

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL MOVIMIENTO HUMANO

El movimiento del cuerpo humano es muy variado y este movimiento puede ser sencillo o complejo, dependiendo del tipo de actividad física que esté realizando. Cualquier tipo de movimiento que se este llevando a cabo es necesario registrarlo para facilitar el análisis del mismo. El registro de los movimientos corporales de la actividad ejecutada puede dividirse en fases y en sub-fases, de tal manera que su estudio sea mas detallado.

La forma más común de registrar el movimiento, es la filmación utilizando la videografía, la cinematografía o la fotografía continua. Estas técnicas permiten registrar la secuencia del movimiento en películas que posteriormente son analizadas foto por foto o cuadro por cuadro, en si se denominará una imagen como un “fotograma”.

El análisis de cada fotograma facilita la descripción del movimiento, identifica sus características, para ser evaluadas con respecto a los criterios escogidos, donde cada fotograma representa una posición, por lo tanto varios fotogramas en secuencia, permiten visualizar el movimiento en una articulación, el movimiento en varias articulaciones o la totalidad del movimiento. Así mismo, en la secuencia de los fotogramas se pueden observar los cambios de posición de los diferentes segmentos corporales y del cuerpo humano.

Los cambios de posición que experimenta el cuerpo humano se analizan para determinar las variables estructurales y mecánicas que intervienen en la realización de

ese movimiento, con la finalidad de detectar los posibles errores que puedan influir en el rendimiento de esa actividad; los resultados se pueden utilizar de diferentes formas, entre ellas pueden ser: para ser aplicada en una rehabilitación, una corrección o en el desarrollo de un movimiento.

En este sentido, a continuación se pretende dar las pautas a seguir para el análisis de un movimiento corporal, bien sea cuando se realiza cualquier actividad física cotidiana o una destreza física deportiva, y los resultados puedan ser utilizados y aplicados de la forma más sencilla. Generalmente, las dificultades más comunes para el análisis del movimiento, se debe a lo costoso de los equipos que son necesarios para recoger la información, pero por lo menos es necesario una filmadora para registrar el movimiento. Las fases para el análisis estructural del movimiento se deben cumplir en su totalidad para obtener resultados, sin embargo, el punto 4 de la primera fase se puede obviar, y esto no afecta en ningún momento los resultados que se van a conseguir.

Fases para el análisis estructural del movimiento

Fase I. Enunciado y Descripción del movimiento.

1. El movimiento seleccionado que se va analizar, se debe enunciar, describir y dividir en fases o sub-fases en caso de ser necesario. En cada una de las posibles fases se debe delimitar el movimiento, es decir, donde se inicia y donde culmina, y el análisis de cada fase se realiza por separado.
2. Se registra el movimiento, bien con la técnica de la cinematografía, la videografía o fotografías sucesivas. Este registro facilita la subdivisión de las fases. En la actualidad, la técnica que facilita el análisis es la videografía, además si se tiene el equipo, la película o la cinta de video donde se realiza el registro, tiende a ser la más económica de las técnicas.

3. Se registra la amplitud del movimiento articular, en cada una de las articulaciones involucradas en el movimiento de análisis, utilizando un goniómetro o electrogoniómetro. Este registro permite determinar el rango de movimiento para verificarlo y compararlo con la amplitud promedio de cada articulación.

4. Registrar la actividad muscular con un electro miógrafo. La actividad muscular está dada por la velocidad de conducción del impulso eléctrico que estimula un músculo y la respuesta que acontece en él. La actividad muscular, puede ser registrada por cualquier otro tipo de valoración, en caso de poseer un electro miógrafo, por ejemplo, mediante la palpación de los músculos activos.

Fase II. *Confección del ciclograma del movimiento*

Posteriormente al registro filmico del movimiento que se va a analizar, por cualquiera de las técnicas mencionadas anteriormente, se confecciona en forma detallada cada uno de los fotogramas que se analizaran utilizando otra técnica denominada: confección de esquemas de posturas, (Ver figura 15.1) que viene a ser igual a una posición estática adoptada por el cuerpo en cada fotograma, y trazada en segmentos de rectas, con varios esquemas de posturas se obtiene la secuencia gráfica del movimiento, o el ciclograma. Esta secuencia gráfica es necesaria para poder confeccionar la Tabla de Coordenadas.

