOS EXPERIENCIA
1	1,8	76	23	15
2	1,82	84	23	12
3	1,78	68	23	10
4	1,72	70	27	14
5	1,82	76	21	9
6	1,91	76	20	5
7	2,03	75	18	4
8	1,72	76	21	5
media ± DE	1,83 ± 0,10	75,13 ± 4,76	22 ± 2,67	9,25 ± 4,27

**Tabla 1.** Anamnesis de todos los participantes, (media ± desviación estándar)

Figura 7

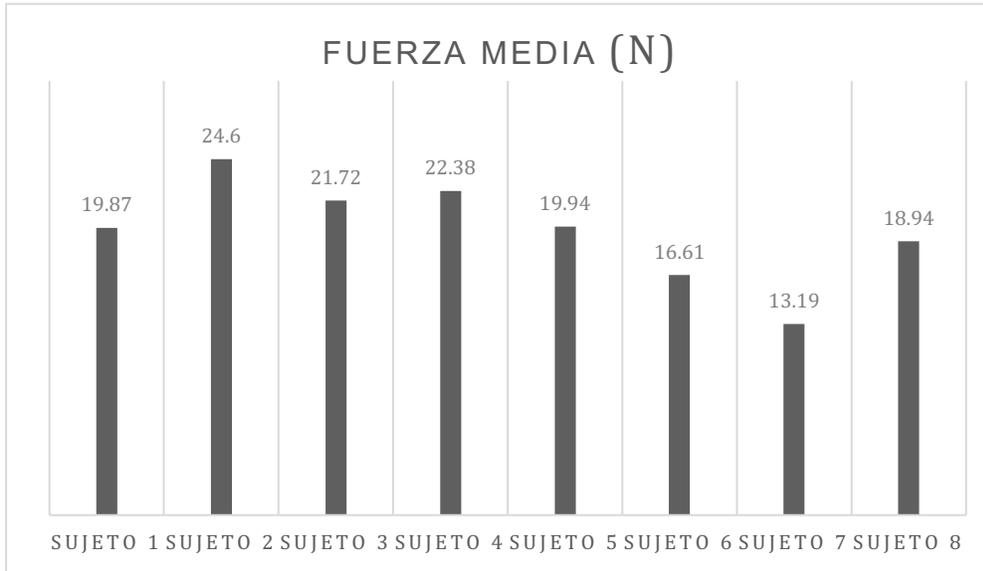


Figura 7. Valores de fuerza media para cada sujeto.

Figura 8

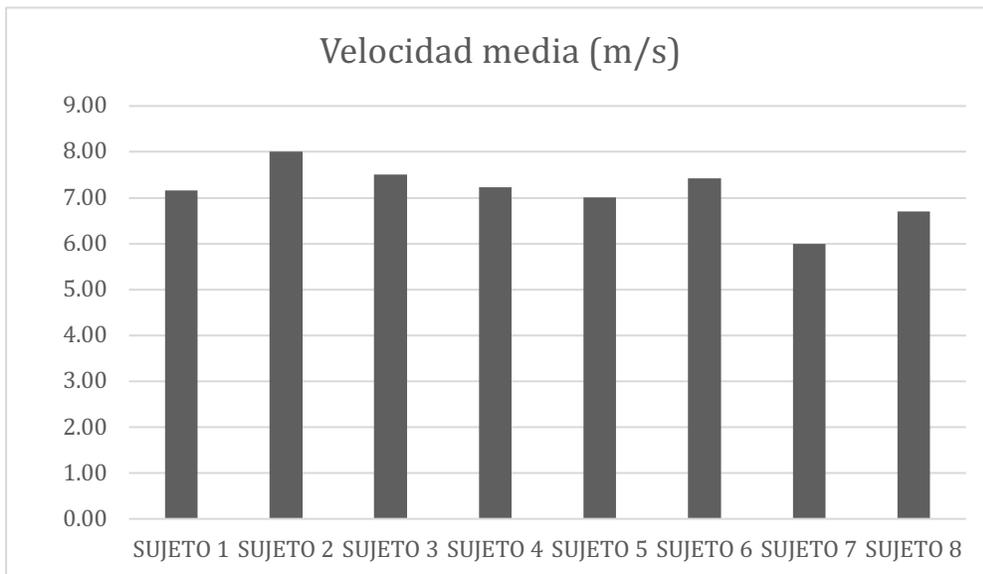


Figura 8. Valores de velocidad media para cada sujeto.

