PubliCE, (PubliCE) 1997

Monograph

Variables Biomecánicas

Luis D Antoniazzi[1]

[1]*C.I.A.F. Centro Integral de Aptitud Física, Córdoba. Argentina.*

Palabras Clave: palancas óseas, articulación, articulaciones, momento de fuerza, física biomédica

A la hora de aumentar la dificultad de un ejercicio, normalmente los entrenadores utilizan el recurso de la carga (sobrecarga) o la velocidad de ejecución. Ambos estímulos en relación inversamente proporcional; es decir, a mayor carga menor velocidad y viceversa.

Si bien esto es acertado desde un punto de vista neurofisiológico, si se cuenta solamente con estas variables, no se tardará en llegar a un límite en la posibilidad de incrementar la intensidad de un ejercicio.

Para no llegar a esta última instancia, es importante conocer que existen otras alternativas que también posibilitan aumentar o disminuir la intensidad de un estímulo, sin la necesidad de recurrir a la sobrecarga o a la velocidad. Me refiero a una serie de variables enfocadas desde una perspectiva eminentemente biomecánica.

Al hablar de perspectiva biomecánica, es necesario recordar algunos conceptos pertinentes como palancas del cuerpo humano, momentos de fuerza, punto crítico y ventaja mecánica, entre otros.

PALANCAS DEL CUERPO HUMANO

En el cuerpo humano la Biomecánica está representada por un "sistema de palancas", que consta de los segmentos óseos (como palancas), las articulaciones (como apoyos), los músculos agonistas (como las fuerzas de potencia), y la sobrecarga (como las fuerzas de resistencias). Según la ubicación de estos elementos, se pueden distinguir tres tipos de géneros de palancas:

- Primer Género o Interapoyo, considerada palanca de equilibrio, donde el apoyo se encuentra entre las fuerzas potencia y resistencia.
- Segundo Género o Interresistencia, como palanca de fuerza, donde la fuerza resistencia se sitúa entre la fuerza potencia y el apoyo.
- Tercer Género o Interpotencia, considerada palanca de velocidad, donde la fuerza potencia se encuentra entre la fuerza resistencia y el apoyo.

En el cuerpo humano abundan las palancas de tercer género pues favorecen la resistencia y por consiguiente la velocidad de los movimientos. Como ejemplos de los tres géneros de palancas en el cuerpo humano encontramos:

- **1º Género:** articulación occipitoatloidea (apoyo); músculos extensores del cuello (potencia); y peso de la cabeza (resistencia).
- **2º Género:** articulación tibiotarsiana (apoyo); músculos extensores del tobillo (potencia); y peso del cuerpo (resistencia).
- **3º Género:** articulación del codo (apoyo); músculos flexores del codo (potencia); y peso del antebrazo y la mano (resistencia)

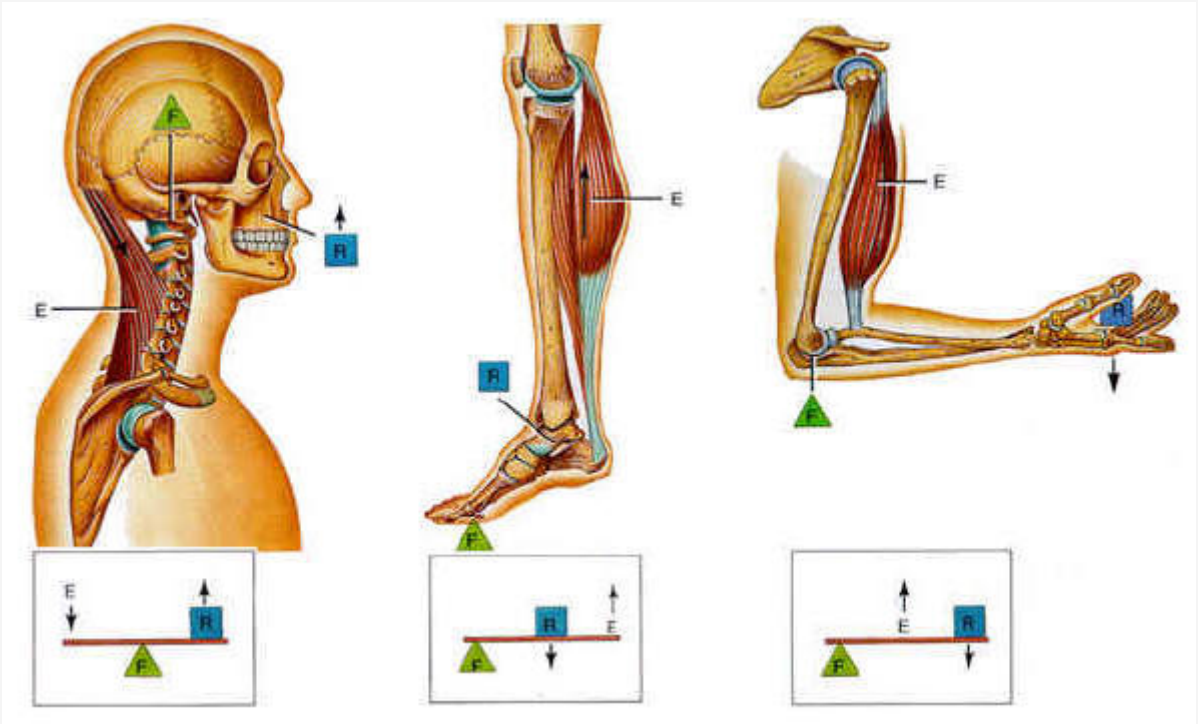


Gráfico 1. *Palanca de 1º género: Articulación occipitoatloidea en donde F: Apoyo, E: Potencia, y R: Resistencia. Palanca de 2º Género: Articulación tibiotarsiana en donde F: Apoyo, E: Potencia, y R: Resistencia. Palanca de 3º Género: Articulación del Codo en donde F: Apoyo, E: Potencia, y R: Resistencia.*

Cabe aclarar que según la posición en el espacio del sistema involucrado en el movimiento, una misma articulación puede presentar más de un género. Por ej. el codo: flexión (2°gen.) y extensión (1°gen.)