La metodología para la confección del ciclograma, y la Tabla de Coordenadas, se presentan en el Anexo 1.

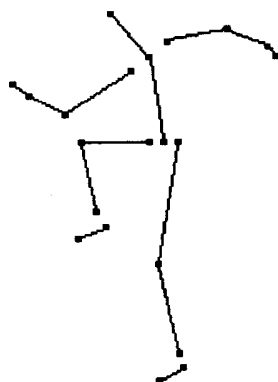


Figura 15.1. Esquema de postura

Los datos de la Tabla de Coordenadas son introducidos en un software especial para el análisis del movimiento donde son procesados. Uno de esos programas es el “ABIOMO” software utilizado en el laboratorio de Biomecánica del Departamento de Educación Física de la Universidad de los Andes y que está a la disposición por el correo electrónico biomecánica@cantv.net.

Fase III. *Determinación del centro de gravedad segmental y corporal.*

El centro de gravedad fue definido como el punto de aplicación de la fuerza resultante, dada por la sumatoria de las fuerzas parciales que actúan y se relacionan con la posición o traslación del cuerpo. También se aplica para los centro de gravedad de cada segmento corporal. En la figura 15.2, se observa el Centro de Gravedad Corporal (CGC) y los Centros de Gravedad Segmental (CGS) de cada miembro corporal.

Para determinar el Centro de Gravedad Corporal (CGC) y los Centros de Gravedad Segmental (CGS) de cada miembro corporal se utiliza el programa “ABIOMO”

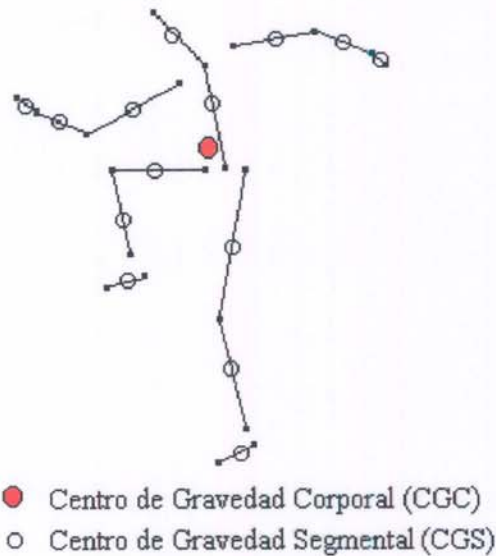


Figura 15.2. Esquema de postura con la ubicación de los Centro de Gravedad Corporal (CGC) y los Centros de Gravedad Segmental (CGS)

Fase IV. *Análisis muscular del movimiento.*

Para el análisis muscular del movimiento se subdivide esta fase, y se utiliza el ciclograma o secuencia del movimiento como se observa en la figura 15.3. y que fue obtenido previamente como se señala en la fase II. Para el análisis muscular se tomará como punto de referencia algunos de los pasos, presentados por Rasch y Burke (1.986). En el Cuadro 15.1. se presenta un formato que puede ser utilizado para realizar el análisis muscular de cualquier movimiento.

1. *Posición articular inicial:* se debe tomar el primer fotograma seleccionado como posición inicial, y se determinan cual es la posición articular que presentan cada una de las articulaciones del aparato locomotor. Para realizar el análisis del movimiento de la figura 15.3, se toma una figura predeterminada como el primer fotograma para tomarla como la posición inicial que tiene cada articulación, para este caso se tomará la primera figura, es decir, la número 1, y en el cuadro 15.1. se indica la posición articular que posee cada articulación.

