A. VILLARROYA APARICIO

Profesor titular de la Escuela
Universitaria de Ciencias de la Salud.
Zaragoza.

Metodología en el análisis del gesto deportivo

Method of analysis of athletic movements

Resumen

Se realiza una revisión del concepto de biomecánica deportiva, insistiendo en la importancia que, dentro de ella, tiene el análisis del movimiento. A continuación se indica la metodología y técnicas que se pueden utilizar para llevar a cabo dicho análisis.

Palabras clave: Biomecánica deportiva. Análisis del movimiento.

Summary

The concept of athletic biomechanics was reviewed, highlighting the importance of analyzing movement. Methods and techniques used in the analysis of movement are described.

Key words: Athletic biomechanics. Movement analysis.

La biomecánica encuentra sus principales aplicaciones prácticas en el campo médico, en el del trabajo y en el deportivo. Debemos tener en cuenta que los problemas que se plantean en los diferentes campos son básicamente los mismos, ya que se pretende enseñar al individuo a utilizar con la mayor eficacia sus mecanismos corporales, aunque los métodos para resolverlos pueden ser, como dicen RASH y BURKE¹, muy diferentes.

La biomecánica² no sólo sirve para el análisis y la comprensión de los movimientos deportivos, sino también para mejorar determinadas técnicas motrices, es decir, el análisis del movimiento, en cualquier área, no es un fin en sí mismo, sino más bien un medio de aprendizaje de nuevos movimientos y el perfeccionamiento de los ya adquiridos. En el deporte concretamente es necesario perfeccionar la técnica deportiva y para ello hay que conocer el ciclo de movimientos más eficaz; además, el análisis del movimiento realizado ha de poder compararse no sólo de forma visual, sino también objetivamente con el movimiento teórico.

Pero la biomecánica deportiva no sólo se ocupa del cuerpo del deportista, sino también del entorno físico y de los utensilios que intervienen en el deporte. Por tanto, el objetivo de la biomecánica deportiva consiste en *encontrar la solución más apropiada, la técnica más justa a un movimiento propuesto, teniendo en cuenta las propiedades biomecánicas del aparato locomotor humano, las condiciones*

*mecánicas del exterior y las reglas de competición de la rama deportiva en cuestión*³.

De todas formas la práctica deportiva señala algunos casos de deportistas que alcanzan los mejores resultados empleando una técnica particular distinta de la teóricamente más eficaz. Si nadie se preocupa de indicarles sus errores y siguen obteniendo buenos resultados, pasado el tiempo puede no resultar aconsejable un cambio de técnica individual³; esta técnica diferente puede deberse a un mal acostumbamiento o a que, por sus características biomecánicas individuales, existe una determinada táctica particular, eficaz sólo para ellos. Se habla entonces de la técnica «individualmente más apropiada», con lo que se indica que para algunos atletas, gracias a sus propiedades biomecánicas individuales, existe una determinada táctica particular, eficaz sólo para ellos.

Para realizar un análisis de una actividad motora se necesita:

- Exponer un método.
- Conocer las técnicas de medida.

Método

Se deben seguir una serie de pasos:

1. *Descripción de la actividad.* En esta etapa se debe hacer una descripción lo más detallada posible de la actividad a analizar y se debe dividir en fases que se puedan

Correspondencia:

A. VILLARROYA APARICIO. La Milagrosa, 5. 50009 Zaragoza.

analizar de forma individual. Así, por ejemplo, en el salto de altura estilo Fosbury se pueden diferenciar 3 fases: la carrera, la batida y el vuelo.

Para realizar esta descripción nos basaremos en un examen visual para comprender globalmente el conjunto de movimientos que se suceden y nos podemos ayudar con algunas técnicas fotográficas o cinematográficas.

Con la descripción⁴ identificaremos el propósito principal de la actividad a analizar, ya que sin una comprensión clara de por qué se realiza el movimiento es prácticamente imposible evaluar su efectividad. Por ejemplo, en 500 m estilo braza el propósito es cubrir la distancia en el menor tiempo posible.

2. *Captación del movimiento.* Tras la descripción y mediante las técnicas que se hayan considerado apropiadas para analizar los movimientos a estudiar, se realiza la captación de los mismos y todas las determinaciones necesarias (medidas antropométricas).

