

## Estudio ergonómico del cirujano durante la colecistectomía por vía abierta y laparoscópica

Lourdes Sanz<sup>a</sup>, Juan J. González<sup>b</sup>, Francisco Navarrete<sup>c</sup> y Enrique Martínez<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Doctora en Medicina y Cirugía. <sup>b</sup>Profesor titular de Cirugía. Facultad de Medicina. <sup>c</sup>Catedrático de Enfermería Médico-Quirúrgica. Escuela Universitaria de Enfermería. <sup>d</sup>Catedrático de Cirugía. Facultad de Medicina. Servicio de Cirugía General I. Hospital Central de Asturias. Universidad de Oviedo.

### Resumen

**Introducción.** La ingeniería del factor humano (la ergonomía) ha investigado muy poco el trabajo quirúrgico. Nuestro objetivo es determinar la carga postural de la colecistectomía laparoscópica y compararla con la abierta, para establecer el nivel de riesgo de lesión musculosquelética y buscar soluciones ergonómicas que mejoren la comodidad del cirujano y la eficacia del acto quirúrgico.

**Material y método.** Se recogieron datos sobre 16 intervenciones quirúrgicas (11 laparoscópicas y 5 abiertas) aplicando el método OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) y se compararon ambas técnicas quirúrgicas respecto a la carga estática.

**Resultados.** Encontramos diferencias importantes entre la colecistectomía laparoscópica y la abierta respecto a la posición de los brazos ( $p < 0,001$ ), piernas ( $p < 0,001$ ) y cabeza ( $p < 0,001$ ). En la colecistectomía laparoscópica se mantiene una postura más erguida, con sobrecarga de la cintura escapular, y en la técnica abierta hay una flexión casi permanente cervical. Los niveles de riesgo de lesión asociados a estas posturas sobrepasan los ideales, precisando corrección ergonómica.

**Conclusiones.** Ambas técnicas de colecistectomía comportan un nivel de riesgo de lesión musculosquelética más que moderado. La aplicación de criterios ergonómicos derivados del mundo industrial en el diseño del instrumental quirúrgico y del quirófano pueden mejorar la comodidad del cirujano y, por tanto, la eficacia de su trabajo.

**Palabras clave:** Colecistectomía. Ergonomía. Carga postural.

### ERGONOMIC STUDY OF THE SURGEON DURING OPEN AND LAPAROSCOPIC CHOLECYSTECTOMY

**Introduction and aims.** Very little ergonomic or human factor engineering research has been performed on the musculoskeletal loads experienced by surgeons. The aim of the present study was to determine physical work load during open and laparoscopic cholecystectomy, in order to establish the risk level of musculoskeletal disorders and to look for ergonomic solutions.

**Material and method.** We collected data from 16 cholecystectomies (11 laparoscopic, 5 open) by applying the OWAS method (Ovako Working Posture Analysis System). The postural load of the two techniques were compared.

**Results.** We found considerable differences between open and laparoscopic cholecystectomy in arm ( $p < 0,001$ ), leg ( $p < 0,001$ ) and head position ( $p < 0,001$ ). In laparoscopic cholecystectomy, the posture is upright with overload of the scapular belt, while in the open technique the neck and back are almost permanently bent. Risk levels associated with these work postures are above recommended levels and require ergonomic correction.

**Conclusions.** Both open and laparoscopic cholecystectomy carry a greater than moderate risk of musculoskeletal disorders. The application of ergonomic criteria derived from industry in the design of surgical instruments and operating rooms could improve surgeons' comfort and hence the efficacy of the surgical act.

**Key words:** Cholecystectomy. Ergonomics. Postural load.

### Introducción

La ingeniería del factor humano –la ergonomía– investiga los procesos físicos y mentales que desarrollan los trabajadores en distintos ambientes laborales. Este conocimiento se ha usado satisfactoriamente para mejorar las condiciones de trabajo, reducir la siniestralidad y disminuir los costes en la industria. Sin embargo, en el medio

Correspondencia: Dra. L. Sanz Álvarez.  
Avda. del Mar, 82, 4.º C. 33011 Oviedo.  
Correo electrónico: lousanz@hotmail.com

Aceptado para su publicación en febrero de 2002.

sanitario apenas se ha realizado este análisis científico de la actividad laboral. En lo que a nosotros atañe, el trabajo del cirujano tiene muchas similitudes físicas y mentales con labores militares o de la industria de precisión, y se realiza en un ambiente muy especializado cuyo diseño es importante para el desarrollo de la tarea quirúrgica, por lo que sería muy interesante el conocimiento profundo del trabajo desde el punto de vista ergonómico.