2. *Movimiento articular observado*: se analizan el resto de los fotogramas, (desde la figura o fotograma 2 hasta la 10) en ellos se debe observar, para cada una de las articulaciones, los cambios de posiciones que van experimentando entre cada fotograma, y se deben asentar, cada uno de esos cambios incluyendo el número de los fotogramas donde se produjo, independientemente que ocurran movimientos antagónicos en una misma articulación durante la ejecución. Ejemplo: en la figura 15.3, si se analiza la articulación del hombro, se observa que en el fotograma de la posición inicial, su posición articular es una hiperextensión, a partir de dicha posición se observan los siguientes cambios: entre la posición inicial y el fotograma 2 hay hiperextensión, luego se produce una flexión desde el fotograma 3 al 7, y del fotograma 8 al 10 se produce una extensión. Así sucesivamente, se realiza el análisis para cada articulación.
3. *Tipo de Contracción*: hay que identificar el tipo de contracción que se produce durante el movimiento. Puede haber o no contracciones musculares. Si hay contracción, existe la posibilidad que sea: concéntrica, excéntrica o estática. Si no hay contracción, esto indica que existe una relajación del músculo. Ver cuadro 15.1.
4. *Tipo de Movimiento Corporal*: en el tema del Sistema Muscular, se enunciaron dos tipos de movimientos corporales, ellos fueron: movimientos simples y movimientos compuestos. Sin embargo, independientemente del tipo de movimiento que ocurra se debe indicar como Fase Positiva (F+), Fase Neutra (F0) o Fase Negativa (F-), según sea el caso.
5. *Grupo Muscular Activado*: corresponde a la totalidad de los músculos que actúan realizando una acción articular específica, y son aquellos que cumplen con la función de los músculos motores principales del movimiento bien sean los músculos agonistas ó músculos antagonistas, según el tipo de contracción

muscular que se produzca. Ejemplo: si se produce una contracción concéntrica en la flexión de codo, el grupo muscular que se activan son los agonistas, es decir los flexores de codo, sin especificar los músculos individuales que actúan como flexores de codo, pero si se produce una contracción excéntrica en la flexión de codo, el grupo muscular que se activan son los antagonistas, es decir los extensores de codo, sin especificar los músculos individuales que actúan como extensores de codo.

6. *Músculos específicos activados*: en este caso se deben especificar de manera individual cada uno de los músculos principales que actúan en la realización de la acción articular. A veces, es necesario incluir los músculos que actúan como músculos accesorios o secundarios.

7. *Acciones Secundarias Indeseadas*: como la mayoría de los músculos realizan más de una acción articular, cumpliendo varias funciones musculares, es necesario identificar cuáles de ellas realizaría y que son indeseadas para el movimiento que se esta ejecutando; las mismas deben ser contrarrestadas para mayor efectividad del movimiento. Ejemplo: el músculo supinador largo, cuando se activa, aparte de realizar la flexión de codo, tiende a supinar o pronar las articulaciones radiocubitales (depende de la posición que tengan las radiocubitales), entonces cualquiera de estas acciones son indeseadas para la acción principal, es decir, la flexión de codo, por lo tanto se debe buscar como neutralizar esta acción.

Equipos e Instrumentación

Para el análisis bidimensional muscular del movimiento humano, es necesario los siguientes equipos:

Video cámara (de ser posible de alta resolución, del modelo S-VHS), que se utilizará para filmar la destreza que será grabada en una cinta de video S-VHS. Figura 15.4.



Figura 15.4. Video Cámara

Video Cassette Recording (VCR), se utiliza para reproducir el video y observarlo con la ayuda de un *monitor* de alta resolución o en su defecto un televisor, donde se podrán observar las imágenes y seleccionar los fotogramas que serán analizados. Figura 15.5.



Figura 15.6. Video Cassette Recording (VCR)

Electro miógrafo (EMG): se utiliza para determinar los patrones de la actividad muscular, y compararlos con la actividad observada por parte de los músculos activos. Generalmente, se indican los músculos que se están contrayendo durante una cierta fase del movimiento, pero no se llega a determinar el objetivo de esta contracción. Si se

compara con la actividad electro miográfica registrada se pueden encontrar fallas en el análisis. Figura 15.7.

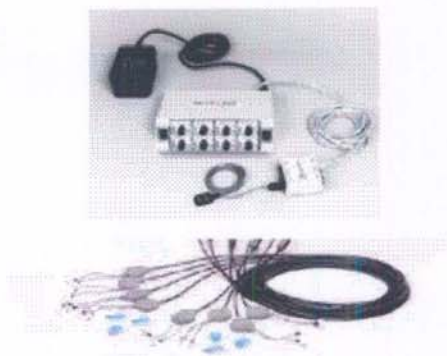


Figura 15.7. Electro Miógrafo (EMG) y electrodos

Electro goniómetro: se utiliza para medir el rango o las variaciones del ángulo articular de una articulación que une dos segmentos corporales adyacentes.

Equipos computarizados con su software: en la actualidad, el procesamiento de los datos recopilados en cualquier estudio, se facilita cuando son introducidos en un software especializado en el área.

