

Sección Técnica

*Este artículo fue publicado en el número 30-2004, páginas 15 a 26.
Siguiendo la línea de la página Web del INSHT se incluirán los textos íntegros de los artículos
prescindiendo de imágenes y gráficos no significativos.*

Intervención ergonómica en un hospital: Análisis postural de los puestos de microscopía óptica

Silvia Nogareda Cuixart

Alfredo Álvarez Valdividia

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Barcelona. INSHT

silvian@mtas.es

El objetivo de este estudio consiste en analizar las posturas que se adoptan al realizar tareas en el microscopio, centrándolo especialmente en aquellas que tienden a cargar la cintura escapular y en las posturas forzadas de las muñecas que puedan ser causa de patología osteomuscular de extremidad superior.

Introducción

Este estudio parte de una solicitud de asesoramiento para el análisis ergonómico de los puestos de trabajo de microscopía óptica en anatomía patológica de un hospital universitario. Si bien es cierto que para la realización de ciertas tareas no existe la postura "ideal", hay que procurar utilizar aquellas que sean lo menos forzadas posibles de cara a evitar tanto el disconfort como la tensión muscular que puede llevar a la aparición de una lesión musculoesquelética. Aunque ha sido muy reconocido que las posturas de trabajo incómodas son uno de los factores importantes asociados con este tipo de lesiones, existen otros factores de riesgo como pueden ser la fuerza, la frecuencia, los movimientos repetitivos y la duración de la tarea, que también hay que tener en cuenta.

En el caso de las personas objeto de este estudio, necesitan utilizar de forma habitual un microscopio, por lo tanto realizan su trabajo en posición sentada, y utilizan las dos extremidades superiores para el correcto manejo del mismo. Se han utilizado las técnicas de filmación y electrogoniometría para poder estudiar las posturas adoptadas y ver cuáles son las posibles modificaciones que se pueden introducir para mejorar las condiciones de trabajo.

Descripción de los puestos de trabajo

Los puestos de trabajo en los que se han centrado el estudio que se ha llevado a cabo pertenecen a los puestos de anatomía patológica, citología, laboratorio y sala de inclusión y son los siguientes:

- **Anotomopatólogos**

La sala contiene tres puestos de trabajo ocupados por médicos patólogos. La actividad que desarrollan está estructurada de la siguiente manera:

Se dedica entre 3 y 4 horas de trabajo en la sala de inclusión para el tratamiento de piezas grandes. Cada día uno de los patólogos es el que dedica este tiempo en la sala de inclusión; el resto de patólogos se alterna en esta tarea mediante una rotación ya establecida. El resto de la jornada está dedicada al análisis, diagnóstico e informe de las muestras. El tiempo estimado de trabajo es de 3 horas por la mañana y de 2 horas por la tarde.

- **Citotécnicos**

El trabajo habitual que se realiza en esta sala es el correspondiente al screening de laminetas. Los tres trabajadores son técnicos y el screening que realizan consiste en una primera evaluación de las muestras. El listado de las tareas que realizan son: diagnóstico, informe, procesado de material en laboratorio y recogida de material. El 80% del tiempo de trabajo lo dedican a las tareas de diagnóstico e informe: unas 2 horas corresponden al diagnóstico en el microscopio y el resto (hasta el 80% antes mencionado) corresponde a la elaboración de informes.

Laboratorio

En el laboratorio trabajan dos técnicos cuya actividad principal es la de hacer los bloques de parafina, devastarlos y cortarlos. Esta actividad la realizan durante unas 3 horas al día y luego se dedican a realizar tareas varias. Uno de los técnicos pasa a la sala de inclusión a procesar las piezas más pequeñas, además de pesarlas y ponerlas en una cápsula de plástico. El tiempo dedicado es de, aproximadamente, 2 horas.

Sala de inclusión

Como queda recogido en la descripción de los puestos anteriores, en esta sala se procesan tanto piezas pequeñas como piezas grandes. Siempre está presente un patólogo entre 3 y 4 horas diarias para el procesado de piezas grandes. El procesado de piezas pequeñas está realizado por un técnico procedente del laboratorio durante unas 2 horas diarias.

Metodología

Para la realización del estudio se han seguido las siguientes fases:

- a. Observación de los distintos puestos de trabajo que serán objeto del estudio.
- b. Recopilación de datos sobre las tareas que se llevan a cabo en cada puesto.
- c. Toma de imágenes mediante la grabación en vídeo para facilitar el posterior análisis.
- d. Colocación de una galga electrogoniométrica en la muñeca para la medición de las posturas en las personas que utilizan un microscopio.

- e. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó la prueba de comparación de medias "t" de Student con un nivel de confianza $\alpha = 0,01$.
- f. Análisis de los datos obtenidos para detectar aquellas condiciones de trabajo que sería necesario modificar, en especial las que se refieren al diseño del puesto de trabajo, para favorecer la adopción de una postura correcta.

Resultados

Como las características físicas y las medidas antropométricas de cada uno de los trabajadores son distintas, es muy difícil la evaluación global de todos los puestos, y por eso se opta por realizar un análisis de cada uno de los puestos en los que se considera que se dan las peores condiciones de trabajo.

Se han realizado medidas goniométricas en los cinco puestos de trabajo en los que se utiliza un microscopio, y que corresponden a tres anatomopatólogos y a dos citotécnicos. El tiempo de registro de datos se estableció en 90 segundos aproximadamente y la frecuencia de muestreo en 10 Hz. En todos los casos se midió tanto la desviación radial - cubital como la flexión - extensión de la muñeca.