Cuando se analiza la actividad laboral del cirujano, suelen primar los aspectos relacionados con la carga mental sobre los aspectos físicos, a pesar de estar recogida expresamente como una de las que debería ser vigilada para la aplicación de protocolos de manejo manual de cargas y posturas forzadas<sup>1</sup>. Sin embargo, hasta los últimos años de la década de los ochenta, con la introducción de las técnicas de videoendoscopia, el interés por la ergonomía del trabajo quirúrgico fue muy limitado<sup>2</sup>.

La consecuencia de las posturas de trabajo inadecuadas son los problemas musculosqueléticos, de aparición lenta y carácter inofensivo en apariencia, por lo que se ignoran hasta que el daño se hace crónico. Las posturas estáticas de trabajo son posiciones isométricas, en las que ocurre muy poco movimiento, y que causan sobrecarga muscular. Se producen en todos los trabajos que requieren pasar tiempos prolongados de pie o sentado, y tienen influencia probada en el desarrollo de problemas lumbares y cervicobraquiales.

La colecistectomía laparoscópica (CL) es la técnica de elección en el tratamiento de la litiasis biliar y se estima que en el año 2005 el 90% de las colecistectomías se realizarán por esta vía<sup>3</sup>. Aparecen nuevas herramientas de trabajo relacionadas con el carácter cerrado de la técnica, cuyos sistemas de agarre permiten poca libertad de movimientos, no se percibe sensación táctil y la transmisión de fuerza es pobre<sup>2</sup>. Además, no existe visión directa sino una visión monocular de baja resolución. Todo ello obliga a mantener una postura muy estática. Por el contrario, la cirugía abierta se caracteriza por la posición inclinada de la cabeza y la espalda, para poder visualizar bien el campo quirúrgico<sup>4</sup>.

Con este trabajo pretendemos determinar y comparar la carga postural de la colecistectomía tanto por laparoscopía como por laparotomía con la intención de buscar soluciones ergonómicas si el nivel de riesgo lesional detectado es elevado.

## Material y método

Se recogieron datos sobre 16 intervenciones quirúrgicas: 11 CL realizadas según la técnica francesa y 5 colecistectomías abiertas (CA), todas ellas por colelitiasis simple. La experiencia de los cirujanos que realizaron las intervenciones era superior a los 50 casos.

Las características de las intervenciones se recogen en la tabla 1. El análisis se realizó sobre el tiempo operatorio. Se observaron, por tanto, 499 min de CL y 317 de CA. No hemos tenido en cuenta los tiempos de lavado, vestimenta estéril y colocación del campo quirúrgico, porque todos ellos son tiempos dinámicos, que no generan carga postural.

Aplicamos el método OWAS<sup>5</sup> (Ovako Working posture Analysis System), desarrollado en la empresa Ovako Oy Steel Co. en Finlandia, el cual describe la carga estática del sistema musculosquelético debido a las (malas) posturas usando categorías de riesgo de lesión. Este método se basa en la observación a intervalos regulares del trabajador (en nuestro caso se tomaron intervalos de 1 min<sup>4</sup>), con lo que los datos re-

TABLA 1. Características de las intervenciones quirúrgicas

	CL	CA	p
N.º de intervenciones	11	5	
Tiempo total (min)	723	401	0,82
Tiempo operatorio (min)	499	317	0,83
Tiempo de preparación (min)	224	84	0,05
N.º de cirujanos	4	3	
Duración media ± DE (min)	60 ± 13	63 ± 7	
Intervalo (min)	43-82	52-73	

CL: colecistectomía laparoscópica; CA: colecistectomía abierta; DE: desviación estándar; tiempo operatorio: desde la primera incisión hasta el último punto de piel; tiempo de preparación: colocación del campo quirúrgico; tiempo total: tiempo de preparación + tiempo operatorio.