Análisis del movimiento de la extremidad superior derecha, en la carrera



Figura 15.3. Secuencia de la carrera. Movimientos de la Extremidad Superior Derecha

Cuadro 15.1. Análisis articular y muscular de la extremidad superior.

Movimiento: Movimientos de la Extremidad superior derecha en la carrera. Fase de descenso.

Posición inicial: Fotograma 1, Movimiento observado: Fotogramas del 2 al 10

Articulación	Posición articular inicial	Movimiento articular observado	Tipo de Contracción	Tipo de Movimiento Corporal	Grupo Muscular Activado	Músculos específicos activados	Acciones Secundarias Indeseadas
Cintura							
Escapular							
Hombro							
Codo							
Radiocubitales							
Muñeca							

NOTA: Este cuadro queda vacío para que el lector lo utilice como práctica de el análisis muscular de la extremidad superior derecha de la carrera, presentada en la figura 15.3.

REFERENCIAS

Adrian, M. J. y Cooper, J. M. Biomechanics of Human Movement. 2° edición. 1.995. Brown & Benchmark. Iowa. USA.

Aguado J., X. Eficacia y Técnica Deportiva. Análisis del movimiento humano. 1° edición. 1.993. Publicaciones INDE. Barcelona, España.

Aguado J., X. Biomecánica Aplicada al Deporte. 1° edición. 1.998. Edita Universidad de León, España.

Ahonen, J; Latineen, T, y cols. Kinesiología y Anatomía Aplicada a la actividad Física. 1° edición. 1.996. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Busquet, L. Las Cadenas Musculares. Miembros Superiores. Tomo I. 1° edición. 1.994. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Busquet, L. Las Cadenas Musculares. Lordosis-Cifosis-Escoliosis y Deformaciones Torácicas. Tomo II. 1° edición. 1.994. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Busquet, L. Las Cadenas Musculares. La Pubalgia. Tomo III. 1° edición. 1.994. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Busquet, L. Las Cadenas Musculares. Miembros Inferiores. Tomo I. 1° edición. 1.994. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Daza L, J. Test de movilidad articular y examen muscular de las extremidades. 1° edición. 1.996. Editorial Médica Internacional LTDA. Bogota, Colombia.

Delavier, F. Guía de los Movimientos de Musculación. Descripción anatómica. 4° edición. 2.001. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Dyson, G. Mecánica del Atletismo. 1° edición. 1.978. INEF. Madrid, España.

- Fumagalli, Zaccaria. Atlas Anatomía Macroscópica Humana. Edición Completa. 1980. Editorial Científico Médica. Barcelona – España.
- Galileo, Galilei. La Nueva Ciencia del Movimiento. 1.988. Traducción, notas y apéndices de Azcárate, C., García D, M. y Romo, J. Edita Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Gardner, W. D. y Osburn, W. A. Anatomía Humana. 2º edición. 1.975. Editorial Interamericana. México.
- Gorrotxategi, a. y Aranzabal, P. El Movimiento Humano. Bases Anatómo-fisiológicas. 1º edición. 1.996. Gymnos, Editorial Deportiva, S.L.. Madrid, España.
- Gowitzke, B. A. y Milner, M. El Cuerpo y sus Movimientos Bases Científicas. 1º edición. 2.000. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Groves, R. Y Camaione, D. Concepts in Kinesiology. 1.992. Filadelfia; Saunders College Publishing.
- Gutiérrez, M. M. Kinesiología. 1º edición. 1.997. Editorial LIBSA. Madrid. España.
- Hall, S. J. Basis Biomechanics. 2º edition, 1.995. Mosby-Year Book, Inc. St. Louis. USA.
- Hamill, J. and Knutzen, K. M. Biomechanical Basis of Human Movement. 1º edition. 1.995. William & Wilkins. Human Kinetics. USA.
- Hay, J. G. The biomechanics of sports techniques. 1.978. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, Inc.
- Hay, J. G. y Reid, J. G. Anatomy, Mechanics, and Human Motion. 2º edition. 1.988. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA.
- Hernández Corvo, R. Morfología Funcional Deportiva. 1990. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Kamina, P. Anatomía General. 1º edición. 1.997. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- Kapandji, A. I. Fisiología Articular. 1 Miembro Superior. 5º edición. 1.998. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.