Los niveles de activación de los diferentes músculos evaluados se representan en las figuras 9,10, 11 y 12, donde se identifica el RMS (Root Mean Square) un suavizado de la señal eléctrica del músculo que indica la cantidad de unidades motoras activas, y en la figura 14 la amplitud de la señal, que se halló en este caso específico para el sujeto 1 durante sus lanzamientos. Según los datos hallados, los músculos de mayor activación a nivel general en el lanzamiento en suspensión son: 1) Tríceps braquial lateral derecho, 2) Tríceps braquial largo derecho, 3) Flexor radial largo del carpo derecho, 4) Flexor cubital del carpo derecho.

Figura 9

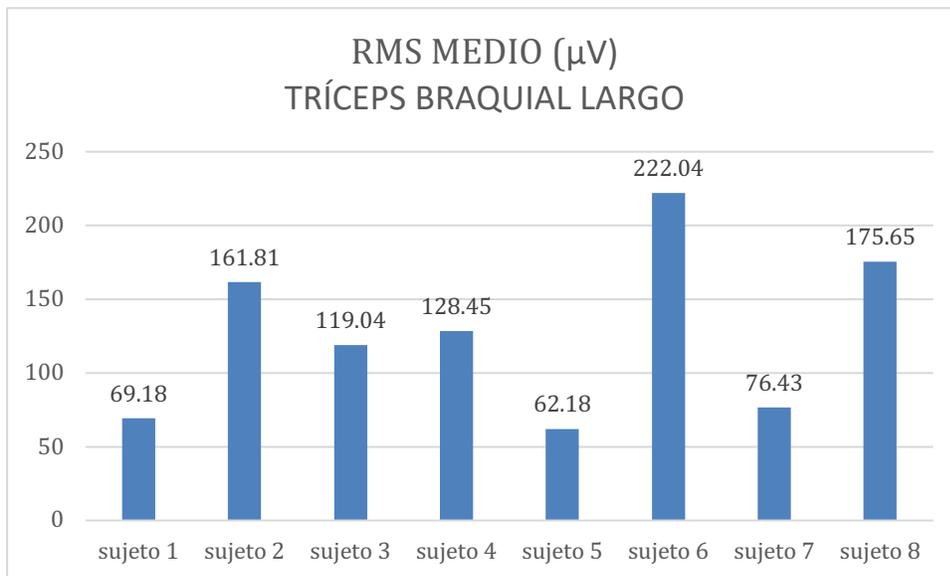


Figura 9. Valores de RMS medio del tríceps braquial largo para cada sujeto.