3. *Con la descripción del movimiento y con todos los datos obtenidos se debe hacer:*

— *Un análisis anatómico*, en el que se valora:

- La actuación de las cadenas óseas implicadas en el movimiento.
- Las articulaciones involucradas en dicho movimiento, sus ejes de rotación, qué rango de movimiento presentan durante la actividad realizada, si llegan en algún caso hasta su límite de capacidad de movimiento...
- Los músculos responsables de los movimientos articulares en cada una de las fases de la actividad estudiada, así como el tipo de contracción que realizan, su intensidad y qué función tienen durante la misma, ya que, como sabemos, pueden tener diferentes fines (agonista, antagonista, fijador) que contribuyen en conjunto a la eficiencia de la habilidad motriz.
- Los mecanismos neuromusculares, que ayudan o dificultan la acción. Es importante el conocimiento de los reflejos (miotático, tendinoso de Golgi, inverso de Lloid, articulares, laberínticos, del cuello...), ya que, por ejemplo, existen reflejos propios del recién nacido que con el desarrollo motor son eliminados o modificados, pero que permanecen solapadamente y en ocasiones podemos aprovecharnos de ellos. Así, el reflejo tónico asimétrico del cuello por el que una rotación de la cabeza hacia un lado ayuda a producir una extensión y abducción de la extremidad superior de ese lado y una flexión y adducción del lado contrario; esto se aprovecha en algunos movimientos, como puede ser un saque de tenis o la típica posición de esgrima. Otras veces es a la inversa y debemos conocerlos para luchar contra ellos; así en una zambullida de cabeza hacia atrás, por el reflejo de defensa se tiende a flexionar la cabeza, si esto no se evita voluntariamente la entrada en el agua es muy dura.

— *Un análisis mecánico.* Será necesario conocer las leyes y principios mecánicos que ayudan a conocer la mejor forma de ejecutar la actividad y a conocer las razones mecánicas para su éxito o su fracaso⁴. Por tanto, habrá que:

- Subrayar los objetivos mecánicos, es decir, qué tiene que hacer en términos mecánicos para realizar el movimiento. Así, en el salto de longitud, estático el propósito es saltar lo más lejos posible, en el salto de altura franquear un listón colocado a una altura determinada.
- Identificar los tipos de movimiento y las fuerzas que los originan o modifican en cada fase. Por ejemplo, siguiendo con el salto de longitud, las fuerzas que causan o modifican los movimientos que llevan al despegue son el peso, la reacción normal como consecuencia del contacto de los pies con el suelo, el rozamiento, la resistencia del aire y la fuerza de propulsión producida por los músculos.
- Conocer los principios y leyes mecánicas relacionadas con el movimiento a analizar, ya que esto es el primer paso para establecer las causas de error en la actuación.

Así, en el salto de longitud, en la fase de despegue, se debe tener en cuenta que la amplitud o alcance de un lanzamiento está controlada por 3 factores, la altura en el momento de proyectarse, el ángulo y la velocidad inicial. Esta velocidad inicial depende del impulso o reacción del suelo sobre los pies que es igual al impulso de los pies sobre el terreno, es decir, del impulso que puedan generar los músculos de la extremidad inferior en el momento de dicho despegue; este impulso no dependerá sólo de la fuerza muscular, sino también de la distancia de las inserciones musculares al centro de rotación, es decir, del momento de rotación de los músculos implicados. Pero el máximo impulso del cuerpo en el salto depende de los máximos impulsos generados en cada articulación por lo que es importante la sincronización de la acción individual de cada una de ellas, ya que los segmentos más pesados del cuerpo necesitan más tiempo para generar la máxima velocidad, así que necesitan comenzar a moverse antes que los segmentos más pequeños, de forma que las velocidades angulares de cada segmento integre estén a la máxima velocidad en el instante del despegue.

Tras realizar este análisis, lo más importante es intentar saber en qué se ha fallado, lo cual muchas veces es muy difícil, y a continuación pensar en los cambios necesarios de forma que el movimiento se adapte al ideal anatómico y mecánico. Con esto podemos conseguir que el movimiento sea lo más efectivo posible, aunque se debe tener en cuenta que, sobre todo si hablamos del atleta en competición, existen un gran número de factores que van a influir en el rendimiento, además de los condicionamientos biomecánicos, como son, entre otros, las exigencias psicológicas.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que el atleta emprende un programa de entrenamiento que implica una sobrecarga estructural importante al sistema musculoesquelético, que puede traducirse en sobrecargas agudas o cróni-

cas de ciertos tejidos del organismo, lo que puede provocar fracturas o rupturas de elementos tisulares, causar dolor o tener efectos estructurales negativos que se manifestarán más tarde en la vida del sujeto. Con la información biomecánica se dispone de datos que permiten regular el entrenamiento e intentar evitar lesiones.

