ISSN: 1989-6247

Recibido: 17-8-2018 Aceptado: 3-8-2018

EL USO DEL KINOVEA PARA EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DESDE UNA PERSPECTIVA CUANTITATIVA

THE USE OF KINOVEA FOR BIOMECHANICAL ANALYSIS FROM A QUANTITATIVE PERSPECTIVE

Autor:
Sánchez-Pay, Alejandro

Institución:

Universidad de Murcia. aspay@um.es

Resumen: el análisis del movimiento desde una perspectiva cuantitativa es un valor añadido en el entrenamiento y seguimiento de los deportistas por parte de sus entrenadores. La mayoría de los sistemas de análisis biomecánico realizan una composición en 3D del sistema a través de materiales y software muy costosos. La existencia de programas de análisis de video gratuitos, así como la mejora de los sistemas de grabación en los dispositivos móviles actuales, permiten realizar un análisis técnico desde un punto de vista cuantitativo muy práctico y válido para determinados entornos del entrenamiento. En el presente trabajo se describen algunas posibilidades de uso del software gratuito Kinovea así como diversos aspectos a tener en cuenta durante el análisis del movimiento.

Palabras Clave: Análisis técnico, movimiento, biomecánica, software.

Abstract: The analysis of the movement from a quantitative perspective is an added value in the training and monitoring of athletes by their coaches. Most biomechanical analysis systems use a 3D system, which are very expensive in materials and software. The existence of open access video analysis programs, as well as the improvement of recording systems in current mobile devices, allow a technical analysis from a quantitative point of view very practical and valid for certain training environments. In the present work some possibilities of use of the free software Kinovea are described as well as several aspects to consider during the analysis of the movement

Key Words: Technical analysis, movement, biomechanics, software.

ISSN: 1989-6247

1. INTRODUCCIÓN

La biomecánica se puede entender como la ciencia que aplica las leyes de la mecánica a los movimientos de los seres vivos. En este sentido, la biomecánica deportiva aplica dichas leyes y conceptos al área de la actividad física y el deporte.

La biomecánica se divide en cinemática y cinética. La cinemática se encarga de describir los movimientos, situando espacialmente los cuerpos mediante coordenadas y ángulos. Detalla los movimientos en términos de desplazamientos, velocidades y aceleraciones. En cambio, la cinética describe las causas del movimiento (dinámica) o ausencia del mismo (estática) (Palao, 2012).

Calcular tiempo, distancias, velocidades o aceleraciones siempre es objeto de estudio para los investigadores de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Para ello, se utilizan a menudo diversos materiales para medir distancias (cintas métricas, odómetros, etc.), tiempo (fotocélulas) ángulos (goniómetros o electro-goniómetros) o velocidades (radar o encoder lineales) (Izquierdo, 2008). La mayoría de los sistemas de video análisis en 3D dan información muy detallada sobre estos parámetros en cada segmento analizado, pero su coste es realmente alto.

En este trabajo, se va a describir cómo usar un software de video análisis en 2D de uso libre, así como describir las posibilidades que ofrece.

2. KINOVEA COMO SOFTWARE DE USO LIBRE

Kinovea es un software de libre acceso que permite el visionado de imágenes y video (Kinovea, 2017). Es compatible con el sistema operativo Windows, y aún no está disponible para Macintosh o Linux. El software puede ser descargado de manera gratuita desde su sitio web (https://www.kinovea.org). Está disponible en cerca de 15 idiomas y la última versión experimental es la 0.8.26, sobre la que se hablará en este trabajo.