Figura 10

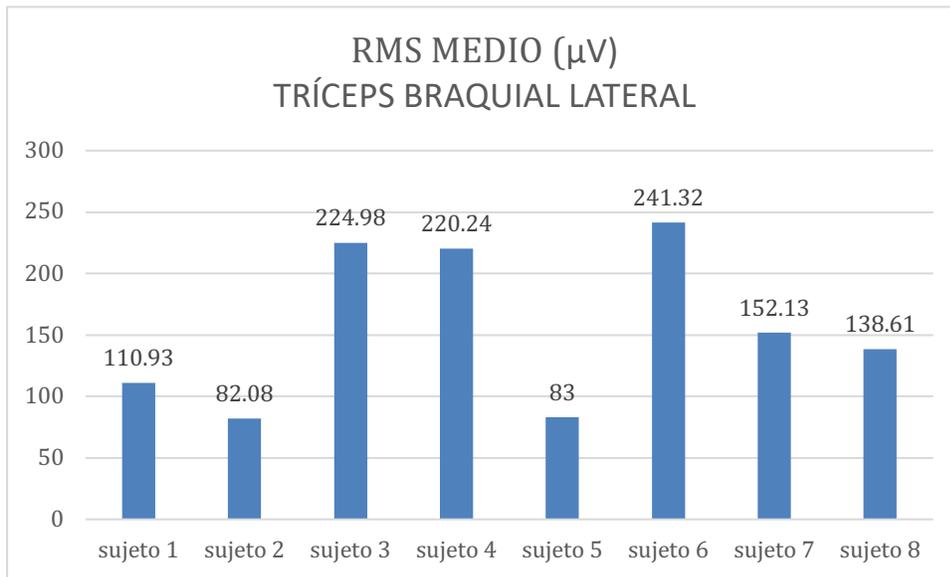


Figura 10. Valores de RMS medio del tríceps braquial lateral para cada sujeto.

Figura 11

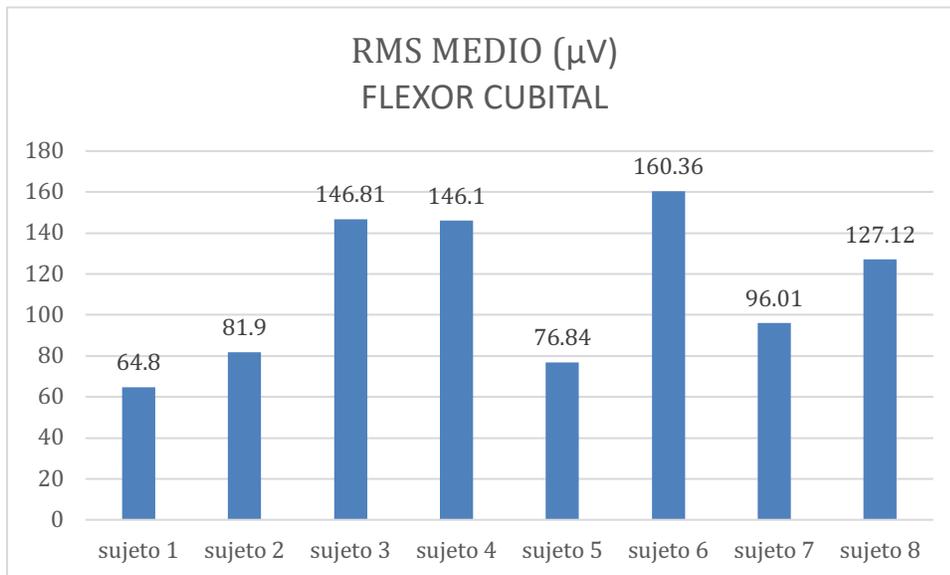


Figura 11. Valores de RMS medio del flexor cubital del carpo derecho para cada sujeto.