TABLA 2. Descripción de los ítems del método OWAS

Espalda	1. Derecha 2. Inclinada hacia adelante o atrás 3. Girada o inclinada lateralmente 4. Inclinada y girada o inclinada hacia adelante y de lado a vez
Brazos	1. Brazos bajo el nivel de los hombros, hombros erguidos 2. Uno a nivel o por encima de la altura del hombro 3. Los dos a nivel o por encima 4. Un brazo o ambos lejos del cuerpo y por debajo del nivel de los hombros
Piernas	1. Sentado 2. De pie sobre ambas piernas rectas 3. De pie sobre una pierna recta 4. De pie sobre las dos piernas, con las rodillas flexionadas 5. De pie sobre una pierna flexionada 6. De rodillas 7. Caminando
Cabeza	1. Recta 2. Inclinada hacia adelante 3. Ladeada 4. Hiperextendida 5. Girada 6. Inclinada y girada

cogidos en un número pequeño de intervenciones (16, en nuestro caso) reflejan lo que ocurre realmente desde el punto de vista de la carga postural durante una intervención por colelitiasis simple, ya que es una cirugía muy reglada y, por tanto, con escasa variabilidad entre una intervención y otra. Se sistematizan las posturas de trabajo con 4 dígitos que representan, respectivamente, la posición de la espalda, los brazos, las piernas y la cabeza (tabla 2). Así, el código 1121 representa: 1 = espalda recta, 1 = brazos por debajo del nivel de los hombros, 2 = de pie sobre ambas piernas y 1 = cabeza erguida.

Usando este método, todas las posturas de las partes del cuerpo se calculan como un porcentaje del número total de observaciones, lo cual representa el porcentaje del tiempo estudiado en que se mantiene esa postura. Según su penosidad se clasifican en una de las 4 categorías de riesgo de producir una lesión musculosquelética y, por consiguiente, de que exista necesidad de desarrollar y aplicar medidas correctoras (tabla 3).

Calculamos también el índice locomotor (L)<sup>6</sup> mediante la siguiente fórmula:  $L = 1 \times B + 2 \times G + 3 \times R + 4 \times W$ , siendo B, G, R y W los porcentajes de posturas de las categorías 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Un índice de 100 representa la situación ideal, de total comodidad ergonómica, con todas las posturas de categoría 1, es decir, sin ningún riesgo de lesión musculosquelética. Valores superiores a 100 se obtienen cuando se adoptan posturas de clase 2 a 4, más penosas.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences), aplicando para la comparación de las variables posturales de cada parte del cuerpo (espalda, brazos, piernas y cabeza) entre las dos técnicas quirúrgicas el test de la  $\chi^2$ . La significación fue tomada al nivel de  $p < 0,05$ .

**TABLA 3. Niveles de riesgo de lesión musculosquelética según la clase de postura adoptada**

- Posturas que se consideran normales, sin riesgo de lesiones musculosqueléticas y en las que no es necesaria ninguna acción
- Posturas con ligero riesgo de lesión musculosquelética sobre las que se precisa una modificación, aunque no inmediata
- Posturas de trabajo con riesgo alto de lesión. Se debe modificar el método tan pronto como sea posible
- Posturas con riesgo extremo de lesión musculosquelética. Deben tomarse medidas correctoras inmediatamente

**TABLA 4. Codificación de las posturas observadas según el método OWAS**

Postura	CL		CA	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje
1121	14	2,8		
1122			114	36,0
1123			10	3,2
1125	187	37,5		
1131	20	4,0		
1135	93	18,6		
1422			64	20,2
1425	39	7,8	20	6,3
1435	15	3,0		
2122			8	2,5
2125	26	5,2		
2135	19	3,8		
2422			49	15,5
2425	22	4,4		
2435	9	1,8		
3125	16	3,2		
3135	22	4,4		
3422			26	8,2
3425			7	2,2
4422			11	3,5
4425	17	3,4	8	2,5
Total	499		317	

Los dígitos de los códigos se explican en la tabla 2.