Antes de realizar cualquier tipo de análisis sobre los datos recogidos, se procede a filtrar las señales eliminando las frecuencias superiores al armónico 125 de la señal.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de la toma de datos con la técnica de electrogoniometría. La variable medida es el ángulo de la articulación en grados ($^{\circ}$). Posteriormente, derivando respecto al tiempo la señal, se obtiene la velocidad angular, en ángulos por segundo ($^{\circ}/s$), y la aceleración angular, en ángulos por segundo al cuadrado ($^{\circ}/s^2$)

De los registros obtenidos se calcula la media aritmética, ya que con este valor se realizan pruebas de hipótesis (siempre con un nivel de confianza del 99.9%) entre las distintas situaciones para poder determinar si existen o no diferencias significativas.

Anatomía patológica

Se han analizado los tres puestos correspondientes a esta sala y que son los siguientes:

- **Puesto 1**

Las mediciones realizadas corresponden a la muñeca derecha por ser la que más esfuerzo realiza (cambio de los objetivos y ajuste de los tornillos del microscopio). Ya que de forma habitual, el trabajador utiliza un par de libros situados uno a cada lado del microscopio con el fin de apoyar los brazos, se realizaron medidas tanto de la postura con el apoyo de libros como sin el apoyo.

- **Con apoyo de libros**

En la figura 1 se representan gráficamente los datos registrados. Los valores positivos de la curva flexión - extensión, indican la realización de una flexión de la muñeca, mientras que valores negativos indican extensión. Los valores positivos de la curva radial - cubital indican

desviación cubital, mientras que los valores negativos indican desviación radial.

En la figura 1 se observan tres zonas de gran variación que corresponden al movimiento que realiza la muñeca al cambiar el objetivo del microscopio.

Un análisis numérico de los datos de la figura 1 permite estimar la velocidad y la aceleración de la articulación. Los resultados se muestran en la tabla 1, donde se dan los datos correspondientes a la posición, velocidad y aceleración respectivamente de la articulación.

Figura 1
Datos correspondientes al puesto 1 con apoyo de libros

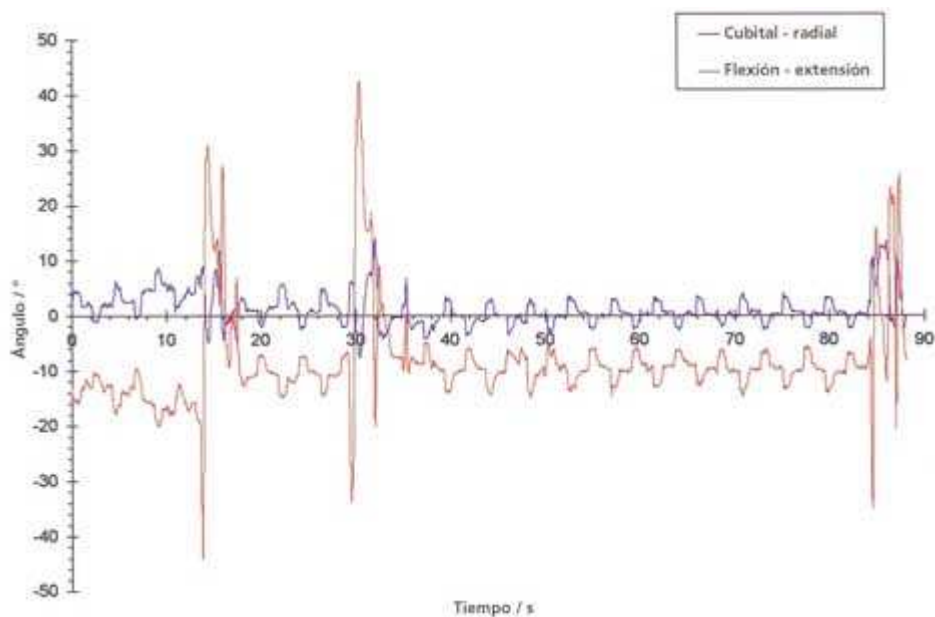


Tabla 1
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	1,06	2,90
	°/s	4,86	7,05
	°/s ²	21,84	20,92
Flexión-extensión	°	-8,55	8,45
	°/s	10,56	17,39
	°/s ²	54,73	78,49

- **Sin apoyo de libros**

En la figura 2 y en la tabla 2 se recogen los datos obtenidos al realizar el trabajador las tareas habituales pero sin utilizar el apoyo de los brazos en los libros.

