

## **Análisis 3D del Riesgo Biomecánico del Corte de Papa en Auxiliares de Cocina.**

Myriam Quinayás-Mera,<sup>1</sup> Libeth Olaya Grajales,<sup>2</sup>  
José Acero,<sup>3</sup> Lessby Gómez.<sup>4</sup>

**RESUMEN.** *Introducción:* Los desórdenes músculoesqueléticos (DME) son muy frecuentes en oficios donde es muy intenso el uso de las manos, como en los auxiliares de cocina. Este trabajo se propuso evaluar el riesgo biomecánico asociado con la tarea del corte de papa, implementando herramientas de análisis novedosas, que podrían reemplazar los métodos actuales. *Metodología:* El estudio se realizó en 7 auxiliares de cocina. En cada uno fueron ubicadas marcas referenciales en mano y antebrazo para seguir sus movimientos mediante filmación de alta velocidad mientras realizaba la actividad de corte de papa con tres cuchillos diferentes. Los movimientos se analizaron recopilando datos descriptivos de todas las fases de la técnica y reconstruyendo los movimientos en 3D con herramientas informáticas. *Resultados:* Se identificaron 16 fases del movimiento, agrupados en 3 ciclos. El intervalo de tiempo para completar el movimiento fue entre 5 y 9 segundos, mientras que el corte sagital tomó entre 0,5 y 0,9 segundos. Dos de los cuchillos requirieron de los participantes mayores ángulos de movimiento de flexión-extensión. Dos de los voluntarios realizaron el movimiento con mayor velocidad consistentemente. La muñeca fue el lugar donde se identificó el mayor nivel de riesgo. *Conclusiones:* Las aproximaciones tecnológicas usadas permitieron analizar detalladamente los movimientos y el riesgo biomecánico asociado con la tarea de corte de papa. Uno de los cuchillos (modelo #3) permitió a la mayoría de los sujetos mantener la muñeca dentro del rango de confort.

*Palabras clave:* Análisis biomecánico, análisis 3D, DME, técnica de corte. *Línea de investigación:* Medicina del trabajo.

**3D ANALYSIS OF THE BIOMECHANICAL RISK OF CUTTING POTATOES BY KITCHEN ASSISTANTS.** *ABSTRACT. Introduction:* Musculoskeletal disorders (MSD) are very common in employments where the use of hands is intense, as in kitchen staff. This study aimed to evaluate the biomechanical risk associated with a common task like cutting potatoes, by implementing innovative analysis tools that could replace current methods. *Methodology:* The study involved 7 kitchen assistants. We installed in everyone, in the forearm and hand, marks to track the movements with high-speed filming while cutting potatoes with three different knives. The movements were analyzed by collecting descriptive data of all phases of technical and reconstructing 3D movements using computer tools. *Results:* we identified 16 phases of motion grouped into 3 cycles. The time interval to complete the move was between 5 and 9 seconds, while the sagittal took between 0.5 and 0.9 seconds. Two knives required higher angles of flexion-extension motion from the volunteers. Two participants performed the movement consistently faster. Wrist had the highest level of risk identified in this study. *Conclusions:* The technological approaches used allowed a detailed analysis of movements and to assess the biomechanical risk associated to the task of cutting potatoes. One of the knives (model # 3) enabled the majority of subjects wrist maintain comfort within the range.

<sup>1</sup> Fisioterapeuta, Fundación Universitaria María Cano, Seccional Cali. Msc Salud Ocupacional, Universidad Libre-Seccional Cali. Cali (Colombia). E-mail: [ftkimer@gmail.com](mailto:ftkimer@gmail.com).

<sup>2</sup> Ingeniera Industrial, Universidad Santiago de Cali, Seccional Cali. Técnico profesional en Salud Ocupacional, Intenalco, Cali. Msc en Salud Ocupacional, Universidad Libre-Seccional Cali. Cali (Colombia).

<sup>3</sup> Licenciado en Ciencias de la Educación – Especialista en Educación Física, Recreación y Deporte, Universidad de Pamplona, Colombia. Msc en Biomecánica, Southern Illinois University at Carbondale, USA. Entrenamiento científico avanzado en biomecánica, The Pennsylvania State University at University park, USA. Entrenamiento científico avanzado en biomecánica ortopédica, Good Samaritan Medical Center. The Orthopaedic Research Laboratory (BIOMOTION FOUNDATION), USA.

<sup>4</sup> Fisioterapeuta, Universidad del Valle, seccional Cali. Msc en Salud Ocupacional, Universidad del Valle, seccional Cali. PhD (c) ciencias biomédicas, Universidad del Valle, seccional Cali. Cali (Colombia).

*Keywords:* Biomechanical analysis, 3D analysis, MSD, cutting technique. *Research line:* Occupational medicine.

Aceptado para publicación: Septiembre 2013.