Figura 12

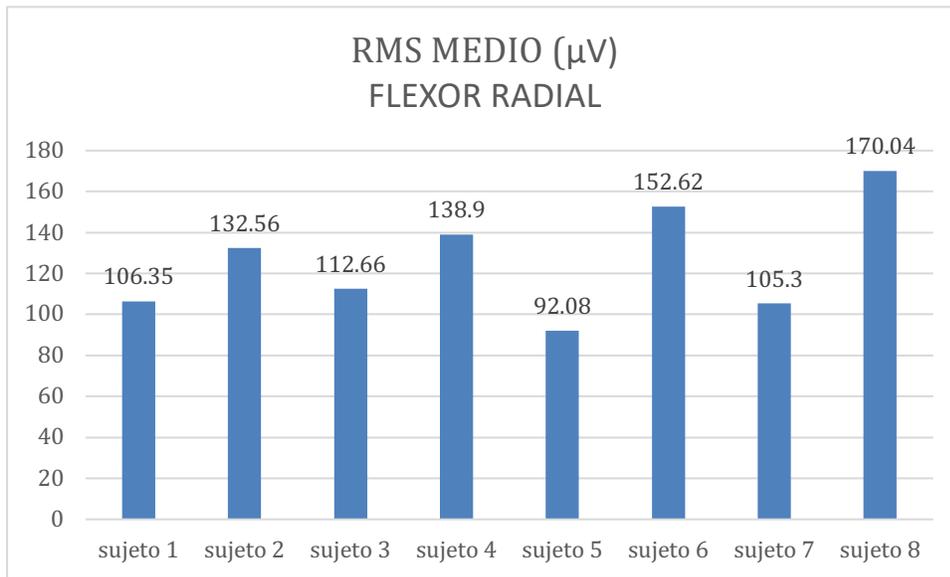


Figura 12. Valores de RMS medio del flexor radial largo del carpo derecho para cada sujeto.

Según los niveles de mayor a menor activación encontrados para los cuatro músculos, se pueden agrupar entre músculos del brazo y del antebrazo como se muestra en la figura 15 y 16. Lo cual evidencia que para el grupo 1 (G1) se halló un porcentaje mayor de activación que el grupo 2 (G2), implicando que para el lanzamiento en suspensión, y dado que son los segmentos corporales responsables por producir la fuerza para el lanzamiento (Sánchez, M. 2012), el brazo es el segmento corporal que más porcentaje de fuerza aporta a dicha ejecución técnica. Encontrando así, una relación directa entre fuerza total hallada y el porcentaje de incidencia, mayor o menor, entre los segmentos corporales superiores en lanzamiento en suspensión. Por lo anterior, si tomamos la fuerza media encontrada en el sujeto 1 de 19,87 N (Figura 7) y la relacionamos con el porcentaje de activación de los músculos del brazo y antebrazo (58,78 y 47,21 % respectivamente) encontramos que para el antebrazo hay una incidencia hacia la fuerza total de 9,38 N y para el brazo de 11,67 N, comprobando como el brazo adquiere mayor protagonismo en dicha ejecución. Teniendo presente que la EMGS no nos aporta parámetros de

fuerza muscular, pero sí un indicador del esfuerzo muscular realizado en una determinada acción lo que implica que la relación existente entre la actividad EMG y la fuerza es únicamente una apreciación cualitativa (Massó et al., 2010).

Figura 13

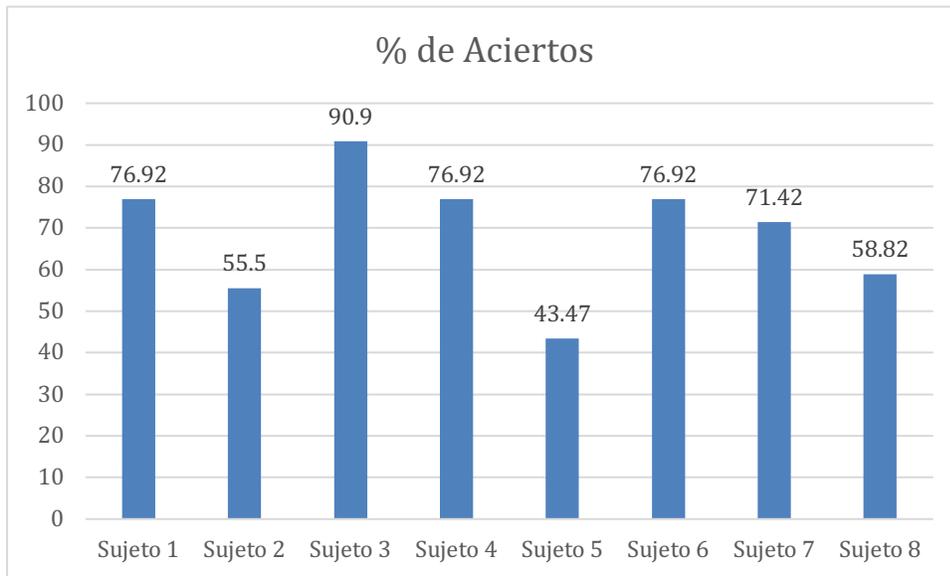


Figura 13. Porcentaje de cestas acertadas durante la evaluación en cada sujeto.