## Resultados

Se recogieron 13 posturas diferentes en CL, sobre un total de 499 observaciones. En la CA, se repetían 10 posturas diferentes a lo largo de 317 observaciones (tabla 4).

La espalda se mantenía erguida correctamente en el 73,7% (n = 368) de la CL y el 65,6% (n = 208) de la CA, aunque en esta última son más frecuentes la inclinación y los giros del tronco que en la cirugía laparoscópicailiar. Estas diferencias no son, sin embargo, significativas ( $p = 0,06$ ).

En la CA, las extremidades superiores se mantienen por debajo del nivel de los hombros, separadas del cuerpo e incluso se pueden apoyar sobre el campo quirúrgico, a diferencia de las posturas braquiales predominantes en CL ( $p < 0,001$ ).

Existen importantes diferencias entre la CL y la CA respecto a la posición de las piernas ( $p < 0,001$ ), ya que en la cirugía abierta el peso del cuerpo recae sobre ambas piernas rectas, mientras que en la CL, aunque el 64,3% (n = 321) de los apoyos se realicen sobre las dos piernas rectas, existe un porcentaje no despreciable, del

35,7% (n = 178), en que el apoyo se realiza sobre una pierna únicamente; esto es así por la necesidad de utilizar el pie para pulsar el pedal del bisturí eléctrico y perder por tanto el apoyo sobre esa extremidad.

Muy raramente la postura de la cabeza del cirujano es libre cuando está operando: en la cirugía laparoscópica suele estar girada, normalmente hacia la izquierda, que es el lugar donde se coloca el monitor de vídeo. En la CA, la cabeza se encuentra inclinada hacia abajo, y girada también en muchos casos. Estas diferencias en la postura cefálica son estadísticamente muy significativas ( $p < 0,001$ ).

Se consideran posturas de riesgo las siguientes: para la espalda, el mantenerla inclinada y girada representa un nivel de riesgo 2; la posición de pie sobre una pierna es asimismo un nivel 2, igual que la postura de las extremidades superiores que mantiene los hombros elevados. La posición de flexión cervical se considera de nivel 3.

En nuestras observaciones existe un elevado porcentaje de posturas de categoría 2 para la CL (87,8%; n = 438) y casi la mitad de posturas de categoría 3 para la CA (49,8%; n = 158). Estos dos niveles de riesgo de lesión precisan actitudes correctoras.

Calculamos el índice locomotor o de bienestar ergonómico:

$$\text{Índice locomotor para CL} = 1 \times (\%) \text{ posturas clase 1} = 12,2 + 2 \times (\%) \text{ posturas clase 2} = 87,8 = 187,8.$$

$$\text{Índice locomotor para CA} = 1 \times (\%) \text{ posturas clase 1} = 44,5 + 2 \times (\%) \text{ posturas clase 2} = 5,7 + 3 \times (\%) \text{ posturas clase 3} = 49,8 = 205,3.$$

Los valores resultantes son de 187,8 para la CL y de 205,3 para la CA, los cuales ciertamente están alejados del ideal de 100 y reflejan una penosidad moderada.

## Discusión

La mayoría de las investigaciones sobre salud laboral en el ámbito del hospital se refieren a la exposición a agentes biológicos o químicos, exclusivos del medio hospitalario, aunque el trabajo del personal sanitario se asocia a un estrés físico importante, con múltiples quejas sobre molestias musculosqueléticas y datos que aseveran que un 25% de los trabajadores hospitalarios sufre lesiones lumbares<sup>7</sup>, cuya causa principal es la manipulación de los pacientes<sup>8</sup> que sobrepasa con mucho los niveles de carga permitidos por la ley. Ésta no es la única circunstancia en la que se produce la sobrecarga, y tampoco depende de la categoría profesional, ya que existen distintos trabajos que analizan la carga física del personal de enfermería con resultados diferentes<sup>8-10</sup> porque las molestias no se explican solamente por las posturas, y lo que se necesita es un enfoque integral de la actividad laboral. Tanto la carga física como factores psicosociales influyen en el desarrollo de problemas musculosqueléticos. Por otra parte, existen diversos estudios sobre consumo energético<sup>11</sup> y actividad cardíaca<sup>12</sup> en los cirujanos mientras desarrollan su trabajo, con una evidencia sustancial de que los cirujanos experimentan estrés cardiovascular, cuya magnitud excede el trabajo físico desarrollado (consumo de O<sub>2</sub>), por lo que se atribuye a la carga mental necesaria para realizar la cirugía.