Figura 2
Datos correspondientes al puesto 1 sin apoyo de libros

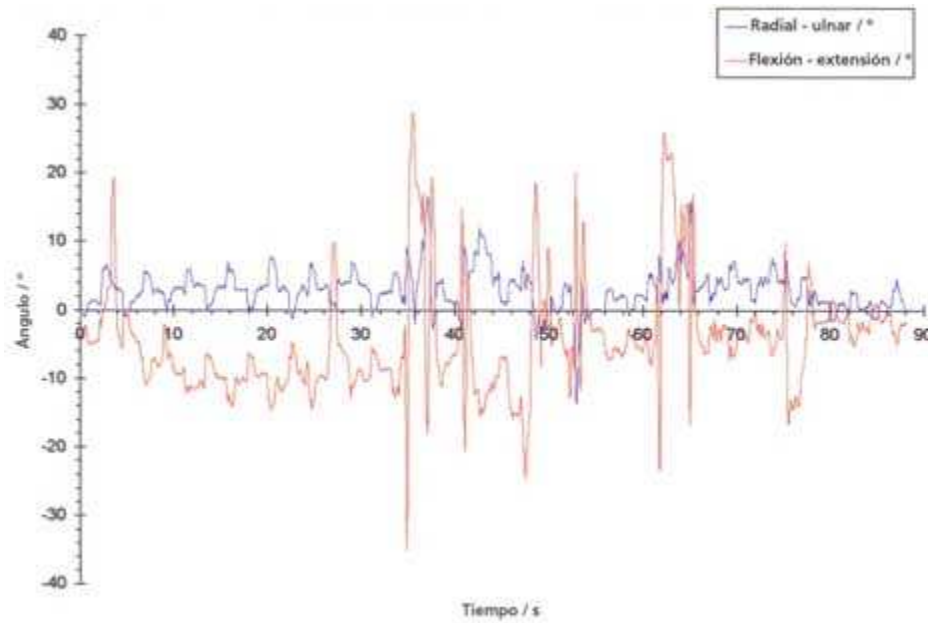


Tabla 2
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Datos	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	2,94	2,87
	°/s	5,35	8,16
	°/s ²	30,12	35,95
Flexión-extensión	°	-4,58	7,86
	°/s	13,29	18,87
	°/s ²	84,45	113,87

- **Puesto 2**

En este puesto de trabajo, el modelo de microscopio empleado es diferente al del puesto de trabajo anterior. Además, ahora se utiliza como apoyo un cojín para cada uno de los brazos. Al igual que en el puesto anterior los valores positivos de la curva flexión - extensión, indican la realización de una flexión de la muñeca, mientras que valores negativos indican extensión. Los valores positivos

de la curva radial - cubital indican desviación cubital, mientras que los valores negativos indican desviación radial.

- **Con apoyo de cojines**

En la figura 3 se muestran las mediciones realizadas para la muñeca derecha. Al igual que en el caso anterior, los 5 picos son debidos al movimiento realizado en el cambio de objetivo del microscopio, así como al ajuste de la muestra en el portaplaquetas.

Los datos de posición, velocidad y aceleración correspondientes a la figura 3 se muestran en la tabla 3.

Figura 3
Datos correspondientes al puesto 2 con apoyo de cojines

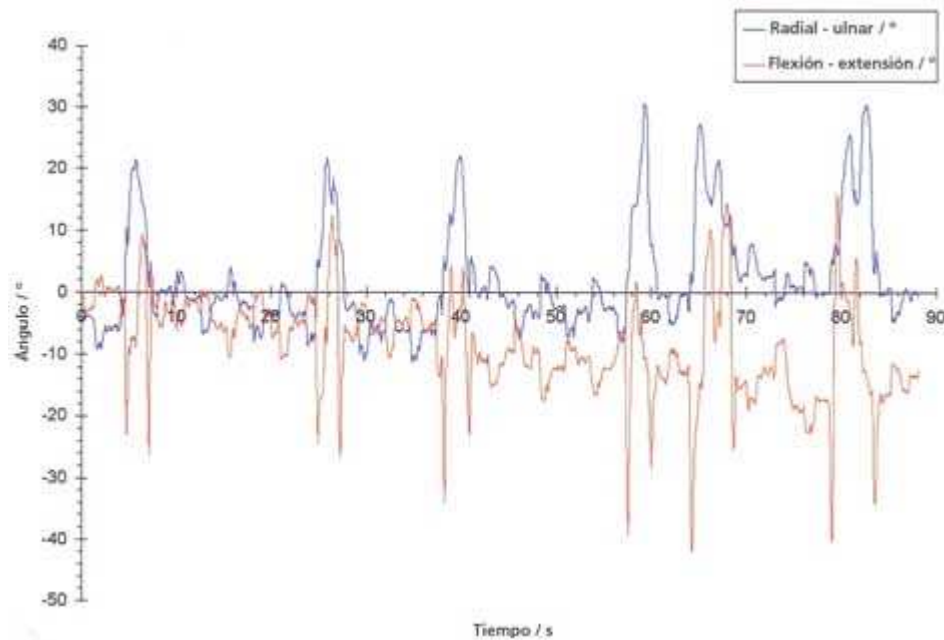


Tabla 3
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	2,01	8,60
	°/s	8,12	11,79
	°/s ²	37,63	34,19
Flexión-extensión	°	-8,50	7,84
	°/s	13,52	17,83
	°/s ²	83,98	99,13

- **Sin apoyo de cojines**

Las mediciones se representan gráficamente en la figura 4, y las velocidades y aceleraciones en la tabla 4.