Para las ejecuciones realizadas por los deportistas, se tuvo un porcentaje de acierto bueno a nivel general, estando la mayoría por encima del 60 % de lanzamientos acertados (figura 13).

Figura 14

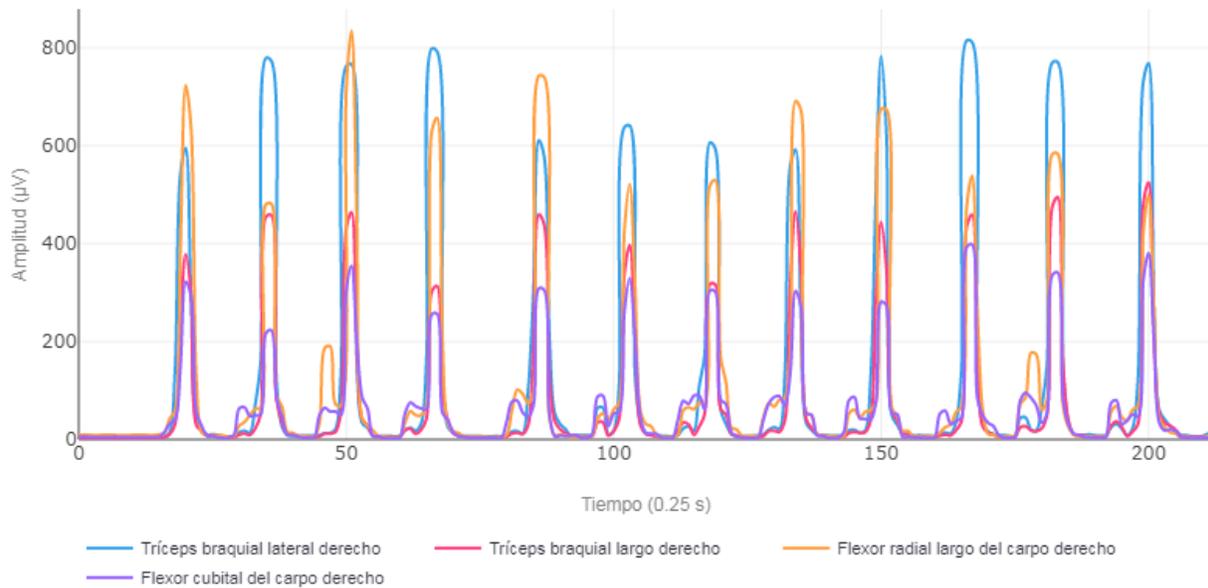


Figura 14. Reclutamiento de fibras musculares (RMS) en sujeto 1 durante sus lanzamientos.