- Kapandji, A. I. Fisiología Articular. 2 Miembro Inferior. 5° edición. 1.998. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- Kapandji, A. I. Fisiología Articular. 3 Tronco y Raquis 5° edición. 1.998. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- Kendall, H. O., Kendall, F. P. y Wadsworth, G. E. Músculos, Pruebas y Funciones. 2° edición. 1.974. Editorial Jims. Barcelona, España.
- Lacoste, C. y Richard, D. El Ejercicio Muscular. 1° edición. 1.995. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Lloret R, M. Anatomía Aplicada a la Actividad Física y Deportiva. 1° edición. 2.000. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- McGinnis, P. M. Biomechanics of Sport an Exercise. 1° edition. 1.999. Human Kinetics. USA.
- Melas, I. El Movimiento Natural. Bases, desarrollo y ejercicios. 1° edición. 1.995. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Palastanga, N; Field, D y Soames, R. Anatomía y Movimiento Humano. Estructura y funcionamiento. 1° edición. 2.000. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Raimondi, P. Cinesiología y Psicomotricidad. 1° edición. 1.999. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.
- Rasch, P. J. y Burke Roger K. Kinesiología y Anatomía Aplicada. 6° edición. 1.987. Editorial El Ateneo. Barcelona España.
- Sobota, J. Atlas de Anatomía Humana. 2° edición. 1.997. Editorial Panamericana. Barcelona, España.
- Sinelnikov, R. D. Anatomía Humana. I Tomo. 4° edición 1.984. Editorial Mir. Moscú URSS.
- Sinelnikov, R. D. Atlas de Anatomía Humana. I Tomo. 4° edición 1.984. Editorial Mir. Moscú URSS.
- Testut, L. y Jacob, O. Anatomía Topográfica - Tomo I. Edición Completa. Salvat Editores S.A. 1977. Barcelona – España.

Testut, L. y Jacob, O. Anatomía Topográfica - Tomo II. Edición Completa. Salvat Editores S.A. 1977. Barcelona – España.

Testut, L. y Latherjet, A. Compendio de Anatomía y Disección. 3º edición. 1975. Barcelona – España.

Testut, L. y Latherjet, A. Tratado de Anatomía Humana – Tomo II. 9º edición. Salvat Editores S.A. 1977. Barcelona – España.

Thompson, C. W. y Floyd, R. T. Manual de Kinesiología Estructural. 1º edición. 1.996. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Watkins, James. Structure and Function of the Musculoskeletal System. 1.999. Human Kinetics. USA.

Weinck, J. La Anatomía Deportiva. 3º edición. 1.999. Editorial Paidotribo. Barcelona, España.

Widule, C. J. Analysis of Human Motion. Laboratory, experiments and problems. s/edition. s/f. Batt Publishers. Indiana, USA.

Zatsiorsky, V. Kinematics of Human Motion. 1º edition. 1998. Human Kinetics. USA.

ANEXOS

Confección de los Esquemas de Postura (VIDEOCICLOGRAMA)

Introducción

Los esquemas de postura es una de las formas más utilizadas para describir las características del movimiento y de esta manera, realizar el análisis muscular del movimiento humano desde un punto de vista de la kinesiología.

Una destreza física se filma con una cámara, bien sea de tomas fotográficas continuas, de películas o de video, posteriormente se proyecta imagen por imagen (fotogramas), para elaborar los diferentes esquemas de postura, previamente seleccionadas, y de esta manera obtener la representación gráfica de las posiciones del cuerpo en el tiempo y en el espacio.

Objetivo

Elaborar el ciclograma o la secuencia gráfica de un movimiento humano proyectado desde un registro tomado de un vídeo.

La cinta de vídeo donde se ha registrado el movimiento se proyecta para elaborar el videograma (secuencia de varios esquemas de postura) sobre un sistema de coordenadas y de ahí se obtienen los valores coordenados "X" y "Y" correspondiente a las posiciones de cada uno de los puntos anatómico del cuerpo (Ver figura 1). Ellos se organizan en la Tabla de Coordenadas (Ver cuadro A.1) que servirán para realizar los cálculos.

Fundamentos Teóricos

La representación gráfica de un movimiento deportivo se puede realizar a partir de la demostración de los cambios de posición de uno o varios puntos del cuerpo en el espacio. Estas variaciones o cambios de posición se encuentran representadas por la secuencia de cada esquema de postura.

Esta representación de los esquemas de postura se puede realizar marcando las posiciones consecutivas que va adoptando el cuerpo cuando ejecuta un movimiento.