Figura 4
Datos correspondientes al puesto 2 sin apoyo de cojines

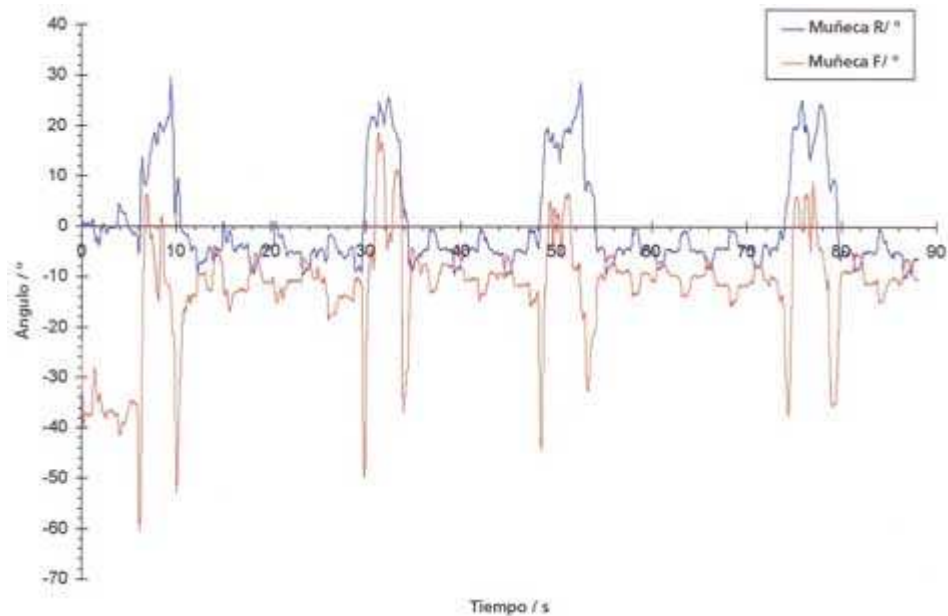


Tabla 4
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	0,38	9,50
	°/s	7,31	10,97
	°/s ²	39,30	39,64
Flexión-extensión	°	-11,91	10,34
	°/s	13,21	19,57
	°/s ²	74,47	99,09

- **Puesto 3**

Este puesto de trabajo difiere del resto de los estudiados. En este caso, el microscopio empleado tiene incorporado unos alerones laterales de tal forma que ofrecen un apoyo similar al proporcionado por los libros o cojines en los puestos anteriores. Los alerones están fijos en la estructura del microscopio y, por lo tanto, no fue posible medir las desviaciones de la muñeca sin el uso de dichos soportes.

Se decidió realizar la medición en dos tareas diferentes. La primera tarea corresponde al uso del microscopio (igual que en los casos anteriores) mientras

que la segunda corresponde a la entrada de datos, para la realización del diagnóstico, en el ordenador.

Las medidas se refieren a la muñeca derecha, ya que es la que realiza la introducción de datos en el ordenador.

- **Microscopio**

Los datos registrados correspondientes a esta tarea se recogen en la figura 5, mientras que la tabla 5 muestra las velocidades y aceleraciones correspondientes.

Figura 5
Datos correspondientes al puesto 3 en tareas de microscopio

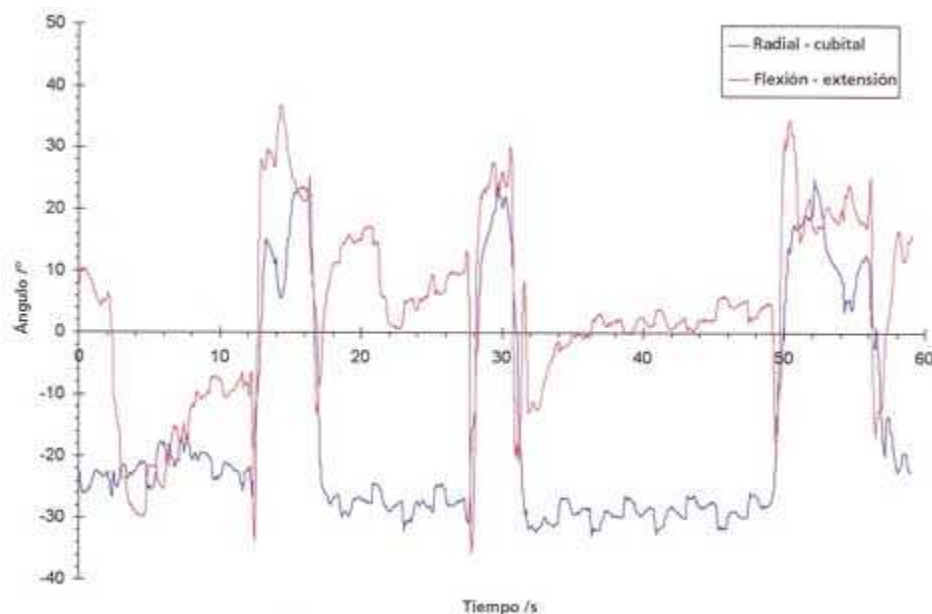


Tabla 5
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	0,38	9,50
	°/s	7,31	10,97
	°/s ²	39,30	39,64
Flexión-extensión	°	-11,91	10,34
	°/s	13,21	19,57
	°/s ²	74,47	99,09

- **Ordenador**

La representación gráfica y los datos se recogen en la figura 6 y en la tabla 6 respectivamente.