Figura 15

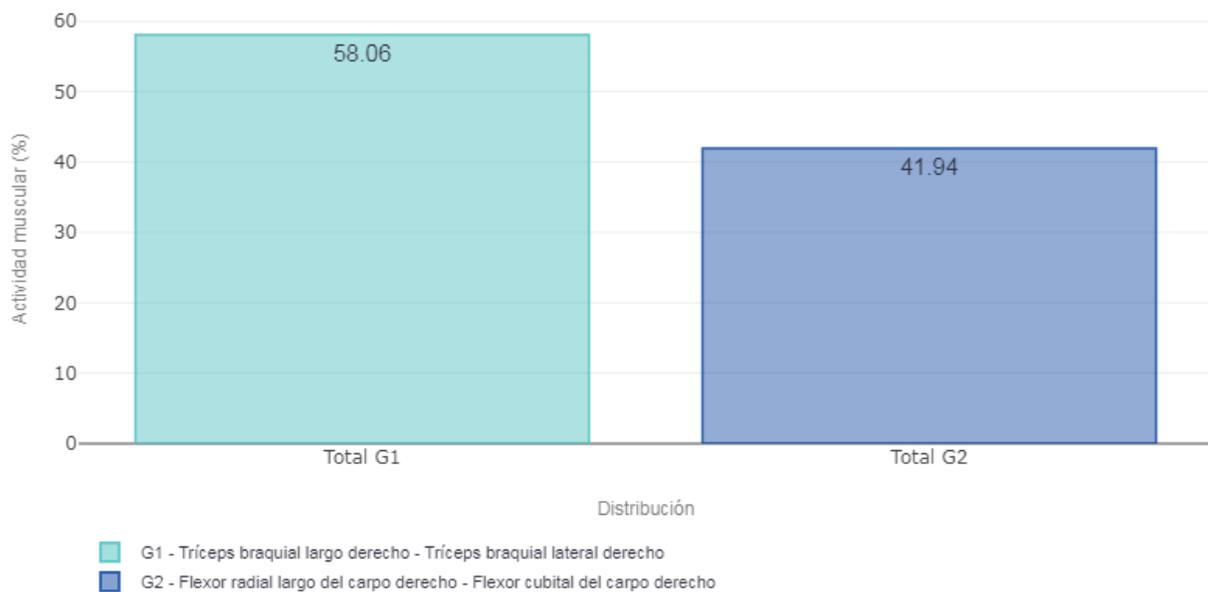


Figura 15. Distribución de la actividad muscular en % por grupos segmentarios (Brazo – Antebrazo) en el sujeto 2.

Figura 16

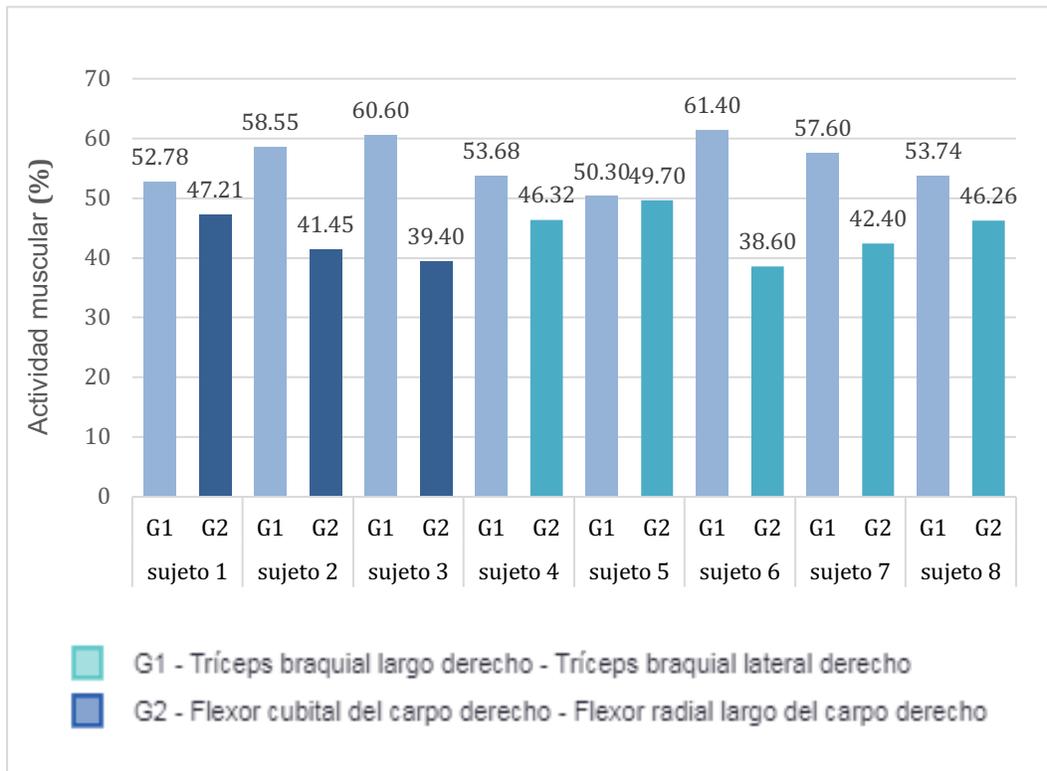


Figura 16. Nivel de actividad muscular medio en % por grupos segmentarios (Brazo – Antebrazo) de cada sujeto.

