



Fundamentos de biomecánica

Artículo pedagógico - Edición en español

[Consultar el artículo y sus recursos en el sitio web del IFTM](#)

Artículo fuente: Basic Biomechanics. David J. Giurintano, Journal of Hand Therapy, 1995.

Este artículo pedagógico presenta los principios biomecánicos necesarios para analizar el movimiento, diseñar órtesis y dosificar las cargas aplicadas a los tejidos. No es un estudio experimental: no aporta un protocolo terapéutico validado ni resultados clínicos comparativos.

Movimiento, fuerzas y equilibrio

La cinemática describe el movimiento -desplazamiento, velocidad y aceleración-, mientras que la cinética estudia las fuerzas y los momentos que lo producen.

Una fuerza es un vector definido por su magnitud, dirección, sentido y punto de aplicación. En condiciones estáticas, las fuerzas y los momentos se equilibran: $\Sigma F = 0$ y $\Sigma M = 0$. En condiciones dinámicas, la fuerza resultante produce aceleración según $\Sigma F = m \cdot a$, mientras que el momento resultante produce aceleración angular según $\Sigma M = I \cdot \alpha$.

Una fuerza oblicua puede descomponerse en una componente normal F_n , responsable de compresión o distracción, y una componente tangencial F_s , responsable de cizallamiento o traslación.

Momento y brazo de palanca

La capacidad de una fuerza para producir rotación depende de su magnitud y de su distancia perpendicular al eje: $M = F \times d$.

Con la misma fuerza, aumentar el brazo de palanca incrementa el momento. A la inversa, si el brazo de palanca se reduce a la mitad, se necesita aproximadamente el doble de fuerza para mantener el mismo momento.

En una órtesis dinámica, la tracción es mecánicamente máxima cuando es perpendicular al segmento movilizado. Si el ángulo θ se mide respecto a esa perpendicular, la componente eficaz es $F_c = F \cdot \cos \theta$ y el momento articular $M = d \cdot F \cdot \cos \theta$.

La eficacia es aproximadamente del 100% a 0° , 87% a 30° , 71% a 45° , 50% a 60° y nula a 90° . Cuanto más oblicua es la tracción, menor es el momento corrector y mayor la componente de cizallamiento.

Tensión y deformación

La tensión es una fuerza dividida por la superficie sobre la que actúa. La tensión normal se define como $\sigma = F_n/A$ y la tensión de cizallamiento como $\tau = F_s/A$. Con la misma fuerza, una superficie de apoyo pequeña produce una tensión mayor, lo que justifica distribuir adecuadamente las presiones bajo la órtesis.



La deformación relativa de un tejido se expresa como $\epsilon = \Delta L/L$. En un modelo lineal simplificado, la relación entre tensión y deformación es $\sigma = E \cdot \epsilon$, donde E es el módulo de Young. Cuanto mayor es E, más rígido es el material.

La deformación elástica desaparece al retirar la carga. La deformación plástica persiste tras la descarga. La rotura se produce cuando se supera la capacidad mecánica del tejido.

Comportamiento temporal de los tejidos

Los tejidos biológicos son viscoelásticos: su respuesta depende de la magnitud de la carga, de su duración y de su repetición.

Fluencia: bajo una tensión constante, la deformación aumenta con el tiempo.

Relajación: cuando se mantiene constante la deformación, la tensión disminuye progresivamente.

Histéresis: parte de la energía se disipa entre la carga y la descarga.

Fatiga: las cargas repetidas pueden causar daño acumulativo incluso por debajo de la carga de rotura.

La piel, los tendones, los ligamentos y el hueso no son materiales ideales: generalmente son no lineales, anisótropos, heterogéneos y dependientes del tiempo.

Mensaje clínico

El efecto de una intervención mecánica nunca depende solo de la magnitud de la fuerza. Resulta de la combinación de fuerza + dirección + punto de aplicación + brazo de palanca + superficie de contacto + duración + repetición.

Estos principios permiten razonar la orientación de la tracción, la distribución de apoyos, la dosificación temporal y la vigilancia de la tolerancia tisular. Sin embargo, son un marco mecánico general y no bastan por sí solos para definir un protocolo terapéutico.