Sobre la palanca del sistema conviene destacar dos elementos muy importantes para el análisis biomecánico. Encontramos el BRAZO DE POTENCIA como la distancia perpendicular entre el apoyo y la línea de acción muscular, determinada entre sus tendones. Y por otro lado el BRAZO DE RESISTENCIA como la distancia horizontal entre el apoyo y el punto de aplicación de la resistencia.

MOMENTOS DE FUERZA

Para provocar el movimiento de algún segmento corporal el músculo agonista debe realizar una tracción ósea a partir de su inserción móvil. Esta inserción se encuentra a una determinada distancia de la articulación eje del movimiento. La línea de acción de un músculo, presenta con el eje mecánico del hueso movilizado un ángulo denominado alfa.

Para determinar el valor de la fuerza que realiza el músculo, en los distintos ángulos de excursión articular, es necesario calcularlo a través del "Momento de Fuerza", que equivale al producto de la Fuerza por el Brazo de Palanca por el seno de alfa:

MOMENTO DE FUERZA = fuerza x brazo de palanca x seno de alfa

Cuando la posición articular se corresponde a la longitud media del músculo, donde el seno de alfa es igual a 1, el momento de fuerza muscular es máximo. Antes y después de esa posición, los valores de alfa son menores y la eficacia del momento de fuerza se reduce.

PUNTO CRÍTICO

Los brazos de potencia pueden modificarse en situaciones especiales en donde algunos tendones se curvan sobre superficies de deslizamiento que se comportan como poleas de reflexión. Existen dos tipos de poleas de reflexión. Una sobre la concavidad de la articulación. Ej. Ligamento frondiforme para los flexores dorsales del tobillo. La otra polea, sobre la convexidad de la articulación. Ej. Corredera ósea para el peroneo lateral largo. Estos sistemas de poleas, muy escasos en el cuerpo, tienen por consecuencia la reducción de las variaciones de los brazos de palanca musculares durante el movimiento.

Con respecto a las articulaciones sin poleas de reflexión el mayor momento de fuerza muscular se conoce como PUNTO CRITICO. El punto crítico se define como el momento del recorrido articular donde el músculo agonista encuentra su máxima resistencia a vencer. En el caso del trabajo con pesos libres corresponderá siempre a la posición en la cual el segmento óseo movilizado se encuentre paralelo al suelo.

VENTAJA MECÁNICA

Durante un movimiento, la tensión generada por las fibras musculares agonistas varía, dependiendo de la variaciones que sufre la longitud de ambos brazos de palanca (potencia y resistencia).

Con una misma resistencia pueden presentarse dos situaciones mecánicas diferentes de acuerdo a la situación en que se encuentren los brazos de palanca:

a) Cuando el brazo de potencia aumenta y el brazo de resistencia disminuye, es una situación de VENTAJA MECANICA.
b) Cuando el brazo de potencia disminuye y el brazo de resistencia aumenta, es una situación de DESVENTAJA MECANICA.

De esto puede deducirse una relación inversamente proporcional entre el brazo de potencia y el brazo de resistencia.

$$\text{VENTAJA MECÁNICA} = \frac{\text{BRAZO DE POTENCIA}}{\text{BRAZO DE RESISTENCIA}}$$

Cuando ambos brazos de palanca llegan a su máxima expresión (punto crítico) se produce una situación de EQUILIBRIO MECÁNICO.

Habiendo recordado todos estos conceptos, ahora es más fácil poder interpretar las variables biomecánicas tendientes a modificar la intensidad del estímulo aplicado:

VARIABLES BIOMECÁNICAS

Modificar los planos de ejecución

Esto puede provocar dos situaciones. Una es la variación del punto crítico. La otra, es la desaparición de dicho punto crítico. Un ejemplo claro se da con el ejercicio de abdominales sobre un plano invertido, para la primera situación, y un plano inclinado para la segunda.

Invertir punto fijo y punto móvil

Al hacer esto sucede que aquellos músculos que tenían inserciones cercanas a la articulación agonista, pasan a tenerlas alejadas y entonces su accionar muscular se modifica según sea el caso. Un ejemplo con los flexores del codo se presenta con los ejercicios "flexión de codos con pesos libres" y "flexiones de brazos suspendido en una barra, con toma supina"

Modificar los brazos de resistencia

Con esta variable se logra, por un lado, una aplicación de fuerza energéticamente más económica; es decir, reclutar menor cantidad de fibras musculares, reduciendo el brazo de resistencia para la ejecución de un determinado ejercicio o al menos de un segmento parcial del recorrido articular total de dicho movimiento. A la inversa, si se aumenta el brazo de resistencia se puede aumentar la cantidad de fibras musculares agonistas y hacer un trabajo que genere un mayor catabolismo energético. Son ejemplos claros las diferentes posiciones de los miembros superiores para el ejercicio de abdominales.

Resulta claro que con estas variables biomecánicas se amplia mucho más el abanico de posibilidades de variación a la hora de modificar la resistencia a vencer en cualquier ejercicio con el peso del propio cuerpo o con la utilización de pesos libres.

Seguramente existen otras posibilidades más con las cuales lograr estas variaciones; no obstante, en las citadas se resumen las más prácticas y operativas para utilizar en el ámbito de la gimnasia y en entrenamiento.