Como primer paso para analizar un movimiento, se debe situar al cuerpo en el espacio elaborando cada esquema de postura de tal manera que se pueda relacionar los puntos de referencia, especificando las distancias que existen desde el punto hasta los ejes coordenados.

Como la representación en el espacio se puede realizar en dos o tres dimensiones se localiza la posición del punto con relación a dos o tres ejes de coordenadas. Ahora bien, para representar la posición del cuerpo en un plano, basta con especificar las distancias vertical y horizontal a un par de ejes dispuestos en esta forma.

Cuando además de la posición de los diferentes puntos en el espacio de cada esquema de postura se conoce el tiempo que transcurre para cada cambio de posición, se posee información correcta del movimiento.

El videograma no es más que la representación de los esquemas de postura o de las posiciones que adopta el cuerpo durante la realización del movimiento con relación al espacio y el tiempo. La secuencia de los esquemas de postura muestra como se desplazan los puntos del cuerpo en el espacio y la posición que van adoptando con el transcurso del tiempo.

Mediante la reproducción de la cinta, imagen por imagen se marcan consecutivamente las posiciones de cada punto anatómico del cuerpo durante el movimiento. Hay que realizar el diagrama del videograma teniendo en cuenta una escala de conversión debido a que su elaboración se realizó a un tamaño reducido.

Conociendo la escala se puede determinar, partiendo del videograma, las distancias reales de los diferentes desplazamientos. Cuando se filma, se coloca una regla de 2 metros (Unidades reales) como referencia, luego al ser reproducir el vídeo, se observa una longitud (Unidades gráficas) pequeña de la regla. Esta longitud, al ser medida como unidad gráfica, permite determinar la escala de trabajo.

Ejemplo: La longitud en unidades gráficas de la regla es 16,5 centímetros, entonces, para calcular la escala de trabajo se aplica la siguiente relación:

$$\text{Escala} = \frac{\text{Medidas Reales}}{\text{Medidas Gráficas}} = \frac{200}{16,5} = 12,048$$

La escala de trabajo es 12,048, es decir, para conocer la medida real de cada medida gráfica, esta se multiplica por dicha escala.

El tiempo que transcurre entre cada esquema de postura se obtiene conociendo la velocidad de filmación de la cámara según la relación: $T = 1/f$ (seg.). Donde T es el período o tiempo para el cambio de imagen y f la frecuencia con que las imágenes pasan por delante del objetivo de la cámara. Por ejemplo, si la frecuencia de la cámara es de 60 imágenes por segundo, el tiempo para un cambio será $1/60 \text{ seg.} = 0,0166$ segundos. Las cámaras de video graban 60 imágenes por segundo, es decir, la velocidad de filmación es constante.

Otra forma de calcular el tiempo que transcurre entre los esquemas de postura, es mediante la utilización del método de la caída libre, el cuál consiste en filmar la caída vertical de una pelota de golf, posteriormente se reproduce el vídeo con la finalidad de medir la distancia vertical que recorre la pelota desde el momento en que se suelta, hasta que ésta cae, luego se estima el tiempo de caída. Con estas dos variables (distancia y tiempo) se calcula la velocidad de filmación.

Al medir la distancia que recorre la pelota, se obtiene la medida gráfica, y para realizar la conversión a medida real, se multiplica por la escala de trabajo. El tiempo de caída (tc) se determina por $tc = \sqrt{2d / g}$; luego, para calcular el tiempo entre cada imagen

(t/i), se cuenta el cantidad de imágenes que transcurren durante la caída de la pelota, conociendo este valor se calcula por: $t/i = t_c / n^\circ$ imágenes.

Ejemplo: En la caída libre de la pelota, ésta recorre una distancia de 16,2 centímetros. y al contar las imágenes, da 36; cual es el tiempo entre cada imagen.

$$\text{distancia} \times \text{escala}; \quad 16,2 \times 12,048 = 195.1776 \text{ cms}$$

$$\text{Tiempo de caída} = \sqrt{2 (1,95 \text{ m.}) / 9.81 \text{ m/seg}^2} = 0,63 \text{ seg.}$$

$$\text{Tiempo entre imagen} = 0,63 / 36 = 0,018 \text{ seg.}$$

Para la confección del videograma se toma usualmente una misma cantidad de imágenes del vídeo entre una y otra posición o esquema de postura, de tal forma que el tiempo entre los puntos anatómicos sea igual a una constante, cosa que facilita los cálculos posteriores de las velocidades y aceleraciones.