Figura 6
Datos correspondientes al puesto 3 en tareas de ordenador

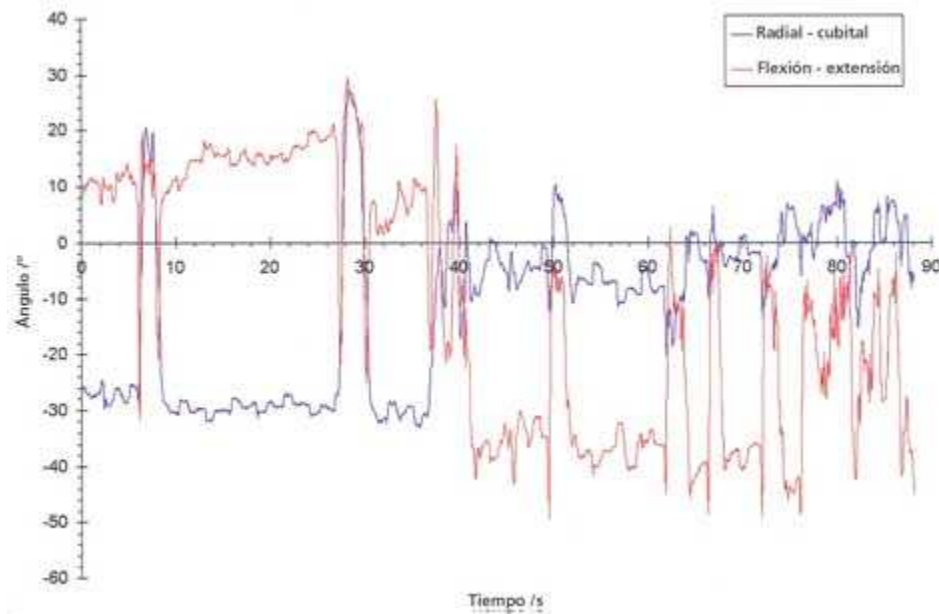


Tabla 6
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	-10,13	12,91
	°/s	8,32	13,49
	°/s ²	33,98	36,54
Flexión-extensión	°	-17,27	22,94
	°/s	15,28	19,81
	°/s ²	72,34	86,43

Citotécnicos

- **Puesto 4**

En este puesto de trabajo, a diferencia de los primeros puestos analizados, no existe ningún tipo de apoyo de los brazos. En este caso se optó por realizar una medición de las dos muñecas y comprobar si existían diferencias significativas en uno u otro caso (Ver figuras 4, 5 y 6).

- **Muñeca derecha**

Los datos correspondientes a la muñeca derecha se muestran en la figura 7 y las velocidades y aceleraciones en la tabla 7.

Figura 7
Datos correspondientes al puesto 4 (muñeca derecha)

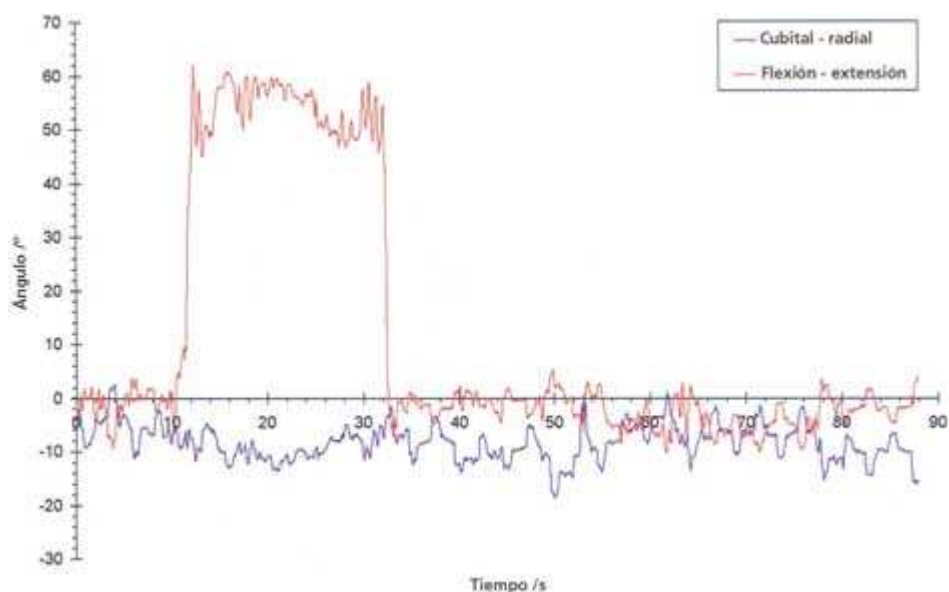


Tabla 7
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	-8,27	3,26
	°/s	4,80	6,26
	°/s ²	24,24	19,29
Flexión-extensión	°	11,37	24,32
	°/s	7,56	11,06
	°/s ²	45,10	56,22

○ **Muñeca izquierda**

La figura 8 y la tabla 8 recogen los datos correspondientes a la muñeca derecha.

Debe tenerse presente que, a diferencia del resto de datos, la figura 8 se refiere a la muñeca izquierda. Esto significa que ahora, los valores positivos de la curva cubital - radial se refieren a una desviación radial mientras que los valores negativos se refieren a una desviación cubital.