ISSN: 1989-6247

3. CONFIGURACIÓN ESPACIO-TIEMPO

A modo de información general, en necesario indicar que un video está compuesto por fotogramas. En la actualidad, existen dispositivos móviles que son capaces de capturar hasta 240 imágenes por segundo (fps). A su vez, un fotograma está compuesta por píxeles que son las unidades básicas de la imagen. Cuanto mayor sea el número de pixeles por superficie de nuestra imagen, mayor nitidez tendrá la misma. Estos dos aspectos son necesarios tenerlos en cuenta. Pensemos en un dispositivo que es capaz de grabar a 60 fps. Entre imagen e imagen existirá un intervalo de tiempo de 0,0166 segundos (1 segundo dividido entre 60 imágenes). Por el contrario, si nuestro dispositivo captura a 240 fps, el tiempo se reducirá a 0,00416 segundos. Disponer de dispositivos con un mayor número de fps hará que nuestro error disminuya. Algo similar ocurre con los píxeles de la imagen.

Cuando se incluye un video en el programa Kinovea, lo primero que se debe realizar es indicar al programa a qué velocidad de grabación se ha realizado el video (cuantos fotogramas hay por segundo) así como indicar qué espacio (en metros) hay entre píxeles de medidas conocidas.

Configurando el tiempo

Kinovea posee la opción de incluir la velocidad de captura de la imagen en su dirección *video=>configure video timing* (**Figura 1**):

- *Capture framerate*: En este apartado, debemos introducir el número de fotogramas al cual ha sido realizada la grabación. Número de fotogramas capturados por segundo.
- *Video framerate: En esta casilla se debe incluir a la velocidad que se quiere que se reproduzca la imagen. Contestaría a la pregunta ¿cuántos fotogramas quiere ver por segundo? Si incluimos el mismo valor que en el apartado de arriba (ej.: capture framerate 120 y video framerate 120) entonces veremos el video a velocidad normal. Si disminuimos el último*

ISSN: 1989-6247

valor sobre el primero, pasarán menor número de fotogramas por segundo, por lo que la imagen se verá ralentizada. Por el contrario, si aumentamos el número de fotogramas de visionado por segundo, el video de acelerará.

Figura 1. Configuración de captura y reproducción

Configurando el espacio

Un video no es más que una sucesión de fotogramas. La imagen, como se ha comentado anteriormente es la unión de píxeles (unidad básica de la imagen). Los píxeles forman líneas verticales y horizontales que dan lugar a la imagen que nosotros vemos. Para obtener medidas espaciales dentro de una imagen, es necesario conocer distancias reales de la misma (ej.: altura del jugador, longitud de la piscina, altura de la canasta, etc.).

Kinovea permite incluir distancias conocidas de píxel a píxel y de este modo poder ubicar a los objetos en el espacio. En este sentido, existen 2 opciones: calibración a través de línea (un eje) y calibración a través de cuadrícula (dos ejes).

- *Línea*: sobre la imagen se puede dibujar una línea sobre dos puntos de distancias conocidas. A partir de ahí, y clicando con el botón derecho sobre la línea aparece la opción *calibrate* donde se puede incluir la medida real conocida (**Figura 2**).
- *Cuadrícula*: esta opción es utilizada cuando queremos calibrar el espacio tanto en líneas horizontales como en líneas verticales. La configuración

ISSN: 1989-6247

del video (tamaño de la imagen y resolución) hace que el número de píxeles horizontales sea diferente al número de píxeles verticales. Con calibración de línea anteriormente descrita, se calibran los píxeles horizontales y verticales por igual. Con la opción cuadrícula podemos solucionar este error (**Figura 3**).

Figura 2. Calibración por línea

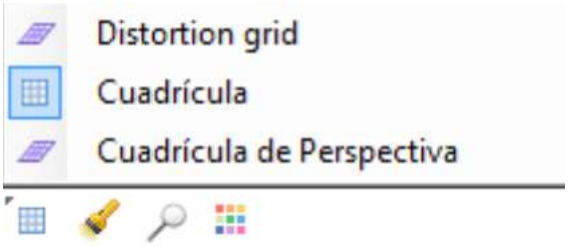

Figura 3. Calibración por cuadrícula

Además, Kinovea permite la opción de calibrar el espacio utilizando la opción de cuadrícula de perspectiva y cuadricula distorsionada (*distortion grid*).