Por tanto, se puede recurrir a todos los métodos biomecánicos para *aumentar el rendimiento y que el acto motor sea más efectivo, pero además protegiendo al organismo frente a sobrecargas y lesiones.*

Técnicas de medición cinemáticas

El estudio cinemático consiste en la descripción del movimiento sin tener en cuenta las fuerzas que lo causan, es decir, la descripción de los desplazamientos, ángulos y velocidades y aceleraciones lineales y angulares.

En algunas de estas técnicas hay que colocar captadores directamente en la persona que realiza el movimiento, son las *técnicas directas*. Esta colocación directa de los captadores puede alterar el desarrollo normal del movimiento. Se utilizan 2 tipos de captadores: electrogoniómetros y acelerómetros.

Los *electrogoniómetros* son goniómetros capaces de traducir el ángulo medido en una señal eléctrica. Se utilizan principalmente en articulaciones de rodilla y codo, pero se usan poco porque el dispositivo dificulta la ejecución del gesto motor. Se utilizan mucho más en los implementos que se usan en el deporte; por ejemplo, en el remo para medir el movimiento angular del remo, o también, entre las botas de esquí y los esquíes, para medir el movimiento de la caña de la bota con respecto al esquí.

Los *acelerómetros* son aparatos capaces de traducir una aceleración en una señal eléctrica. Se pueden fijar al organismo (por ejemplo, en la tibia), para medir la aceleración de esos segmentos en determinados gestos motores (en saltos) o al equipo que se utiliza.

Las *técnicas indirectas*, basadas en sistemas de obtención y de medición de imágenes, son mucho más utilizadas. En ellas no hay que ajustar captadores y se tiene libertad para moverse, pero también presenta inconvenientes como el hecho de que la obtención de datos no es inmediata.

Existen diferentes técnicas de este tipo, aunque algunas de ellas no se suelen usar ya o se usan muy poco.

— *Exposición fotográfica*. Es el sistema más simple y económico para la captación del movimiento, existiendo distintas variantes que se basan en el mismo principio, es decir, la toma en la misma placa fotográfica de distintas imágenes del movimiento, de forma que se puede disponer de imágenes superpuestas tomadas en instantes de tiempos separados.

Según el mecanismo a través del cual se toman las imágenes fotografiadas existen diferentes modalidades:

- Apertura y cierre alternativo del objetivo de la cámara fotográfica a una frecuencia conocida.

- Iluminación instantánea y repetida mediante métodos estroboscópicos del individuo en movimiento; el principal problema es tener que realizar el estudio en un lugar cerrado y a oscuras. En ocasiones para distinguir con más claridad las sucesivas imágenes se colocan al sujeto en movimiento tiras refractantes.
- Dejar el objetivo de la cámara fotográfica abierto y colocar al sujeto, en puntos de interés (generalmente en las articulaciones), un conjunto de pequeñas bombillas que se encienden y se apagan con una frecuencia fijada y constante, con lo que se obtienen imágenes con trazados discontinuos, siendo la separación entre trazos proporcional a la velocidad del punto en el que se ha ubicado la fuente luminosa.

— *Cinematografía y vídeo*. Los sistemas cinematográficos consisten en la toma sucesiva de imágenes del movimiento o movimientos en instantes separados por un intervalo de tiempo constante y determinado. La película permite visualizar constantemente el gesto motor y, por tanto, comprenderlo. Existen cámaras de cine con frecuencias de filmación muy altas.

Con las cámaras de vídeo habituales la frecuencia de la toma de imágenes es menor que con métodos cinematográficos por lo que la información que se obtiene es menor, pero, sin embargo, tiene ventajas importantes, ya que se puede registrar el movimiento en una cinta magnética y reproducirlo inmediatamente. Hoy día existen cámaras especiales que también recogen imágenes con frecuencia de filmación muy elevadas.

En casi todas las actividades se pueden utilizar estos métodos. Así, se utiliza en competiciones de atletismo, gimnasia, saltos de trampolín, patinaje artístico, etc., pero según el gesto que se vaya a analizar³ será importante tener en cuenta la frecuencia de las cámaras. En movimientos lentos será suficiente con 50 imágenes por segundo, por lo que las cámaras de vídeo habituales serán un método adecuado, pero en movimientos rápidos como un saque de tenis, que es uno de los movimientos más rápidos en el deporte, serán necesarias frecuencias mucho mayores (100, 200 o incluso más Hz), por lo que se necesitarán cámaras con frecuencias muy elevadas que recojan un gran número de imágenes por segundo para que no se pierda información.