Figura 8
Datos correspondientes al puesto 4 (muñeca izquierda)

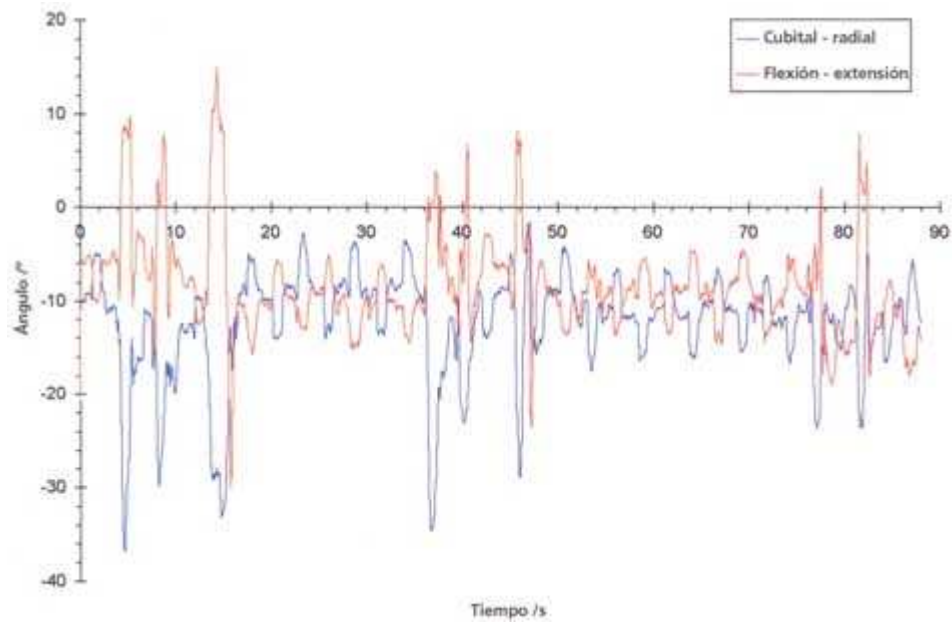


Tabla 8
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est.
Cubital-radial	°	-12,46	5,58
	°/s	8,10	12,21
	°/s ²	39,16	40,13
Flexión-extensión	°	-8,41	5,19
	°/s	8,54	10,29
	°/s ²	49,69	57,21

- **Puesto 5**

En este puesto de trabajo, se midieron las desviaciones de la muñeca derecha. En esta ocasión el trabajador utilizaba un apoyo físico del brazo, en concreto una goma de borrar (como alternativa a los libros y cojines utilizados en los puestos 1 y 2 respectivamente), con la finalidad de apoyar y levantar el brazo.

- **Con apoyo**

Los datos se representan en la figura 9 y se recogen en la tabla 9.

Figura 9
Datos correspondientes al puesto 5 con apoyo

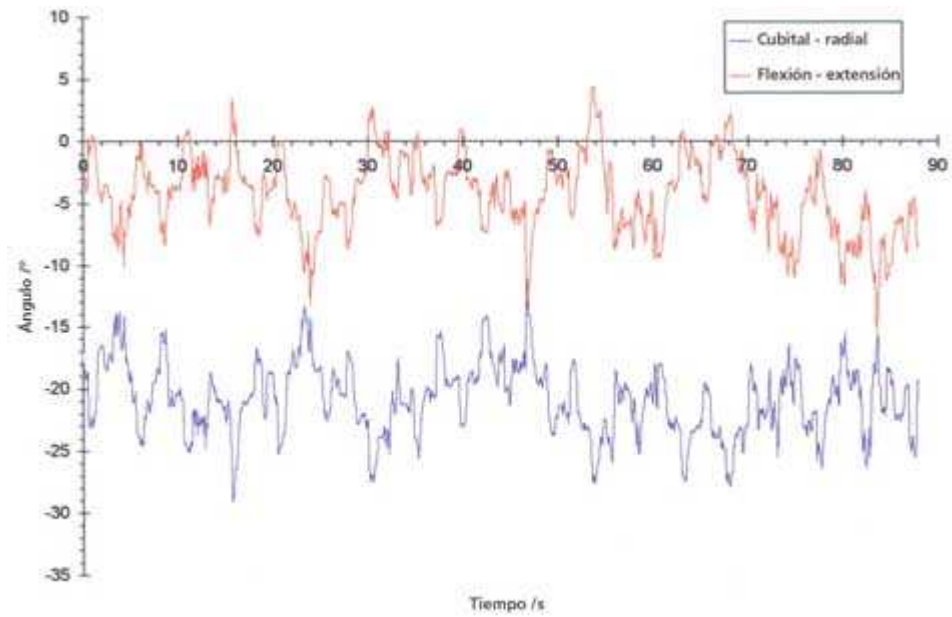


Tabla 9
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est
Cubital-radial	°	-20,80	2,84
	°/s	4,69	5,83
	°/s ²	21,66	16,21
Flexión-extensión	°	-4,30	3,11
	°/s	4,53	3,44
	°/s ²	21,48	17,03

○ **Sin apoyo**

Los datos se recogen en la figura 10 y en la tabla 10.

