

# Título

## **Caracterización cinemática de la elevación humeral en el plano escapular. Definición de patrones de normalidad y análisis del gesto patológico**

### Resumen

El dolor de hombro es una de las patologías que con más frecuencia afecta a la población ya que se estima que entre el 16% y 25% de los mayores de 50 años lo padecen. Este hecho hace necesario que se establezcan planes de prevención y tratamiento individualizados, para lo cual es imprescindible disponer de herramientas objetivas, válidas y reproducibles y que sean capaces de detectar mínimos cambios en el estado funcional del paciente.

Los instrumentos utilizados habitualmente en la valoración funcional de los pacientes con dolor de hombro presentan ciertas limitaciones en este sentido. Los cuestionarios tienen la principal desventaja de la subjetividad en cuanto a la puntuación del paciente. Por otra parte, los goniómetros permiten una medida objetiva del rango articular, sin embargo presentan una baja reproducibilidad.

El análisis de movimientos humanos mediante fotogrametría tiene una alta precisión y fiabilidad y, además, permite estudiar alteraciones en el movimiento del paciente a lo largo de todo el gesto realizado y no únicamente valorar el resultado final del mismo (i.e. rango de articular). Existen evidencias de su utilidad para la valoración del hombro doloroso, pero la complejidad de la técnica y de los protocolos de medida ha sido un obstáculo para su implantación en el ámbito clínico.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una metodología de valoración funcional de la articulación del hombro, basada en técnicas de análisis cinemático, que se adapte a los requerimientos fundamentales del ámbito clínico y que aporte un valor diferencial en comparación con las herramientas clínicas habituales.

Con este fin se ha definido un procedimiento de medida simplificado, para medir la elevación humeral en el plano de la escápula, ejecutada con dos pesos distintos, de 250 g y 1 kg. Para valorar la funcionalidad del hombro se calcularon tres tipos de variables: (i) descriptivas del movimiento, incluyendo la elevación máxima y las velocidades de ascenso y de descenso; (ii) las de ritmo de ejecución del gesto, que consideran los instantes en que se producen los picos máximos de velocidad, la correlación con el movimiento sano en las dos fases y la simetría entre el movimiento de ascenso y de descenso; y (iii) las variables de variabilidad, que fueron la repetibilidad de los cinco ciclos de ascenso y de descenso, el coeficiente de variación del ángulo máximo y la entropía aproximada.

Se ha realizado una comparación de la fiabilidad en la descripción del movimiento usando las secuencias de Euler  $YX'Y''$  y  $XZ'Y''$  y el vector orientación. Se ha llevado a cabo un estudio de reproducibilidad para determinar la fiabilidad y el error del procedimiento de medida, entre días y entre observadores. Se ha analizado el comportamiento de una muestra de sujetos sanos, considerando el efecto de los factores edad, sexo, dominancia y la magnitud de la carga levantada. Se han definido unos valores de referencia de la muestra de sujetos sanos, que se utilizaron para evaluar las diferencias que aparecen en el movimiento de elevación humeral en el plano escapular en pacientes con lesión del hombro. Por último, la muestra de sujetos con patología de hombro se dividió en dos niveles de funcionalidad a partir de la escala DASH y, en un segundo análisis, los pacientes se clasificaron por diagnóstico, quedando dos grupos principales con tendinitis o rotura del manguito de los rotadores. A partir de estas clasificaciones, se analizó la capacidad de las variables cinemáticas para discriminar entre los dos niveles de funcionalidad y los dos grupos diagnósticos definidos. En ambos casos, los resultados se contrastaron con las variables clínicas resultado de la valoración mediante cuestionarios, goniometría y dinamometría.

De los métodos de representación analizados, la secuencia de Euler XZ'Y'' es la que presenta un menor error en la medida de la elevación humeral en el plano de la escápula. El procedimiento de medida desarrollado demostró una elevada fiabilidad y errores muy bajos en todas las variables estudiadas, tanto entre valoradores como entre días. El análisis del gesto en personas sanas, indicó que no existe una influencia significativa del sexo, la dominancia y la edad en las variables cinemáticas estudiadas. Únicamente se obtuvieron diferencias en algunas de las variables al comparar el movimiento ejecutado con los pesos de 250 g y 1 kg. La comparación entre personas sanas y con lesión del hombro mostró diferencias en todas las variables cinemáticas. Además, los pacientes mostraron mayor sensibilidad al peso manejado, ya que los resultados empeoraron significativamente al levantar el peso de 1 kg.

Al dividir el grupo patológico, se observó un mayor efecto en las variables cinemáticas que en las variables clínicas, tanto del nivel de funcionalidad como del diagnóstico. Las variables de variabilidad y las descriptivas del movimiento fueron las que mejor discriminaron entre los dos niveles de funcionalidad analizados. Los resultados indican que las personas con menor funcionalidad tienen disminuida la elevación humeral y presentan una mayor variabilidad del movimiento. En particular, la entropía y la repetibilidad de ascenso presentaron los mayores efectos y, además, las correlaciones más altas con el grado de dolor percibido por los pacientes. El rango de flexión y la fuerza de abducción son las variables clínicas que mejor diferencian entre los niveles de funcionalidad. Al estudiar los dos subgrupos de diagnóstico, no se encontró ninguna diferencia en las variables clínicas. Por el contrario, la valoración cinemática sí mostró resultados distintos, siendo las variables del ritmo de ejecución del movimiento las que mostraron mayores diferencias entre los dos grupos. Los pacientes con rotura presentaron una mayor alteración que los sujetos con tendinitis en la fase de ascenso y con el incremento del peso levantado. En particular la correlación de ascenso es la variable que mejor discrimina entre los dos grupos de diagnóstico estudiados.

Se concluye que la metodología desarrollada puede aportar un importante valor añadido a la valoración clínica del hombro. En primer lugar, supera las limitaciones de usabilidad de la fotogrametría a través de un procedimiento de medida simplificado con una elevada reproducibilidad entre días y entre valoradores. Además, las variables cinemáticas han demostrado una superior capacidad que las clínicas para diferenciar entre niveles de funcionalidad y tipos de diagnóstico. Los resultados de este trabajo resultan prometedores para progresar en el desarrollo de métodos objetivos de valoración funcional del hombro que proporcionen a la comunidad clínica medidas más precisas y sensibles que permitan mejorar la gestión de los tratamientos rehabilitadores.