### Conclusiones

Dadas las medidas halladas en la activación de los músculos evaluados, para la población evaluada se encuentra que la musculatura del segmento corporal (brazo) tiene más incidencia en la producción de la fuerza que se le ejerce al balón en el lanzamiento en suspensión. Esta información puede ser de importancia para los entrenadores de baloncesto para la planificación de la fuerza en los deportistas. Para el lanzamiento en suspensión es de vital importancia la capacidad de generar fuerza, pues tiene influencia en el rendimiento del lanzamiento en suspensión (Victor H.A. Okazaki et al., 2015). Por lo cual poder conocer la fuerza ejercida al balón, podría ayudar a la evaluación del deportista. Quedan muchas variables para tener en cuenta en este estudio, pues al ser un deporte de cooperación – oposición, la variabilidad que existe en el juego real debería ser tomada en cuenta, en cierta medida, para este tipo de estudios.

### Referencias

- Aedo-Muñoz, E., Tamayo Contreras, V., Rojas Reyes, C., Hernández Wimmer, C., Brito, C., Miarka, B., Arghoty Bucheli, R., Dal Bello, F., & Herrera Valenzuela, T. (2020). Potencia y actividad electromiográfica en voleibolistas Universitarios. *Pensar En Movimiento: Revista de Ciencias Del Ejercicio y La Salud*, 18(1). <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v18i1.37753>
- Akhmad Syaukani, A., Chun Yan, L., Surakarta Jalan Ahmad Yani, M., & Tengah, J. (2018). Kinematic differences on mid-range basketball jump-shot between experienced and less-experienced collegiate player. *Jurnal Keolahragaan*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.21831/jk.v7i1.21541>
- Bermejo, J., & Palao, J. M. (2012). El uso de la videografía y software de análisis del movimiento para el estudio de la técnica deportiva [Videography and motion analysis software applied to sport technique analysis]. *Educación Física y Deportes*, 169(17), 1–14. [https://www.researchgate.net/publication/262007112\\_El\\_uso\\_de\\_la\\_videografía\\_y\\_software\\_de\\_analisis\\_del\\_movimiento\\_para\\_el\\_estudio\\_de\\_la\\_tecnica\\_deportiva\\_Videography\\_and\\_motion\\_analysis\\_software\\_applied\\_to\\_sport\\_technique\\_analysis](https://www.researchgate.net/publication/262007112_El_uso_de_la_videografía_y_software_de_analisis_del_movimiento_para_el_estudio_de_la_tecnica_deportiva_Videography_and_motion_analysis_software_applied_to_sport_technique_analysis)
- Çetin, E., & Muratlı, S. (2014). Analysis of Jump Shot Performance among 14-15 Year Old Male Basketball Player. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.693>
- Erčulj, F., & Štrumbelj, E. (2015). Basketball shot types and shot success in different levels of competitive basketball. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128885>
- García-Fojeda, A., Biosca, F., & Carles Vàlios, J. (1997). LA BIOMECÁNICA: UN A HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA DEPORTIVA. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 1(47), 15–20. <https://www.semanticscholar.org/paper/La-biomecánica%3A-una-herramienta-para-la-evaluación-García-Fojeda-Biosca/33ae5f0517941897fd884513a58810ad486deab3#related-papers>
- García, J., Ibáñez, S. J., Feu, S., Cañadas, M., & Parejo, I. (2008). Estudio de la gestoforma del lanzamiento a canasta en la liga E.B.A. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 14, 17–21. [https://www.researchgate.net/publication/28228730\\_Estudio\\_de\\_la\\_gestoforma\\_del\\_lanzamiento\\_a\\_canasta\\_en\\_la\\_liga\\_EBA](https://www.researchgate.net/publication/28228730_Estudio_de_la_gestoforma_del_lanzamiento_a_canasta_en_la_liga_EBA)
- Knudson, D. (1993). Biomechanics of the Basketball Jump Shot—Six Key Teaching Points. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(2). <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606710>
- Lidor, R., Blumenstein, B., & Tenenbaum, G. (2007). Psychological aspects of training in european basketball: Conceptualization, periodization, and planning. In *Sport Psychologist* (Vol. 21, Issue 3). <https://doi.org/10.1123/tsp.21.3.353>
- Massó, N., Rey, F., Romero, D., Gual, G., Costa, L., & Germán, A. (2010). Aplicaciones de la