- *Cuadrícula de perspectiva*: esta opción se utiliza cuando el punto de grabación crea una visión de la imagen de profundidad. Si grabamos la totalidad de un campo de fútbol desde un fondo, el área o portería de ese lado se representa más grande que la del fondo contrario, aunque las distancias reales son las mismas (**Figura 4**).
- *Cuadrícula distorsionada*: esta función la utilizaremos cuando el video se capture a través de objetivos gran angular u ojo de pez, en la cual la imagen se distorsiona creando una con forma circular. Con este tipo de calibración, el programa permite trasladar esas líneas circulares creadas a líneas rectas reales (**Figura 5**). La cuadrícula realiza 5x5 puntos para crear la distorsión. Para ello, será necesario previamente en el campo de juego realizar marcas de división iguales para que en el programa la calibración sea correcta.

ISSN: 1989-6247

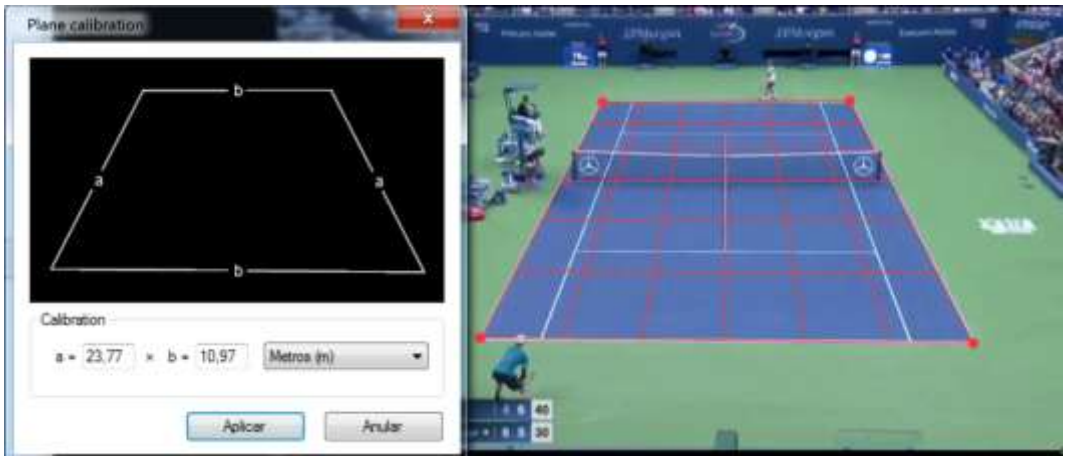

Figura 4. Calibración con cuadrícula de perspectiva

Figura 5. Calibración con cuadrícula distorsionada

4. CÁLULO DE PARÁMETROS CINEMÁTICOS

Las magnitudes básicas o fundamentales del Sistema Internacional son la masa, el espacio y el tiempo. El resto de magnitudes (velocidad, aceleración, fuerza, etc.) son derivadas de las magnitudes fundamentales. Obviando la masa, pues el programa no mide dicha magnitud, Kinovea permite medir de forma fiable y valida el tiempo y el espacio (Balsalobre-Fernández, Tejero-González, del Campo-Vecino, & Bavaresco, 2014) para después, utilizando la función de seguir trayectorias, calcular otros parámetros como la velocidad o la aceleración entre otras. Además, otros estudios han mostrado resultados fiables para la medición de ángulos a través del programa (Elwardany, El-Sayed, & Ali, 2015, 2016).

ISSN: 1989-6247

El tiempo

Una vez configurado el video sobre la velocidad de captura de la imagen, el programa permite contar el tiempo que existe entre un fotograma y otro (ej.: desde el fotograma en el cual la pelota sale de la mano de un tenista cuando realiza un saque, hasta que ésta es impactada). Para ello, existe la función cronómetro. Clicando en el icono del cronómetro situado en la barra de herramientas, incluiremos el cronómetro sobre la imagen. Una vez está incluido y dispuesto en el lugar de la imagen que deseemos, para iniciar el cronometro se deberá clicar con el botón derecho sobre el mismo y pulsar en iniciar el cronómetro. En ese momento, el tiempo del cronómetro aumentará en función del número de fotogramas que vayamos avanzando. Para detenerlo, nos dispondremos sobre el último fotograma que queremos incluir en la medición del tiempo y clicaremos nuevamente sobre el botón derecho para pulsar en detener el cronómetro (**Figura 6**).