Figura 10
Datos correspondientes al puesto 5 sin apoyo

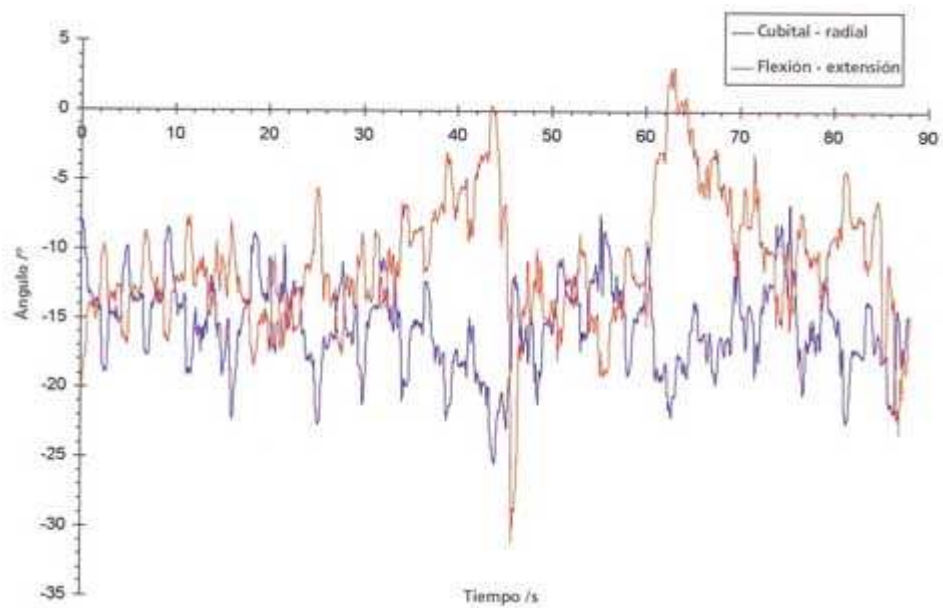


Tabla 10
Datos de posición (°), velocidad (°/s) y aceleración (°/s²)

	Unidades	Media	Desv. Est
Cubital-radial	°	-15,62	3,08
	°/s	5,08	6,43
	°/s ²	24,08	19,46
Flexión-extensión	°	-10,72	4,62
	°/s	5,38	4,95
	°/s ²	25,40	22,45

Conclusiones

En este apartado se recogen las conclusiones correspondientes a los puestos de anatomía patológica y citotécnicos.

- **Anatomía patológica**

Se presentan a continuación las conclusiones que se derivan de los resultados de los puestos uno, dos y tres y que son los siguientes:

- **Puesto 1**

Tras el análisis estadístico de los datos se observa que:

Existen diferencias muy significativas entre la desviación cubital (muñeca derecha) cuando se utilizan libros como apoyo y cuando no se utilizan libros como apoyo.

El empleo de libros para apoyar los brazos resulta en una menor desviación radial de la muñeca, pero no modifica los movimientos que dicha muñeca debe realizar.

No se observan diferencias significativas en lo que se refiere a la velocidad cubital, entre el empleo o no de libros de apoyo. Mientras que sí existen diferencias significativas en la aceleración.

En cuanto a la flexión - extensión se puede concluir que la extensión de la muñeca con apoyo de libros es mayor que sin el apoyo de libros, mientras que no existen diferencias significativas en los movimientos realizados en ambas situaciones. Asimismo, no existen diferencias significativas entre las velocidades de extensión pero sí entre las aceleraciones.

○ **Puesto 2**

El análisis estadístico muestra que el empleo de cojines en este caso resulta en una mayor desviación cubital que en el caso de no utilizarlos. Por el contrario, no existen diferencias en cuanto a la velocidad ni en cuanto a la aceleración cubital (Figura 11).

Respecto a la flexión - extensión, el empleo de cojines resulta en una mayor extensión de la muñeca derecha. Sin embargo, el empleo de cojines no influye de forma significativa ni en la velocidad ni en la aceleración de la muñeca.

Figura 11
Microscopio con apoyo de cojines



- **Puesto 3**

En este caso, la comparativa de resultados no tiene el mismo sentido que en los puestos de trabajo anteriores ya que las tareas realizadas son distintas. Ahora, lo que debe analizarse son las distintas actividades y no el efecto de una modificación del puesto de trabajo para una tarea en particular (que es lo que pasa en los casos anteriores). Hay que tener en cuenta que, a pesar que la alternancia de dos puestos distintos suele ser beneficiosa, en este caso, los dos tipos de tarea suponen un esfuerzo muscular importante para la extremidad superior, es decir, en este caso la alternancia de ambas tareas supone un sobreesfuerzo y no una recuperación de la fatiga muscular (Figura 12).

El trabajo en el microscopio presenta una desviación radial significativamente mayor que el trabajo de entrada de datos. Pasa exactamente lo mismo con la aceleración radial, aunque la velocidad no es significativamente diferente en ambas situaciones.

En las tareas de microscopio, se detecta la existencia de flexión mientras que en el trabajo con el ordenador, hay extensión de la muñeca. Aunque las velocidades no son significativamente diferentes, la aceleración en las tareas de microscopio son mayores que en el otro caso.

Figura 12
Microscopio con apoyo de alerones



- **Citotécnicos**

Se presentan a continuación las conclusiones que se derivan de los resultados de los puestos cuatro y cinco y que son los siguientes:

- **Puesto 4**

Se observó que en este puesto de trabajo se adoptaban dos posiciones claramente diferenciadas de la muñeca derecha, de tal forma que se alternaban las dos posiciones de forma continua. Se puede observar que

en una de las posiciones no existe flexión - extensión mientras que en la otra posición se producía una flexión de, aproximadamente, 55°. (Figura 13).

Por el contrario, la muñeca izquierda no presenta unas desviaciones tan exageradas. Esto se debe al hecho de que esta mano era la encargada de hacer el cambio de objetivos del microscopio. Como consecuencia las variaciones más importantes son las correspondientes a la desviación radial de la muñeca. Se observa que existen 3 momentos en el tiempo en los que realizan cambios de objetivos y corresponden a los picos tanto de la curva cubital - radial como a la curva flexión - extensión.