- electromiografía de superficie en el deporte. *Apunts Med Esport*, 45(165), 127–136. [https://www.researchgate.net/publication/254490977\\_Aplicaciones\\_de\\_la\\_electromiografia\\_de\\_superficie\\_en\\_el\\_deporte](https://www.researchgate.net/publication/254490977_Aplicaciones_de_la_electromiografia_de_superficie_en_el_deporte)
- Nakano, N., Fukashiro, S., & Yoshioka, S. (2018). The effect of increased shooting distance on energy flow in basketball jump shot. *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1480728>
- Nor Adnan, N. M., Ab Patar, M. N. A., Lee, H., Yamamoto, S. I., Jong-Young, L., & Mahmud, J. (2018). Biomechanical analysis using Kinovea for sports application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 342(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/342/1/012097>
- Okazaki, V., & Rodacki, A. (2005). CHANGES IN BASKETBALL SHOOTING COORDINATION IN CHILDREN PERFORMING WITH DIFFERENT BALLS. *Fédération Internationale D'éducation Physique*, 75(2), 368–371. <https://www.researchgate.net/publication/236889881>
- Okazaki, Victor H.A., Luiz, A., & Rodacki, F. (2012). Increased distance of shooting on basketball jump shot. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 231–237. <http://www.jssm.org>
- Okazaki, Victor H.A., Rodacki, A. L. F., & Satern, M. N. (2015). A review on the basketball jump shot. *Sports Biomechanics*, 14(2). <https://doi.org/10.1080/14763141.2015.1052541>
- Okazaki, Victor Hugo Alves, Rodacki, A., & Alves Okazaki, F. H. (2007). Biomecânica do arremesso de jump no basquetebol. *Educación Física y Deportes*, 11(105).
- Pakosz, P., Domaszewski, P., Konieczny, M., & Bączkiewicz, D. (2021). Muscle activation time and free-throw effectiveness in basketball. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87001-8>
- Pueo, B. (2016). High speed cameras for motion analysis in sports science. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(1). <https://doi.org/10.14198/jhse.2016.111.05>
- Pueo, B., Penichet-Tomas, A., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology and Behavior*, 227. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSBEH.2020.113144>
- Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., & Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS ONE*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
- Raiola, G., & D'isanto, T. (2016). Descriptive shot analysis in basketball. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(Proc1), S259–S266. <https://doi.org/10.14198/jhse.2016.11.Proc1.18>
- Rupčić, T., Antekolović, L., Knjaz, D., & Matković, B. (2016). RELIABILITY ANALYSIS OF

THE 94 FIFTY SMART SENSOR BASKETBALL. In M. Zvonář & Z. Sajdlová (Eds.), *10th International Conference on Kinanthropology* (pp. 432–438). [www.94fifty.com](http://www.94fifty.com)

Struzik, A., Pietraszewski, B., & Zawadzki, J. (2014). Biomechanical analysis of the jump shot in basketball. *Journal of Human Kinetics*, *42*(1). <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0062>

Zang, C. M. (2019). *Análisis de la presentación de los temas energía, trabajo y principio de conservación de la energía en libros de texto de física universitaria* [Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería. Dirección de Posgrado]. <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/16743>