En nuestro análisis biomecánico, podemos utilizar la función cronómetro para medir cantidad de acciones (tiempo de salto en un CMJ, tiempo entre apoyos en la carrera, tiempo de vuelo del proyectil en un lanzamiento de peso, tiempo que trascurre entre el golpeo de dos jugadores de tenis, el tiempo en un ciclo del pedaleo, el tiempo de las diferentes fases en un salto con pértiga, etc.).

Figura 6. Medición del tiempo de vuelo en un CMJ con un dispositivo de grabación a 240 fps.

ISSN: 1989-6247

El espacio

Antes de desarrollar este apartado, es importante matizar dos conceptos que, aunque coloquialmente se utilizan de forma indistinta, en la física tienen connotaciones diferentes. Estos son, el desplazamiento y la distancia. El desplazamiento se puede entender como la línea recta que une dos puntos. La distancia es la cantidad de espacio recorrido entre esos dos puntos (**Figura 7**). Como ejemplo en el deporte, se puede pensar en Usaint Bolt en una carrera de 100 metros. Si ponemos como punto de referencia la cadera del atleta, ésta tendrá un desplazamiento de 100 metros (desde la salida hasta la meta). Ahora bien, la cadera realiza oscilaciones sobre el eje y (subirá y bajará ligeramente durante toda la carrera) por lo que la distancia desarrollada por la misma será mayor a 100 metros.

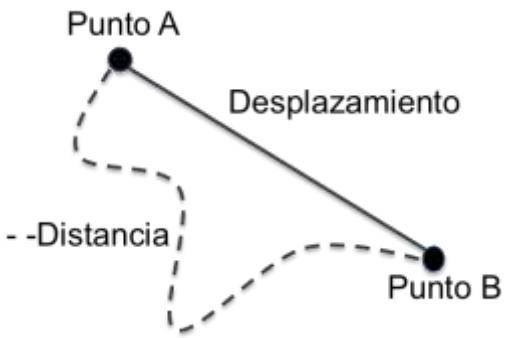

Figura 7. Diferenciación entre distancia y desplazamiento

Tras calibrar el espacio con alguna de las funciones desarrolladas en el apartado anterior, se podrá medir el desplazamiento entre dos puntos utilizando dos funciones: línea y coordenadas.

- *Línea*: Si queremos conocer el desplazamiento que se ha realizado entre dos puntos, basta con unir esos dos puntos con una línea de la barra de herramientas y tras esto, clicar con el botón derecho sobre la línea y pulsar *mostrar la medida* (**Figura 8**). Esta función es útil si la medición la realizamos sobre un momento dado (espacio entre un corredor y su perseguidor antes de entrar en meta, altura de la cadera en el momento de la batida en un salto de longitud, etc.) o entre un punto fijo y uno móvil

ISSN: 1989-6247

(máxima altura de una pelota respecto al suelo, longitud en un lanzamiento de peso, distancia de impacto de un proyectil sobre una diana, etc.). Si la medición se realiza sobre dos fotogramas diferentes (distancia entre dos apoyos en la carrera, desplazamiento de la cadera en un CMJ), entonces se recomienda utilizar la función de marcadores expuesta a continuación.

Figura 8. Distancia alcanzada en un salto horizontal.