### INTRODUCCIÓN

Los desórdenes músculo esqueléticos (DME) son lesiones que afectan principalmente a los tejidos blandos del aparato locomotor: músculos, tendones, nervios, articulaciones y ocupan los primeros lugares de frecuencia en las patologías de origen ocupacional relacionadas con altos índices de ausentismo laboral.<sup>1</sup> Estos pueden aparecer en cualquier región corporal. Las zonas corporales más afectadas por factores laborales corresponden a la espalda y a las extremidades superiores.<sup>2, 3, 4</sup>

En Colombia según el informe de enfermedad profesional del 2002, los diagnósticos que afectan el sistema músculo esquelético representan el 65% de los casos, siendo el síndrome del túnel carpiano la primera causa de morbilidad profesional. Dicha patología pasó de representar el 27% en el año 2001 a representar el 32% de los diagnósticos realizados durante el año 2004.<sup>5</sup> Durante los años 2002 a 2004 se observó una tendencia creciente continua del síndrome del túnel carpiano, del síndrome del manguito rotador, de la epicondilitis y de la tenosinovitis del estiloides radial (De Quervain), de origen laboral. Con el objetivo de poder emitir recomendaciones para su manejo, estas afecciones han sido estudiadas y clasificadas por el Ministerio de la Protección Social, y se presentan en la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para DME relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (GATISO para DME).<sup>6</sup>

Diversos autores están de acuerdo en que entre las causas de los DME en miembros superiores está la ejecución de actividades que impliquen la aplicación de fuerzas estáticas en forma repetitiva o duradera.<sup>7</sup> Mórdelo *et al* (1999), describe que una de las causas por las que se pueden producir DME a nivel de extremidad superior es el uso de herramientas manuales que no están proporcionalmente diseñadas para ejercer la tarea propuesta.<sup>8</sup>

En la compañía donde los participantes desarrollaban la labor de procesamiento de alimentos, que presta sus servicios en el sector de la alimentación industrial, se observó que durante los años 2008 a 2011 un grupo especial de auxiliares de cocina, quienes estaban encargados del corte de papa, desarrollaron DME de miembro superior. El más común fue el síndrome del conducto carpiano, seguido de tenosinovitis del estiloides radial (De Quervain) y dedos en gatillo, que parecen estar asociadas a su actividad ocupacional de picar diferentes tipos de alimentos. Diariamente en esta compañía son

procesados alrededor de 15 kilos de este tubérculo para la preparación de los alimentos.

Aprovechando las herramientas de filmografía de alta velocidad, tecnología tradicionalmente utilizada para investigaciones en biomecánica deportiva, se evaluó el riesgo biomecánico presente en la tarea del corte de papa. Este estudio constituye la aplicación de una herramienta novedosa para la evaluación de factores de riesgo relacionados con DME de miembros superiores, que podría complementar los métodos convencionales existentes como OCRA, RULA, REBA, ANSI, MALCHAIRE recomendados actualmente para DME (GATISO). Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Biomecánica de la Universidad Libre (Seccional Cali, Colombia).

## METODOLOGIA

**Tipo de estudio y criterios de inclusión/exclusión de los participantes:** Estudio descriptivo, con una población de 7 auxiliares de cocina. Se incluyeron trabajadores del servicio de alimentación industrial de la empresa, previa firma del correspondiente consentimiento informado, con el cargo de auxiliares de cocina que realizaban actividades de corte de papa. Se excluyeron los trabajadores con antecedentes médicos de DME en miembros superiores y aquellos que presentaban alguna lesión a nivel de la extremidad superior que le impedía ejecutar la tarea de corte de papa al momento de realizar el análisis biomecánico. Se excluyeron trabajadores de servicios de alimentación que contaban con maquina procesadora de alimentos.

**Escenografía:** Utilizando fondos de color azul mate y tapetes sintéticos de color negro para asegurar un buen contraste y evitar interferencia en las imágenes debida a la reflexión de la luz durante las grabaciones. Se dispuso una mesa para corte de 1 metro de largo, 70 centímetros de ancho y 1 metro la altura (medida promedio de altura de codo a piso con una flexión del codo de 90° de los participantes del estudio). Se ubicó la tabla para corte sobre la mesa y se dispuso alrededor un marco referencial de 40 cm de ancho, 80 cm de largo y 40 cm de altura; y se posicionaron marcas referenciales blancas en cuatro puntos de cada uno de los tres cuchillos de línea profesional de 8 pulgadas que se compararon (Figura 1). Dichos puntos fueron: la punta, el centro longitudinal, la base de la hoja y centro de masa del cuchillo (Figura 1).

**Filmación:** Se ubicaron estratégicamente 3 cámaras (CASIO EX-FH20) en los planos sagital y frontal. Las cámaras operan con una velocidad de grabación a 210 cuadros por segundo, con una distancia de foco en las cámaras 1 y 2 de 57 milímetros, y en la cámara 3 de 49 milímetros. Las cámaras operaron en automático y con modo de iluminación "fluorescente blanca (Noche)". Las fuentes lumínicas fueron 3 luminarias de 500w (HALLUX).