Con todas estas técnicas podremos conocer los valores angulares de las articulaciones implicadas en el movimiento y los valores de las velocidades y aceleraciones, tanto lineales como angulares. Los cálculos se pueden hacer manualmente, lo cual es muy laborioso, o mediante sistemas informatizados que dan todos los datos de forma casi inmediata.

Así, empleando un mínimo de 2 cámaras de cine o vídeo conectadas a un ordenador, mediante programas especiales, se puede realizar el análisis tridimensional del movimiento, obteniendo los datos y gráficas correspondientes de las variables cinemáticas en función del tiempo en 3 planos, permitiendo observar la evolución de dichas variables a lo largo del gesto analizado.

Existen diferentes modelos de aparatos de análisis tridimensional; cada sistema utiliza diferentes tipos de marcadores. En algunos casos, el aparato reconoce estos marcadores y la digitalización es automática de forma que el aparato los aísla e identifica, sigue su trayectoria a lo largo del movimiento, resuelve cruces de trayectorias y ocultamientos y calcula y almacena sus coordenadas en tiempo real. En otros hay que digitalizar manualmente, punto por punto; en este caso la digitalización puede ser de puntos anatómicos de la persona, con lo que se evita colocar marcadores, pero es mucho más trabajoso y lento el proceso⁵.

Técnicas antropométricas

Hay que conocer las técnicas antropométricas ya que determinadas características antropométricas, unidas al conocimiento de las fuerzas externas y el análisis cinemático, son necesarias para poder realizar un análisis cinético completo del movimiento.

Se necesitará el cálculo de las masas de cada segmento corporal, su centro de gravedad los momentos de inercia de dichos segmentos. Pero, además, para calcular las fuerzas que generan los músculos se necesita conocer la sección y la longitud de los mismos, el lugar en que se insertan, la variación de su longitud en el transcurso de los movimientos, los ángulos bajos, los que actúan los tendones, los centros articulares de rotación en cada posición del rango de movimiento, etc.

Estos datos se pueden hallar directamente mediante técnicas de medida antropométrica tradicionales o con antropómetros electrónicos que con sólo señalar los puntos anatómicos permiten la medición conjunta de distancias, ángulos... También existen tablas que, en general, difieren muy poco de los valores calculados directamente⁵.

Técnicas de medición cinéticas

El estudio cinético de una actividad física humana consiste en el análisis de las fuerzas que intervienen en dicha actividad. El movimiento del sistema musculoesquelético resulta de un balance entre las fuerzas internas y las fuerzas externas que actúan sobre él⁶.

Para conocer estas fuerzas se dispone de técnicas cinéticas como son las plataformas de fuerzas o dinamométricas, las plantillas instrumentadas y las plataformas de presiones o captadores de presión. Algunas de estas técnicas determinan las fuerzas de reacción del suelo que son iguales (principio de la acción y reacción) a las ejercidas sobre el suelo por el sujeto en movimiento.

Plantillas instrumentadas. Permiten visualizar en 2-3 direcciones la distribución de presiones en el pie, mientras el individuo realiza su actividad; son muy importantes en el deporte, principalmente en el estudio y diseño del calzado deportivo.

Captadores de presión. Además de las plantillas instrumentadas, que son unos captadores de presión adaptados al pie, existen plataformas de presiones que recogen dichas presiones cuando se evoluciona sobre ellas, pero también

existen diferentes tipos de captadores de presión que se pueden colocar en diferentes utensilios de los empleados en el deporte, midiendo la presión a la que son sometidos; por ejemplo, se pueden fijar en los remos para medir las fuerzas de resistencia opuestas al agua y calcular la potencia de propulsión, también en los bastones, en esquí de fondo, para medir las fuerzas durante el impulso, bajo las fijaciones del esquí, para medir las fuerzas entre éste y la bota...

Plataformas de fuerza o dinamométricas. Miden las fuerzas de reacción del suelo sobre los pies cuando éstos toman contacto con el suelo en las distintas posiciones de reposo, marcha, carrera, saltos, etc. Estas fuerzas son las fuerzas externas que actúan con mayor frecuencia sobre el cuerpo humano; pueden descomponerse en una fuerza perpendicular al plano del suelo y 2 fuerzas paralelas al mismo y perpendiculares entre sí (anteroposterior y laterolateral). Con estas plataformas se pueden medir estas fuerzas y representar gráficamente.