- *Marcadores*: si se quiere situar en el espacio un punto, este debe hacerse por medio de coordenadas. Las coordenadas son valores que sitúan a un punto dado sobre el eje *x* e *y* respecto a un punto de referencia (si trabajamos sobre un plano de dos dimensiones como así lo hace Kinovea). Tras calibrar el espacio con una referencia espacial conocida, se puede situar en el espacio un punto utilizando la función *marcadores* de la barra de herramientas, situarlo en el punto que queremos dotar de coordenadas y darle al botón derecho para *mostrar las coordenadas*. El primer valor sitúa al punto en el espacio sobre el eje x, el segundo sobre el eje y (x, y). Tras incluir dos marcadores punto 1 (x_1, y_1) y punto 2 (x_2, y_2) se podrá calcular la distancia de dos formas: o utilizar la fórmula $d(P_1,P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$, o unir ambos puntos con una línea (descrito en el punto anterior).

Si lo que queremos es medir la distancia recorrida de un punto dado por el espacio, entonces debemos utilizar una función llamada *seguir trayectorias*.

ISSN: 1989-6247

Siguiendo trayectorias

Esta función se activa cuando sobre un punto de la imagen (el tobillo de un ciclista durante un ciclo de pedaleo, la cadera de un atleta durante de un paso de vallas, etc.) se cliquea con el botón derecho y se indica *seguir trayectorias*. En este caso, el usuario debe indicar la zona que se desea seguir. Es importante apuntar que Kinovea sigue píxeles, por lo que será recomendable seleccionar una zona donde exista contraste de color con los píxeles de alrededor. Esto se suele solucionar con el uso de marcadores pegados al cuerpo del sujeto para facilitar el seguimiento. Tras seleccionar la zona a seguir, el usuario deberá avanzar el video hasta el momento en que se desee terminar la trayectoria donde se deberá clicar con el botón derecho sobre la misma en *terminar la edición de la trayectoria*. El programa realiza un seguimiento del marcador automático, aunque en determinados momentos es necesario realizarlo de forma manual. Una vez finalizada la trayectoria del punto sobre el video, se puede observar en un momento dado, datos relativos a distancia, velocidad, aceleración… clicando sobre el botón derecho sobre la misma seleccionando en *mostrar la medida* la magnitud que nos interese observar en ese momento.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS (GRÁFICOS)

Los datos recogidos sobre el video relativos a marcadores, ángulos, trayectorias, etc. pueden ser exportados directamente a un gráfico por el propio programa. Además, el programa permite exportar los datos a Excel para poder realizar un tratamiento de los mismos.

En este sentido deberemos seleccionar *tools* => y la opción que consideremos. A modo de ejemplo, se van a describir y explicar tres posibles opciones con un ejemplo en cada una de ellas:

Análisis de marcadores: en la **Figura 9** se observa el diagrama generado (*tools => scatter diagram*) a partir de 10 lanzamientos de beisbol sobre una diana. Si incluimos el sistema de coordenadas (*tools => coordinate system*) y

ISSN: 1989-6247

ponemos el punto de referencia (0,0) en el centro de la diana, se podrá observar hacia dónde se han desviado nuestros lanzamientos así como la distancia de los mismos sobre cada uno de los ejes.