**Caracterización sociodemográfica y antropométrica de los participantes:** Se aplicó una proforma de datos socio-demográficos en la cual se registraron el género, la edad, la mano dominante y los años de experiencia en el corte de papa. Se empleó un protocolo de mediciones antropométricas utilizando un kit estandarizado de Antropometría Biomecánica<sup>5</sup> con el cual se obtuvieron medidas antropométricas globales como el peso y la talla. El instrumento utilizado fue un Estaturometro Digital adaptado – (II&SB), compuesto por un tapete de apoyo bipodal y un medidor en L con un dispositivo laser. Por otra parte se tomaron medidas antropométricas regionales como la longitud de los segmentos corporales del antebrazo- mano del miembro superior dominante, utilizando un Segmentometro (adaptado - II&SB).

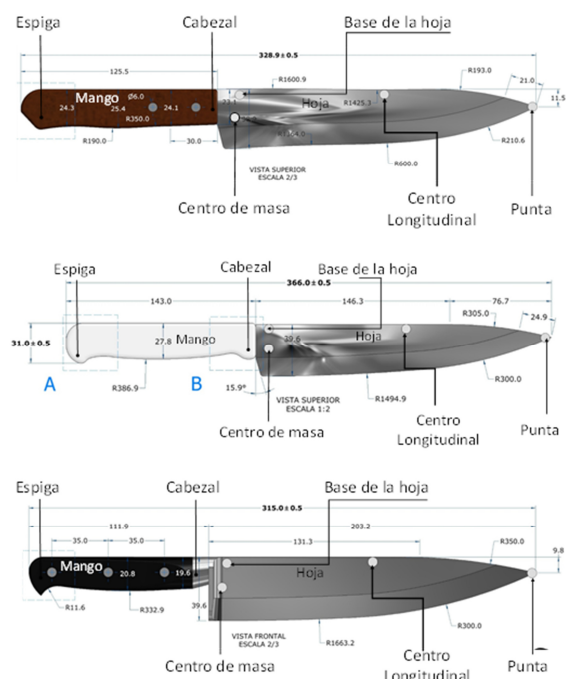


FIGURA 1. Dimensiones de las herramientas de corte de línea profesional de 8 pulgadas y localización de las marcas referenciales para seguimiento y reconstrucción 3D. A. Cuchillo 1 Cuchillo 2 elaborado en acero inoxidable y mango en madera, de una longitud total de 328,9 mm, longitud del mango 125,5 mm, ancho de la hoja 38,9 mm, espesor del mango de 13 mm, altura del mango de 26,3 mm, con un radio al final del mango de 5 mm y un radio en el centro del mango del cuchillo de 350 mm. B. elaborado en acero inoxidable especial y mango de polipropileno texturizado de una longitud total de 366 mm, longitud del mango 143 mm, ancho de la hoja 39,6 mm, espesor del mango de 13 mm, altura del mango de 31 mm, con un radio al final del mango de 6 mm y un radio en el centro del mango del cuchillo de 386,9 mm C. Cuchillo 3 elaborado en acero al carbono de una longitud total de 315 mm, longitud del mango 111,9 mm, ancho de la hoja 39,6 mm, espesor del mango de 15,6 mm, altura del mango de 24 mm, con un radio al final del mango de 11,6 mm y un radio en el centro del mango del cuchillo de 332,9 mm.

<sup>5</sup> Instituto de Investigaciones y Soluciones Biomecánicas (II&SB) (Dr. José Acero)

**Ubicación de marcadores:** Las marcas referenciales blancas que permitieron el seguimiento de los movimientos de cada participante durante la acción de corte se ubicaron en brazo, antebrazo-mano y vestido como se muestra en la figura 2. Previo a la filmación se vistió cada participante con un delantal de tela color negro mate. Los datos del desplazamiento de las marcas referenciales se usaron como guías para realizar la reconstrucción en 3D por medio del software Kwon 3D XP (Copyright © 1993-2006 VISOL) en la extremidad superior dominante. Los puntos anatómicos cuyo movimiento se siguió en detalle fueron: el acromion (A), el centro de masa del brazo (B), el epicóndilo medial del brazo (C), el epicóndilo lateral del brazo, el anconeo, centro de masa del antebrazo (D), la apófisis espinosa de la ulna (E), la apófisis espinosa del radio (F), cada falange proximal de los dedos (G), la falange media del II, III, IV y V dedo (H) y la falange distal del III dedo (I) (Figura 2).

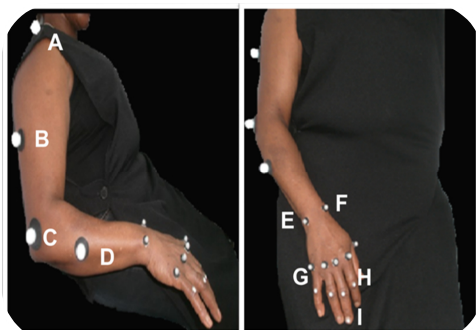


FIGURA 2. Vestimenta y localización de las marcas referenciales para seguimiento y reconstrucción 3D del movimiento de corte de papa.