Tiene interés conocer estas fuerzas en muchas actividades deportivas, entre ellas, en atletismo (saltos de altura, lanzamientos de peso, de disco, de jabalina), en gimnasia (todos los saltos), saltos de esquí (despegue), natación (salida)...

Análisis cinético indirecto

Como indican VERA, HOYOS y NIETO⁶, estas técnicas de captación directa de las fuerzas son insuficientes para la determinación de las solicitudes actuantes sobre los distintos elementos del cuerpo humano. De una forma indirecta, conociendo los datos de las fuerzas externas y los datos hallados mediante las técnicas cinemáticas y antropométricas, se pueden determinar las solicitudes actuantes sobre la totalidad de los distintos elementos del cuerpo en movimiento basándonos en las leyes de Newton y aplicando ecuaciones de equilibrio, es decir, podemos conocer las fuerzas y los momentos de reacción que actúan sobre cada articulación.

En el cuerpo humano se puede utilizar un modelo de segmentos articulados que representan los diferentes segmentos del mismo^{5,7}. Se parte de datos conocidos: la fuerza de reacción del suelo (obtenida mediante plataformas de fuerzas) y la masa e inercia de cada segmento (medidas antropométricas). Como se sabe, la fuerza de reacción, según la ley de la acción y reacción, tiene que ser igual que la fuerza que ejerce el pie sobre el suelo. A partir de este dato y mediante ecuaciones de equilibrio se pueden calcular las solicitudes que actuarán en el tobillo, conocidas éstas, mediante nuevas ecuaciones de equilibrio, las de la rodilla y así sucesivamente continuando todo el tiempo con el segmento inmediatamente superior. En el caso de que durante toda o alguna fase del movimiento no exista contacto con el suelo y, por tanto, no haya fuerza de reacción de éste, se puede realizar un *análisis cinético inverso*, de forma que conociendo la masa y la aceleración de los segmentos que se mueven (mediante técnicas antropométricas y cinemáticas) se pueden conocer las fuerzas y momentos que actúan sobre las diferentes articulaciones.

Electromiografía. Entre las técnicas cinéticas se encuentran las técnicas electromiográficas, ya que estudian las

fuerzas internas que van a producir el movimiento, es decir, las *fuerzas musculares*.

La electromiografía se utiliza como un indicador indirecto de la actividad muscular. Se basa en la captación de la señal eléctrica originada en la despolarización de la membrana de las fibras musculares durante la contracción muscular. Para realizar esta captación, en el análisis del movimiento se emplean electrodos de superficie puesto que recogen la actividad eléctrica global del músculo y porque, al no pinchar la piel, no se dificulta la libre ejecución del movimiento, pero tienen el problema de poder estudiar sólo músculos superficiales y de realizar estudios globales de los músculos.

Con la electromiografía podemos conocer qué músculos participan en el gesto motor y en qué fase del mismo lo hacen.

La amplitud de la señal electromiográfica representa el esfuerzo muscular, pero para cuantificar la electromiografía y poder determinar este esfuerzo muscular se tiene que tratar la señal electromiográfica. En primer lugar se integran las señales, es decir, se realiza una electromiografía integrada⁸; en ésta lo que se mide es, una vez rectificada la señal, el área que hay por debajo de los picos. Esta integración se puede realizar en intervalos determinados de tiempo, con lo que se valora la actividad muscular en esos intervalos de tiempo. Dependiendo de la actividad a analizar, los intervalos deberán ser mayores o menores. Por ejemplo, en una situación estática se pueden emplear intervalos grandes (0,25 segundos o más) ya que no variará mucho la actividad muscular; sin embargo, en situaciones determinadas, como en el caso de los movimientos deportivos, la actividad muscular puede variar mucho a lo largo de dicho movimiento, con lo que se deben usar intervalos de tiempo mucho más cortos, que pueden variar dependiendo del movimiento (incluso 0,10 ms).

En ocasiones se hace una falsamente llamada electromiografía integrada⁹ que mide el área de una curva posada sobre los picos sucesivos.

Pero en esta cuantificación tenemos que tener en cuenta que la señal electromiográfica integrada no puede ser comparada entre diferentes personas, ni entre diferentes grupos musculares, ni siquiera entre diferentes registros del mismo músculo en momentos diferentes, ya que influyen muchos factores, entre ellos la colocación de electrodos.