Procedimientos

Filmación con una cámara de Video

Para elaborar el videociclograma, se reproduce la cinta de vídeo en un VCR que pueda pasar imagen por imagen y esta se pueda congelar durante un determinado tiempo (puede ser 5 minutos) y de esta manera poder trazar los esquemas de postura de las imágenes seleccionadas para el análisis, las cuales se observan en un monitor al que se le ha colocado previamente una pantalla plana que servirá para fijar la hoja que se utiliza para marcar los diferentes puntos anatómicos del cuerpo, posteriormente se buscan las coordenadas "X" y "Y". de cada punto. Una vez medida cada coordenada, se anotan los valores en la Tabla de coordenadas (Cuadro A.1) hasta completarse con todos los puntos. Estos datos permitirán crear el archivo de datos que se introducirá a un programa computarizado para realizar los cálculo de las variables estáticas, cinemáticas y cinéticas.

Para tomar los valores de las coordenadas, se utiliza el modelo anatómico constituido por 21 puntos anatómicos (Cuadro A.1) y que se observan en el Gráfico A.1. Se deben realizar ensayos previos, para determinar con exactitud cada uno de los puntos anatómicos tomados como referencia.

A continuación los pasos a seguir :

1. Se reproduce la cinta de video en un VCR. y se seleccionan las imágenes que se van a analizar.
2. El video se observa en un monitor con una pantalla plana donde se coloca una hoja de papel transparente para marcar los diferentes puntos anatómicos del cuerpo.
3. Se determina la escala de trabajo y la velocidad de filmación.
4. Se localiza la primera posición del movimiento, se define y se traza los puntos de referencia sobre el papel. Así mismo, estos puntos de referencia siempre se trazan en el papel donde se gráfica cada una de las posiciones o imágenes seleccionadas.
5. De cada posición del movimiento se marca sobre el papel los puntos anatómicos siguiendo el orden presentado en el cuadro A.1.
6. Los puntos anatómicos deben aparecer nítidos en el video para poder marcarlos con precisión. Para este fin se pueden colocar cinta adhesivas de color en los puntos anatómicos que se van a analizar antes de realizar la filmación.
7. Se unen algunos puntos anatómicos para darle forma al esquema de postura. Ellos son: Punta dedos pie derecho (1) y Talón pie derecho (2); Tobillo derecho (3), Rodilla derecha (4) y Cadera derecha (5); Cadera izquierda (6), Rodilla izquierda (7) y Tobillo izquierdo (8); Punta dedos pie izquierdo (9) y Talón pie izquierdo (10); Punto medio entre el eje de las caderas (11), Vertex (12) y Séptima vértebra cervical (13); Punta dedos mano derecha (14), Muñeca derecha (15), codo derecho (16) y Hombro derecho (17); Hombro izquierdo (18), codo izquierdo (19), muñeca izquierda (20) y Punta dedos mano izquierda (21). Así se obtiene el primer esquema de postura.
8. Para iniciar el trazado del segundo esquema de postura se pasa la cantidad necesaria de imágenes, este número está en dependencia del espacio que se desea mantener entre posiciones del movimiento. La cantidad de imágenes que se deja entre posiciones siempre debe ser la misma de modo que se obtenga un Δt constante entre posiciones para facilitar los cálculos.
9. Se pasa a la segunda posición seleccionada y se procede de la misma forma mencionada anteriormente. de igual manera se procede con todas las imágenes seleccionadas. Es importante no olvidar marcar los puntos de referencia en cada esquema de postura trazado.
10. Una vez tomadas todas las posiciones se trazan los ejes coordenados y los puntos de referencia en un papel milimetrado.

11. Por debajo del papel milimetrado se va colocando cada esquema de postura, y utilizando como guía los puntos de referencia se hacen coincidir los marcados en el papel milimetrado con los trazados en el esquema de postura.
12. Se toman los valores "X" y "Y" de los puntos anatómicos de cada esquema de postura y se va llenando la Tabla de coordenadas. (La Tabla de coordenadas debe estar previamente preparada)
13. Cuando se han marcado todas las posiciones se comprueba si los puntos han sido ploteados (marcados) correctamente, observando si las dimensiones de las partes del cuerpo han cambiado de una forma brusca y no parecen las naturales vistas en el video.