**Captura y procesamiento de datos:** Los videos de alta resolución de cada participante fueron analizados con el programa Kinovea 8.15 para definir cualitativamente las fases generales del movimiento de corte de papa; y las características comunes y no comunes en el movimiento de flexo-extensión. El software Kwon 3D XP permitió cuantificar las propiedades cinemáticas del movimiento digitalizando y reconstruyendo en 3D parámetros seleccionados como flexo-extensión, pronación, desviación ulnar/radial e inclinación anterior/posterior.

**Evaluación de riesgo biomecánico:** La evaluación del riesgo biomecánico se realizó mediante el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment).<sup>9</sup> El método de evaluación implica la asignación de una puntuación en una escala de riesgo sobre cada segmento corporal derivada los ángulos medidos con el software KWON 3D XP en antebrazo y muñeca durante el movimiento de corte. Estos valores se comparan con los valores de ángulos de referencia establecidos por el método para obtener una puntuación final por cada segmento. El método permite generar una calificación que establece la existencia del riesgo de aparición de lesiones musculo esqueléticas.

**Consideraciones éticas:** Este estudio fue revisado y aprobado por el comité de ética de la Universidad Libre Seccional Cali y autorizado por la Compañía de Servicios de Alimentación Industrial donde se llevó a cabo el trabajo. Se obtuvo el consentimiento informado de los participantes y se adaptaron los procedimientos de acuerdo con la Resolución 8430 de 1993 (Artículo 11) del Ministerio de Salud y Protección Social de la República de Colombia. Esta investigación se considera *sin riesgo*, dado que no se hicieron intervenciones invasivas en los voluntarios.

## RESULTADOS

La edad de las participantes osciló entre 26 y 36 años al momento del estudio. Se observó que la experiencia en el oficio en años es variable con rangos que van de 2 a 17 años. El 85.71% de la población tiene mano dominante derecha.

El rango de longitud de antebrazo-mano es de 23 centímetros a 5 centímetros y de 15,5 centímetros a 18,3 centímetros respectivamente, estos resultados fueron utilizados para realizar el cálculo de centro de masa requerido en el modelo (ver Tabla 1).

TABLA 1  
Características sociodemográficas y antropométricas

S	Características sociodemográficas			Características antropométricas	
	Edad	MD	AEO	LA (cms)	LM (cms)
S1	37	Derecha	15	25,7	15,5
S2	30	Derecha	3	23,5	17,5
S3	47	Zurda	9	24	16,7
S4	24	Derecha	3	23	16
S5	51	Derecha	15	24,5	18,3
S6	43	Derecha	15	25	17,5
S7	29	Derecha	2	24,4	17

S: Sujeto, MD: Mano dominante, AEO: Años de experiencia en el oficio, LA: Longitud antebrazo, LM: Longitud mano.

**Resultados Cualitativos:** Inicialmente, el análisis de los videos con el software Kinovea 8.15, permitió identificar movimientos comunes entre los sujetos durante la ejecución de la tarea de corte de papa. Dichos movimientos fueron agrupados en 16 fases que posteriormente se condensaron en 3 grandes ciclos de movimiento para facilitar el seguimiento de los patrones comunes y el reconocimiento de los movimientos distintivos particulares de cada sujeto.

El primer ciclo de movimiento nombrado *desplazamiento inicial*, corresponde al momento en el que el sujeto toma la herramienta de corte con su mano dominante y la ubica por encima de la mitad de la papa. El *corte axial* con respecto a la papa es el segundo ciclo de movimiento y corresponde al primer corte con el cuchillo que se realiza sobre la mitad de la papa. Finalmente el tercer ciclo se denomina *corte sagital* y en él se considera el giro que realiza el sujeto a las dos mitades de la papa resultantes del corte axial y los movimientos en el que se

introduce y se retira el cuchillo de la papa para tener como resultado pequeños trozos del tubérculo.

El ciclo del movimiento que incluyó el mayor número de fases es el corte sagital el cual, implica mayor riesgo para la muñeca y el antebrazo porque durante este tiempo ocurre la mayor frecuencia de movimientos y posturas forzadas extremas. Dada su complejidad, el corte sagital fue el ciclo en que se enfocaron los análisis biomecánicos de este estudio.