Para poder realizar comparaciones hay que normalizar los datos, es decir, hay que tomar un valor de referencia y todos los datos de esa misma sesión tratarlos como porcentajes respecto a dicho valor. Por ejemplo, registrar la actividad en un esfuerzo máximo de un músculo y luego relacionar los valores de actividad de ese músculo en un determinado gesto como porcentaje de la actividad máxima. Estos valores porcentuales sí que podemos compararlos entre unos músculos y otros o entre diferentes grupos de personas.

Pero tenemos que tener en cuenta que este esfuerzo muscular no es una medida directa de la fuerza muscular ya que hay factores que modifican los valores de dicha fuerza, como puede ser el tipo de contracción (excéntrica o

concéntrica), la posición articular (influye por el estiramiento muscular y por el balance del músculo en relación al eje articular). En el caso de movimientos isométricos o isocinéticos sí que es proporcional¹⁰, pero no en el caso de actividades isotónicas^{11, 12}.

Dinamometría muscular. Continuando con la acción muscular, la dinamometría muscular permite hallar la fuerza muscular. Existen diferentes tipos de dinamómetros y se pueden realizar determinaciones de la máxima fuerza isométrica, isotónica (concéntrica y excéntrica) y también de la fuerza isocinética, es decir, la fuerza generada por un músculo cuando el movimiento se realiza a una velocidad constante; en este caso se emplean aparatos en los que la velocidad es constante y predeterminada y la fuerza que oponen va variando con la posición, siendo igual a la máxima fuerza que puede realizar el músculo o grupo muscular a esa velocidad y en cada posición.

Lo usual, si se dispone de medios, es combinar la utilización de técnicas cinemáticas, con plataformas de fuerzas y equipos de EMG, pudiendo estar sincronizadas todas las señales para tratarlas conjuntamente. De forma que de todo ello obtengamos una visión total del movimiento y lo comprendamos, para a partir de ahí intentar hacer las correcciones necesarias que hagan dicho movimiento más efectivo y con menor riesgo de lesiones para la persona.

Bibliografía

1. Rash P, Burke R. *Kinesiología y anatomía aplicada*. Ed. Ateneo. Buenos Aires, 237, 1980.
2. Baumler G, Schneider K. *Biomecánica deportiva*. Ediciones Martínez Roca, S. A., 10, 1989.
3. Hochmuth G. *Biomecánica de los movimientos deportivos*. Ed. Doncel. Madrid, 192, 1973.
4. Luttgens K, Wells K. *Kinesiología. Bases científicas del movimiento humano*. Ed. Pila Teleña. Madrid, 441-459, 1982.
5. Hoyos JV, Lafuente R, Sánchez Lacuesta J, Prat J, Soler C. El laboratorio de análisis de la marcha. En: Sánchez Lacuesta J y col., eds. *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Instituto de Biomecánica de Valencia. Valencia, 1993:321-368.
6. Vera P, Hoyos J, Nieto J. *Biomecánica del aparato locomotor. I. Fundamentos*. Instituto de Biomecánica de Valencia. Valencia, 1985:6:5-40.
7. Vera P, Hoyos J. Bases elementales de biomecánica aplicables al estudio de los movimientos humanos. En: Llanos L F, ed. *Introducción a la biomecánica del aparato locomotor*. Editorial de la Universidad Complutense. Madrid, 1988:197-257.
8. Bouisset S, Gouber F. Interdependence of relations between integrated EMG and diverse biochemical quantifies in normal voluntary movements. *Electromyography*, 1968;57:913-916.
9. Guiheneuc P. Méthodes d'analyse automatique des traces interférentiels. En: Pouget J, ed. *EMG 92. Acquisitions récentes en électromyographie*. Ed. Solal. Marsella, 1992:76-89.
10. Vitasalo JH, Komi P. Signal characteristics of EMG during fatigue. *Eur J Appl Physiol*. 1997;58:111-121.
11. Kim y col. Effect of muscle length on electromyogram in canine diaphragm strip preparations. *J Appl Physiol*. 1985;58:1602-1607.
12. Jammes Y. Méthodes de quantification de l'activité myoelectrique: Application à l'étude de la fatigue musculaire. En: Pouget J, ed. *EMG 92. Acquisitions récentes en électromyographie*. Ed. Solal. Marsella, 1992:86-89.