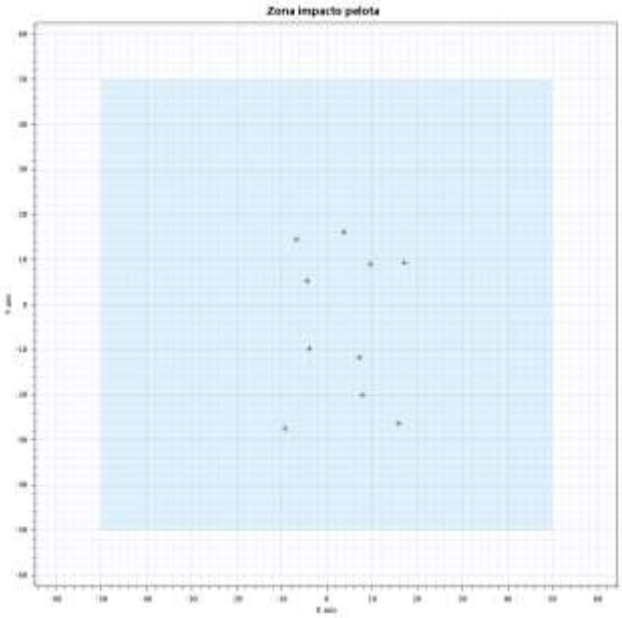

Figura 9. Localización de los puntos de impacto

Análisis de una trayectoria: en la **Figura 10** se observa la velocidad de movimiento descrita por la barra en un press de banca en máquina Smith, desde su posición inicial, hasta su punto más alto. Sobre el panel, se podrá indicar qué valores queremos que se representen en el gráfico: posición, desplazamiento, velocidad y aceleración (tanto horizontal, vertical como absoluta, considerando ambos ejes) además de la distancia total recorrida por el punto analizado. En el panel también se puede establecer cómo se quiere representar esos datos respecto al tiempo: en valores absolutos (contando desde el inicio del video), relativo (desde el momento de inicio de la trayectoria) y normalizado (valores representados a partir del segundo como unidad).

ISSN: 1989-6247

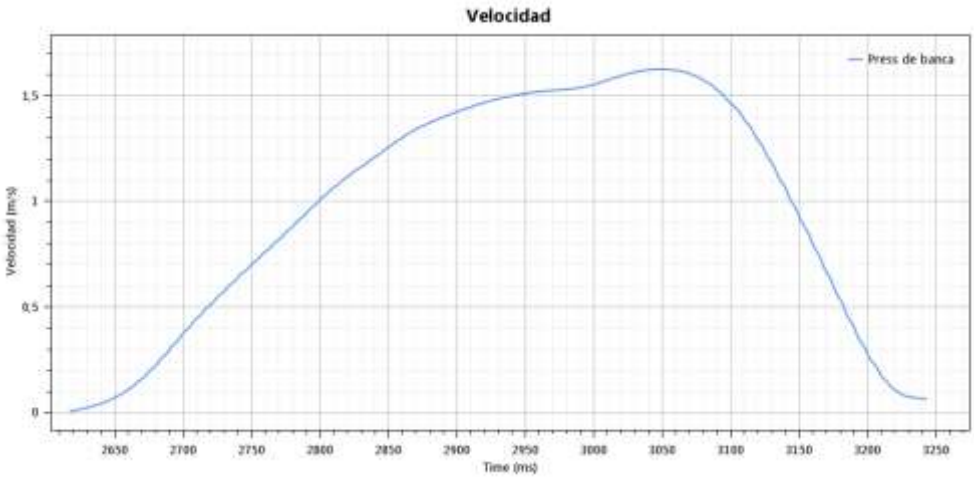

Figura 10a. Velocidad instantánea en un press de banca con un dispositivo de grabación a 240 fps.

Análisis del movimiento angular: en la **Figura 11** se observa el ángulo formado por los puntos de cadera, rodilla y tobillo, de un ciclista durante 3 ciclos de pedaleo. En la pantalla se pueden mostrar los valores de diferentes parámetros angulares (ángulo, desplazamiento angular, velocidad angular, etc.). Además, estos valores se pueden representar en el tiempo en sobre valores absolutos, relativos o normalizados, tal y como se ha explicado en el punto anterior.