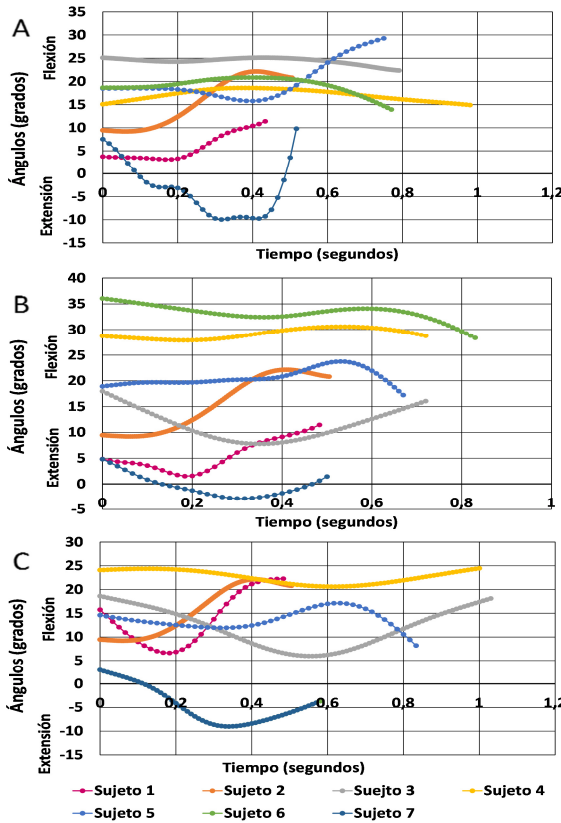


FIGURA 3. Rango de movilidad (ángulos) en Flexión – Extensión con las tres herramientas de corte A. Cuchillo 1 B. Cuchillo 2; C. Cuchillo 3. Utilizados por cada participante del estudio con la mano dominante en el periodo de tiempo del corte de la papa.

El tiempo de duración del corte de papa es variable entre los voluntarios del estudio. Los tres ciclos del movimiento son realizados por los participantes en un tiempo entre 5 y 9 segundos. El corte sagital, tiene una duración entre 0,5 y 0,976 segundos.

En las figuras comparativas de rangos de movilidad en flexión-extensión (ver Figura 3), rangos de movilidad en desviación radial y desviación ulnar (ver Figura 4), pronación (ver Figura 5), inclinación posterior e inclinación anterior con el cuchillo (ver Figura 6), se observan variaciones en la duración del movimiento de corte sagital de la papa que sin embargo no mostraron asociación alguna con el modelo de cuchillo utilizado.

Tales variaciones se relacionaron principalmente con el grado de destreza del operario. Los participantes 1 y 2 ejecutaron consistentemente el movimiento de forma más rápida. El rango del tiempo de duración del movimiento se encuentra entre 0,43 y 0,63 segundos.

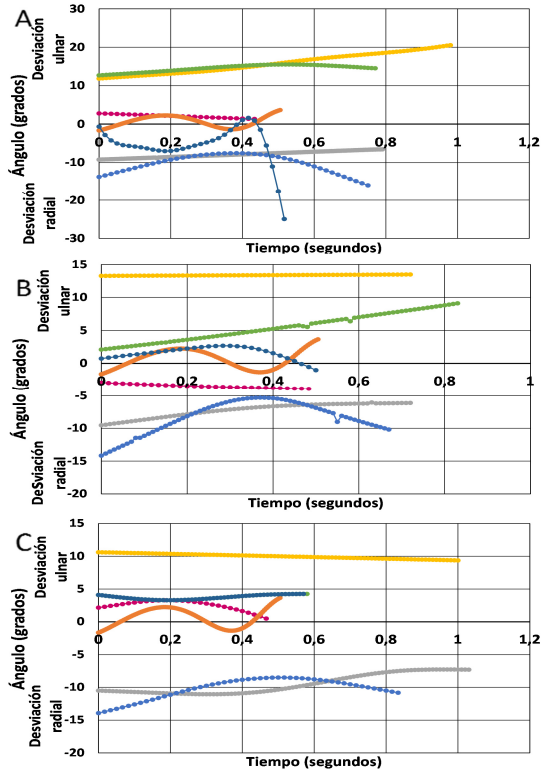


FIGURA 4. Rango de movilidad (ángulos) en desviación Radial y Ulnar con las tres herramientas de corte. A. Cuchillo 1; B. Cuchillo 2; C. Cuchillo 3. Utilizados por cada participante del estudio con la mano dominante en el periodo de tiempo del corte de la papa. El código de colores es el mismo de la figura 3.

En la figura 3 que registra el rango de movilidad en flexión-extensión en antebrazo/mano se observa gran variabilidad en la forma de ejecutar el corte; estas variaciones muestran asociación con el modelo de cuchillo con el cual se ejecuta la tarea de corte. Los cuchillos 1 y 2 requirieron de los participantes la realización de movimientos con mayores ángulos de flexión-extensión (entre 4° y 36°); seis de los participantes realizaron movimientos combinados de flexión – extensión de muñeca y un participante involucro mayor movimiento de extensión de muñeca que al utilizar el cuchillo 3. Durante el movimiento de corte que los participantes realizaron usando el cuchillo 3, la articulación de la muñeca mantuvo ángulos de flexo-extensión dentro del rango de confort definido por el método de evaluación RULA; cinco participantes realizaron movimiento combinados de flexión – extensión de muñeca y dos participantes involucraron mayor movimiento de extensión de muñeca.

Con relación a la figura 4 de desviación radial y desviación ulnar, se observó que con el cuchillo 1 y el cuchillo 3, los sujetos involucran mayor movimiento de

desviación ulnar, con el cuchillo 2 los sujetos involucran mayor movimiento de desviación radial. Se observó que los movimientos no estuvieron asociados a ninguno de los cuchillos, debido a que los sujetos que realizaron desviación radial o desviación ulnar la realizaron siempre sin importar con que cuchillo trabajaban, como el participante 2 realizó un movimiento combinado de desviación radial y desviación ulnar al utilizar los 3 cuchillos.