Figura 13
Microscopio sin apoyo



○ **Puesto 5**

Estadísticamente se demuestra que al emplear el apoyo, se produce una mayor desviación radial de la muñeca de trabajo, mientras que no existen diferencias significativas ni en la velocidad ni en la aceleración.

Por otro lado, al apoyar el brazo se produce una extensión que es menor que la que se da cuando se realizan las tareas sin apoyo ninguno. Por lo que respecta a las velocidades y aceleraciones, ambas son significativamente mayores cuando no se utiliza ningún apoyo.

Recomendaciones generales

Como recomendaciones generales que pueden adoptarse en este tipo de tareas para mejorar las condiciones de trabajo y especialmente en los aspectos relacionados con la carga postural podrían señalarse las siguientes:

Adquisición de microscopios que cuenten con dispositivos micro-macro más bajos, que estén situados en ambos lados del microscopio y que dispongan de apoyabrazos incorporados.

Utilizar apoyos para las muñecas que permitan no sólo el descanso de la extremidad superior sino también mantener el segmento mano-muñeca en posición neutra, es decir sin desviaciones cubital - radial ni en flexión - extensión.

Mantener la silla siempre en posición frontal al área de trabajo que se está utilizando, evitando las torsiones de tronco. Ajustar la altura de la silla par evitar la extensión de cuello.

Utilizar el dispositivo macro-micro y la platina de los microscopios con ambas manos a fin de distribuir la fuerza muscular al utilizar estos dispositivos.

Cuando se realicen trabajos con PVD, utilizar ambas manos para escribir los informes y documentos, evitando teclear siempre con la misma mano. En los puestos de utilización de PVD es de aplicación el RD 488/1997 de 14 de abril sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo que incluye pantallas de visualización. (Figura 14).

Situar los utensilios de trabajo en el plano frontal, evitando tener que realizar alcances verticales levantándose del asiento.

Bajar el plano de trabajo en los laboratorios para hacer las tareas en posición sentado, manteniendo los pies apoyados en el suelo.

Proporcionar la formación e información adecuada a los trabajadores relativa a higiene postural y a los posibles riesgos derivados de su trabajo.

Organizar las tareas con antelación y no dejar su ejecución a la improvisación del momento, contando para ello con todas las personas implicadas.

Figura 14
Laboratorio. Trabajo sin microscopio



Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Joaquín Pérez del Centro Nacional de Condiciones de Trabajo de Barcelona por su inestimable ayuda.

Bibliografía

- Aptel, M., Gerling, A., Cail, E, 2000. Méthode de prévention. Généralités et principes. Documents pour le médecin du travail, 83, 187-194.
- Aptel, M., Lahaye, S., Gerling, A., 2000. Un outil d'évaluation des facteurs de risque biomécaniques: OREGÉ (Outil de Repérage et d'Evaluation des Gestes). Documents pour le médecin du travail, 83, 217-223.
- Biometrics Ltd, 1999. Goniometer and torsionmeter operating manual. Biometrics Ltd, pp. 1-25.
- Byström, J. U., Hansson, G. A., Rylander, L., Ohlsson, K., Källrot, G., Skerfving, S., 2002. Physical workload on neck and upper limb using two CAD applications. Applied Ergonomics, 33, 63-74.
- Carmona, A., 2001. Datos antropométricos de la población laboral española. Informe de resultados. Prevención, trabajo y salud, 14, 22-35.
- Colombini, D., Delleman, N., Fallentin, N., Kilbom, A., Grieco, A., 2001. Exposure Assessment of upper limb repetitive movements: a consensus document. International Encyclopedia of Ergonomics and human factors vol I, 52-67, Taylor and Francis, London
- Hansson, G.-A., Balogh, I., Ohlsson, K., Palson, B., Rylander, L., Skerfving, S., 1996. Goniometer measurement and computer analysis of wrist angles and movements applied to occupational repetitive work. J Electromyogr. Kinesiol, 6, 23-35
- Hansson, G.-A., Balogh, L, Ohlsson, K., Palson, B., Rylander, L., Skerfving, S., 2000. Impact of physical exposure on neck and upper limb disorders in female workers. Applied Ergonomics, 31, 301-310
- Horikawa, M., 2001. Effect of visual display terminal height on the trapezius muscle hardness: quantitative evaluation by a newly developed muscle hardness meter. Applied Ergonomics, 32, 473-478
- ISO 11226. Ergonomics. Evaluation of working postures (committee draft). International Organization for Standardization, 1995, pp. 1-16
- ISO 7250. Ergonomics. Basic human body measurements for technological design, 1996, 1-21
- Jansen, J. P, Burdorf, A., Steyerberg, E., 2001. A novel approach for evaluating level, frequency and duration of lumbar posture simultaneously during work Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 27 (6), 373-380
- Juul-Kristensen, B., Hansson, G-A, Fallentin, N., Andersen, J. H., Ekdahl, C., 2001. Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements. Applied Ergonomics, 32, 517-524
- Nogareda, S., Álvarez, A., 2002. Carga postural: técnica goniométrica. INSHT, Barcelona.
- Paquet, V L., Punnett, L., Buchholz, B., 2001. Validity of fixed-interval observations for postural assessment in construction work Applied Ergonomics, 32, 215-224
- Radwin, R. G., Lin, M. L., Yen, T. Y, 1994. Exposure assessment of biomechanical stress in repetitive manual work using frequency-weighted filters. Ergonomics, 37 (12), 1984-1998.