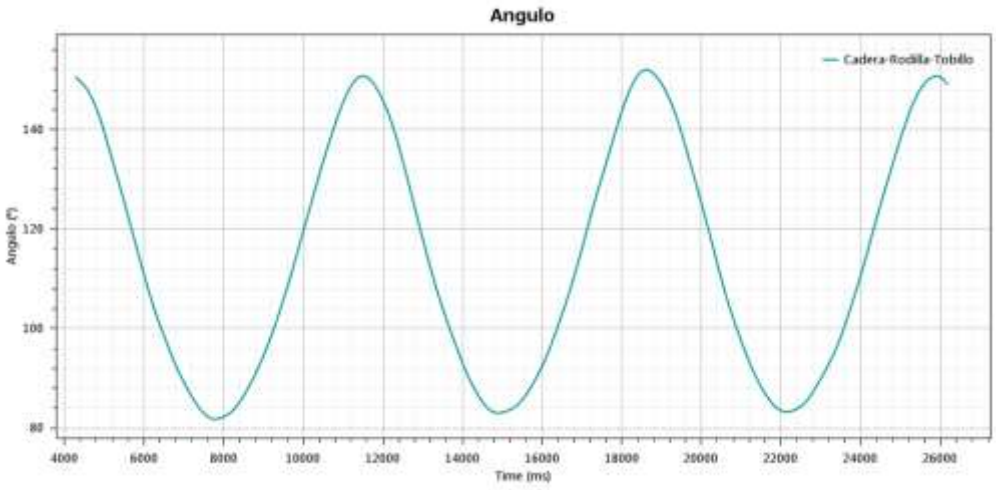

Figura 110b. Ángulo absoluto formado por la cadera, rodilla y tobillo en tres ciclos de pedaleo.

ISSN: 1989-6247

6. CONSIDERACIONES DE GRABACIÓN

A continuación se exponen algunas consideraciones a tener en cuenta antes del proceso de grabación, así como para el posterior análisis del video en el programa Kinovea:

Antes

Perspectiva de grabación: en un primer momento será necesario establecer qué se quiere medir, para entonces escoger la perspectiva más acertada. En este sentido, se recomienda grabar desde una perspectiva perpendicular al parámetro a medir, pues desviaciones en este aspecto hará que la medida principalmente de los ángulos no sea fiable. Si consideramos un sujeto en posición anatómica, grabaremos frontalmente si queremos observar elevación de brazos o separación de piernas (abducción, aducción), desalineación de hombros, etc. Si por el contrario queremos observar la flexo-extensión del tren inferior en un CMJ, la parábola descrita por un móvil, o la curvatura de la espalda a nivel de lordosis o cifosis, entonces utilizaremos una perspectiva lateral.

Distancia de grabación: la grabación se representa sobre el plano como una imagen. Si el objeto que se quiere grabar se encuentra cerca de la cámara, éste se representará sobre la imagen más grande que si se encuentra más alejado.

Uso de trípode: cuando se realiza un análisis cualitativo del movimiento, es recomendable aunque no necesario hacer uso de un soporte para que el dispositivo de grabación se mantenga en estático durante todo el gesto. Pero si queremos realizar algún tipo de medición para controlar parámetros cuantitativos, es preciso el uso de sistemas (trípode) que permitan realizar una grabación sin movimiento alguno. De esta forma, los puntos de referencia de la imagen (el aro de una canasta sobre la pelota, el impacto de una pelota de tenis en el cuadro de saque, punto de lanzamiento de un peso sobre el suelo, etc.) se mantendrán fijos durante toda la ejecución.

ISSN: 1989-6247

Después

Calibración del espacio: la unidad del Sistema Internacional es el metro (m) y en este caso es recomendable utilizar esta unidad cuando calibremos el espacio para medir distancias medias/largas (salto de longitud, zancadas, altura de lanzamientos, etc.). Si por el contrario queremos medir desplazamientos pequeños (movimiento de una barra en un press de banca, punto de impacto de un dardo sobre una diana, etc.) entonces se recomienda calibrar con una unidad más pequeña (centímetros o milímetros).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balsalobre-Fernández, C., Tejero-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. http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e

Elwardany, S. H., El-Sayed, W. H., & Ali, M. F. (2015). Reliability of kinovea computer program in measuring cervical range of motion in sagittal plane. *Open Access Library Journal*, *2*(9), 1–10. http://doi.org/10.4236/oalib.1101916

Elwardany, S. H., El-Sayed, W. H., & Ali, M. F. (2016). Validity of kinovea computer program in measuring cervical range of motion in frontal plane. *Medical Journal of Cairo University*, *84*(1), 579–587. http://doi.org/10.4236/OALIB.1101916

Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Panamericana.

Kinovea. (2017). Kinovea. Retrieved from https://www.kinovea.org/

Palao, J. M. (2012). *Biomecánica aplicada a las ciencias del deporte*. Murcia: Diego Marín.