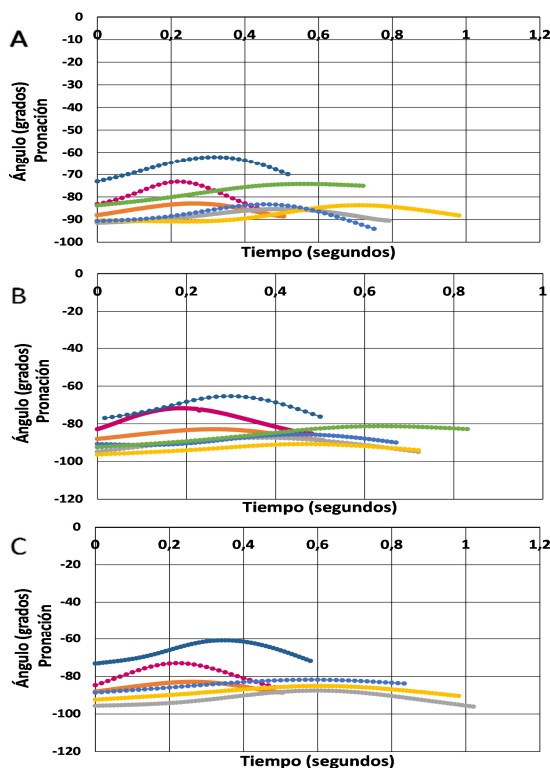


FIGURA 5. Rango de movilidad (ángulos) en Pronación con las tres herramientas de corte. A. Cuchillo 1, B. Cuchillo 2; C. Cuchillo 3. En todos los participantes los ángulos del movimiento de pronación se mantuvieron dentro de rango correspondiente a los ángulos movilidad articular normal de cada participante. El código de colores es el mismo de la figura 3.

TABLA 2  
Puntuación final de la evaluación de riesgo según RULA

Herramienta	Segmento	RULA*	Calificación	n
Cuchillo 1	Antebrazo	3	1	7
	Muñeca	4	4	5
	Giro de muñeca	2	1	7
Cuchillo 2	Antebrazo	3	1	7
	Muñeca	4	4	5
	Giro de muñeca	2	1	7
Cuchillo 3	Antebrazo	3	1	7
	Muñeca	4	4	5
	Giro de muñeca	2	1	7

\* Valor máximo del rango de confort según el método RULA. Si los valores reales en los participantes se acercan al valor límite superior el riesgo de lesiones musculoesqueléticas es mayor

La figura 5 ilustra el movimiento de pronación asociado a la ejecución del corte de papa. En ninguno de los participantes se observó un movimiento conjunto de pronosupinación de antebrazo, por el contrario prevalece el movimiento de pronación durante el cual de nuevo se mantienen ángulos dentro del rango anatómico de confort. La figura 5 muestra también que el cuchillo 3 permite a los participantes realizar el movimiento de corte con menores ángulos de pronación que cuchillos 1 y 2 (figura 5C). Esto sugiere que el cuchillo 3 representa una menor posibilidad de que la articulación asuma posturas de riesgo.

En un movimiento óptimo del corte de papa se espera que la oscilación antero posterior del cuchillo sea mínima y por el contrario el movimiento requiera un predominio de la inclinación anterior a la vez que la herramienta se desplaza hacia adelante. El análisis de la figura 6 revela que durante el movimiento de corte el cuchillo 3 se mantiene con mayor frecuencia en una posición de inclinación anterior. Los participantes 4, 5 y 6 realizan el movimiento de corte con el cuchillo 3 incluyendo un número de oscilaciones menor que con los cuchillos 1 y 2. Esta herramienta promueve que el movimiento de corte guarde mayor cercanía al corte óptimo que los cuchillos 1 y 2.

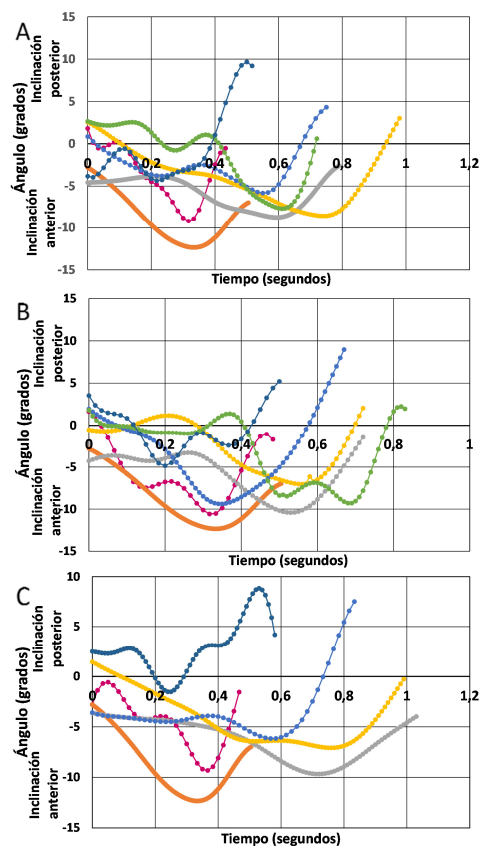


FIGURA 6. Inclinación posterior e inclinación anterior (ángulos) con las tres herramientas de corte. A. Cuchillo 1, B. Cuchillo 2; C. Cuchillo 3, utilizados por cada participante del estudio con la mano dominante en el periodo de tiempo del corte de la papa. El código de colores es el mismo de la figura 3.