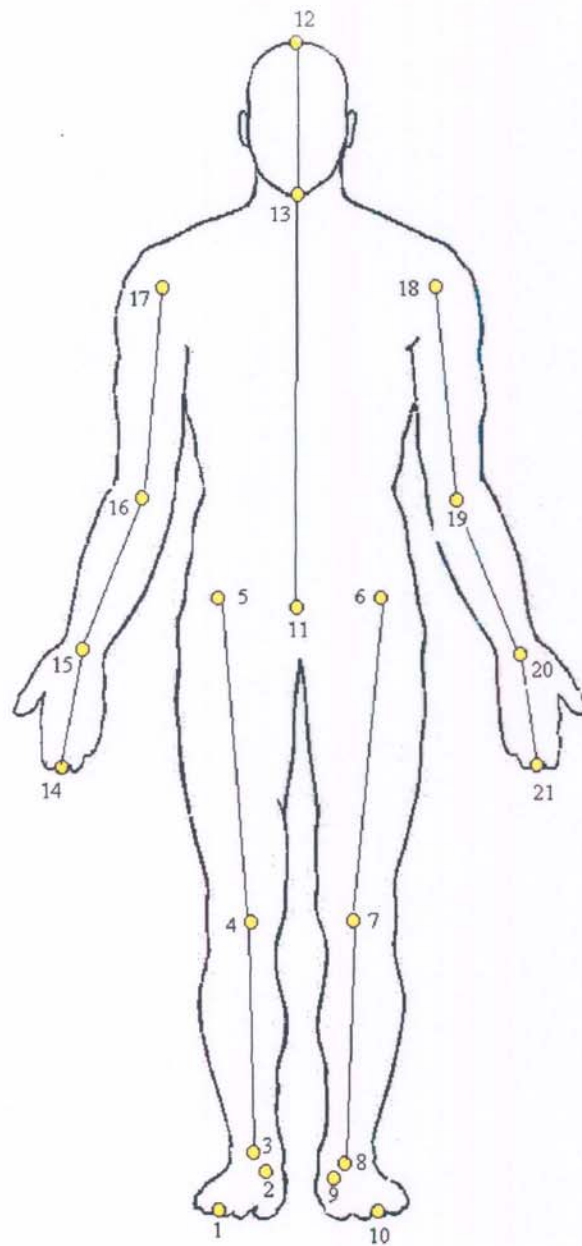


Figura A.1. Puntos Anatómicos.

Cuadro A.1.

Tabla de Coordenadas “X” y “Y” (Unidades gráficas y Reales)

Puntos Anatómicos para la estimación de las coordenadas

Sujeto N°		Esquema de Postura N°		Escala:		Tiempo: seg.	
N°	Punto Anatómico	X Gráfica	Y Gráfica	X Real	Y Real	Observación	
1	Punta dedos pie derecho						
2	Talón derecho						
3	Eje tobillo derecho						
4	Eje rodilla derecha						
5	Eje cadera derecha						
6	Eje cadera izquierda						
7	Eje rodilla izquierda						
8	Eje tobillo izquierdo						
9	Talón izquierdo						
10	Punta dedos pie izquierdo						
11	Punto medio / ejes de cadera der. e izq.						
12	Vertex						
13	Séptima vertebral cervical						
14	Extremo dedo medio mano derecha						
15	Eje muñeca derecha						
16	Eje codo derecho						
17	Eje Hombro derecho						
18	Eje hombro izquierdo						
19	Eje codo izquierdo						
20	Eje muñeca izquierda						
21	Extremo dedo medio mano izquierda						

Cuadro A.2.

Segmentos corporales seleccionados para la estimación del Centro de Gravedad y otras características biomecánicas.

Nº	Segmento Corporal	Punto Proximal	Punto Distal
1	Pie derecho	2	1
2	Pierna derecha	4	3
3	Muslo derecho	5	4
4	Muslo izquierdo	6	7
5	Pierna izquierda	7	8
6	Pie izquierdo	9	10
7	Cabeza y cuello	12	13
8	Tronco	13	11
9	Brazo derecho	17	16
10	Antebrazo derecho	16	15
11	Mano derecha	15	14
12	Brazo izquierdo	18	19
13	Antebrazo izquierdo	19	20
14	Mano izquierda	20	21