El método Rula evalúa la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos musculoesqueléticos en los miembros superiores (ver Tabla 2). La fase del ciclo de movimiento durante la cual se evaluó el nivel de riesgo en el segmento corporal antebrazo – mano de la extremidad superior dominante en cada participante fue el corte sagital de la papa. La tabla número 2 muestra la puntuación final obtenida a través del método RULA para determinar la existencia de riesgo. Con relación a la puntuación final establecida por el método, los participantes con puntuaciones finales de 1 tienen una postura aceptable y con puntuaciones finales de 3 o 4 presentan riesgo.

### DISCUSIÓN

Los factores de riesgo en la ocurrencia de desórdenes musculoesqueléticos de miembro superior de acuerdo a la GATISO para DME están determinados por posturas estáticas o forzadas, actividades prolongadas y repetitividad de movimientos. Los ángulos de confort para la muñeca establecidos por el método de evaluación RULA comprenden flexión-extensión entre 0° y 15° sin involucrar movimientos de desviación radial o ulnar y giros extremos de la muñeca.<sup>10,11</sup>

En este estudio se utilizaron 3 cuchillos con diseños diferentes para la ejecución del corte de papa. Los rangos de movilidad durante el movimiento al utilizar los cuchillos 1 y 2 eran mayores que con el cuchillo 3, lo cual sugiere posturas de flexión- extensión más extremas, (superiores a 15°) que están acompañadas de movimientos de desviación radial y ulnar. Como se evidencia en la figura N° 4. El cuchillo 3 por el contrario permitió realizar el corte de papa requiriendo rangos de movilidad menores. Un estudio previo realizado por Manlai You *et al.* (2009) compararon 5 diseños de cuchillos diferentes utilizados en el método de desconchado y pelado de ostras, con el fin de conocer las posibles lesiones y trastornos musculoesqueléticos en el antebrazo y mano de los trabajadores, a partir de los resultados encontrados comenzaron una etapa de rediseño de los cuchillos buscando mejorar el desempeño laboral de los trabajadores;<sup>12</sup> Dados nuestros resultados es necesario realizar un análisis biomecánico de un cuchillo con diseño ergonómico y compararlo con los resultados de los cuchillos utilizados en nuestro estudio.

De igual manera se encontró que el corte de papa representa un ciclo de trabajo de 5 a 9 segundos, indicando la presencia de movimientos repetitivos que de acuerdo a nuestros resultados presentados en las figuras 1 a 4 suponen movimientos de riesgo. De acuerdo a la GATISO para DME el movimiento repetitivo está dado por los ciclos de trabajo cortos (ciclo menor a 30 segundos o 1 minuto). Según Wu *et al.* (2002) tales movimientos provocan trastornos de trauma acumulativo en las extremidades superiores y en particular son factores de

riesgo desencadenantes del síndrome del túnel carpiano.<sup>13</sup>

Mancera Fernández *et al.* (2012) indica que tienen mayor riesgo de sufrir síndrome del túnel carpiano quienes ejercen movimientos repetitivos con la muñeca y los dedos, de igual manera refieren que las mujeres son tres veces más propensas a tener síndrome del túnel carpiano que los hombres.<sup>14</sup> Adicionalmente, el método de evaluación OCRA<sup>15</sup> en términos de riesgo establece que un agarre prolongado que ocupa la mayor parte de un todo el ciclo de trabajo es un factor de riesgo para el desarrollo de desórdenes músculo esqueléticos, lo cual es característico de la actividad de corte de papa.

Se observó también que el tiempo de duración en la ejecución del corte sagital era diferente entre los 7 sujetos, el sujeto 4 y el sujeto 3 ejecutaron el corte de papa en un periodo de tiempo mayor de 0,7 segundos, es decir aproximadamente 85,71 movimientos por minuto. Un mayor número de repeticiones por minuto representan una mayor probabilidad de lesión.

Una observación esperada es que los participantes con mayor experiencia en esta actividad desarrollen los movimientos con mayor eficiencia. En efecto, los participantes de nuestro estudio que tenían 15 años de experiencia mostraron tiempos de ejecución del corte sagital menores que aquellos con experiencia entre 2 y 3 años. Esta variabilidad también guarda una relación con los resultados antropométricos segmentales. La tabla 1 muestra que existe variabilidad en la longitud y en las masas segmentales calculadas de antebrazo-mano en cada uno de los sujetos del estudio. Aquellos que tienen una masa mayor presentan lazos de tiempo mayor entre cortes sucesivos y son aquellos que realizan el corte sagital en mayor tiempo.

Este estudio se centró en el ciclo de movimiento de corte sagital dada la complejidad de su análisis. La misma aproximación experimental deberá ser aplicada a las demás fases del movimiento y adicionalmente realizar un estudio comparativo de las herramientas de corte utilizadas en esta empresa con otros cuchillos con diseños ergonómicos disponibles en el mercado. Tal estudio deberá realizarse siguiendo una metodología similar a la propuesta por Manlai You *et al.* (2009).<sup>16</sup>

Existen pocos estudios enfocados en el uso de herramientas manuales para el corte de alimentos en particular sobre el riesgo biomecánico asociado. La videografía integrada de alta velocidad y el análisis en 3D del movimiento, permitieron determinar el riesgo biomecánico en antebrazo - mano asociado a la técnica y el tipo de herramienta empleados en la tarea de corte de papa que pueden generar desórdenes musculoesqueléticos en los auxiliares de cocina.

En conclusión, la variabilidad en los parámetros que definen el movimiento, inherente a la técnica individual y el nivel de experiencia de cada sujeto se mantuvo sin importar la herramienta de corte utilizada. Por otro lado, de acuerdo con la evaluación cualitativa y cuantitativa del movimiento y los resultados obtenidos por el método RULA (enfocado en los diferentes ángulos que adopta el segmento antebrazo-mano), durante el corte sagital de papa, el mayor nivel de riesgo biomecánico se presenta en la muñeca. Este riesgo está relacionado con los movimientos de flexión-extensión y las desviaciones ulnar y radial durante el movimiento.

De los tres modelos de cuchillo analizados en este estudio, aquel que ofrece menor riesgo biomecánico relacionado con desordenes musculo esqueléticos en antebrazo-mano es el cuchillo número 3, cuyo diseño permitió a la mayoría de sujetos mantener la muñeca durante la ejecución del corte sagital dentro del rango de ángulos de confort de acuerdo a los parámetros establecidos por la GATISO (Figura 1C).

---

#### REFERENCIAS

- <sup>1</sup> Villanueva M.A, Verdú R. Lesiones derivadas de la carga física de trabajo: trastornos musculo esqueléticos. Región de Murcia. Consejería de trabajo y política social. 2004.
- <sup>2</sup> Punnett L, Wegman D. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2004; 14: 13–23.
- <sup>3</sup> Piedrahíta H. Epidemiology evidences between work factors and musculoskeletal disorders. *Mapfre Medicina*, 2004; 15 (3): 212-221.
- <sup>4</sup> Cerda E, Cubillos N, Medina O, Rodríguez C. Estudio Piloto de Medidas Antropométricas de la Mano y Fuerzas de Presión, Aplicables al Diseño de Herramientas Manuales. *Rev. Cienc Trab* 2011; 13 (39): 1-5.
- <sup>5</sup> Colombia. Ministerio de la protección social. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Hombro Doloroso Relacionado con Factores de Riesgo en el Trabajo. Bogotá: el ministerio; 2007.
- <sup>6</sup> Colombia. Ministerio de la protección social. Guía de atención integral basada en la evidencia para desórdenes musculo esqueléticos (DME) relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (síndrome de túnel carpiano, Epicondilitis y enfermedad de Quervain (GATI- DME). Bogotá: el ministerio; 2006.
- <sup>7</sup> Monssink J. Prevención de trastornos musculo esqueléticos en el lugar de trabajo. Serie protección de la salud de los trabajadores N° 5 [en línea]. Ginebra: OMS. 2004.
- <sup>8</sup> Mondelo P, Gregori E, Barrau, P. *Ergonomía 1: fundamentos*. 3ª edición. Barcelona: Edicions Universitat Politècnica de Catalunya. 1999.
- <sup>9</sup> Universidad politécnica de Valencia. Método de evaluación RULA [internet]. [Consultado 2013 marzo 22].
- <sup>10</sup> Colombia. Ministerio de la protección social. Guía de atención integral basada en la evidencia para desórdenes musculo esqueléticos (DME). Op. Cit.
- <sup>11</sup> Universidad politécnica de Valencia. Método de evaluación RULA [internet]. Op. Cit.
- <sup>12</sup> You M, Lyu G, Chen I. An ergonomic approach to oyster knife design and evaluation – a preliminary result [internet]. [Consultado 2012 mayo 6]. Mancera M, Mancera M, Mancera M, Mancera J. Seguridad e Higiene Industrial. Alfaomega Colombiana. Bogotá: 2012.
- <sup>13</sup> Wu S, Hsieh C. Ergonomics study on the handle length and lift angle for the culinary spatula. *Appl Ergon* [internet] 2002; 33 (5): 493-501. [Consultado 2011 Agosto 6].
- <sup>14</sup> Mancera M, Mancera M, Mancera M, Mancera J. Seguridad e Higiene Industrial. Alfaomega Colombiana. Bogotá: 2012.

---

<sup>15</sup> Universidad politécnica de Valencia. Método de evaluación OCRA [internet]. [Consultado 2013 mayo 16].

<sup>16</sup> You M, Lyu G, Chen I. An ergonomic approach to oyster knife design and evaluation – a preliminary result [internet]. Op. Cit.