Hay pocos estudios sobre carga estática en personal hospitalario distinto del de enfermería, aun sabiendo que en el quirófano existe mucha carga postural, y que es durante la cirugía donde se produce más del 80% de las malas posturas<sup>4</sup>.

La adopción del método OWAS se debe a que resulta muy válido para determinar la carga postural, ya que cualquier postura puede ser descrita por él, y existen varios ensayos que lo avalan para el estudio de trabajadores hospitalarios<sup>4,9</sup>, e incluso sus ítems se utilizan para realizar encuestas encaminadas a conocer la carga física<sup>13</sup>.

Hemos detectado importantes diferencias entre la cirugía laparoscópica y la abierta, ya mencionadas en trabajos previos<sup>14,15</sup>.

Aunque en un porcentaje superior al 25% la espalda de los cirujanos no se encuentra recta, las cargas manejadas en esta cirugía biliar son pequeñas, por lo cual la fuerza aplicada en la región lumbar no llega a ser suficiente para producir lesiones, al menos como etiología única.

La posición de las piernas es llamativamente incómoda en la cirugía laparoscópica: un 35% del tiempo quirúrgico se permanece en pie apoyado en una sola pierna. Esto no es totalmente cierto, ya que la maniobra quirúrgica que requiere esta postura es la disección con el electrocoagulador y, mientras se presiona el pedal con el antepié, el talón puede descansar en el suelo, aunque sin soportar la mitad del peso corporal que le correspondería.

La solución ergonómica pasa por desarrollar instrumental quirúrgico laparoscópico que incorpore un botón de electrocoagulación en el sistema de agarre del disector, como existe en la cirugía abierta, y eliminar así el incómodo pedal. Otra posibilidad sería la utilización de un modelo de silla operatoria que incorpora en su base los pedales de coagulación y aspiración<sup>16</sup>.

En la cirugía laparoscópica la posición que se adopta, con los hombros erguidos y los brazos en tensión, crea una serie de fuerzas en la región cervicobraquial que hacen que un porcentaje no despreciable de los cirujanos (del 8 al 12%) experimente molestias en el cuello y los brazos tras las intervenciones<sup>17</sup>. Estas molestias están relacionadas con la pobre transmisión de fuerza que existe en la cirugía endoscópica, ya que el material permite muy pocas variaciones en la prensión y variación postural. Una manera de corregir, al menos en parte, este problema es bajando la altura de la mesa, para dejar de mantener los hombros y la columna cervical tan rígidos<sup>18</sup>, aunque parece bastante necesario aplicar criterios ergonómicos al diseño del instrumental de endocirugía. Igualmente, la experiencia del cirujano demuestra ser un factor con gran influencia en la comodidad al realizar cirugía laparoscópica<sup>19</sup>.

La comprensión de los requerimientos ergonómicos de la manipulación tisular remota constituye un desafío técnico para crear instrumentos baratos que cubran las expectativas del cirujano y su tarea<sup>20</sup>, ya que el uso de técnicas laparoscópicas para disección y sutura resulta más penoso que los mismos procedimientos realizados mediante técnicas abiertas<sup>14</sup>.

La cirugía abierta permite una mayor libertad de movimientos de la región cervicobraquial, por lo que, exceptuando algunas intervenciones en las que hay que aplicar

fuerzas considerables y mantenidas, la comodidad del cirujano es superior en la CA<sup>17</sup>. Sin embargo, la columna cervical sufre más en la CA, debido a que al tener el plano de trabajo bastante por debajo de la altura de los ojos, el cuello se ve forzado a una postura de flexión anterior casi permanente que acaba repercutiendo en los delicados mecanismos de la región cervical.

En la CL la cabeza suele estar girada unos 45° a la izquierda, para observar el monitor de televisión que recibe la señal de la cámara endocavitaria, ignorando una regla ergonómica básica. Aunque no es una postura especialmente molesta, puede corregirse situando el monitor enfrente del cirujano.

En los cirujanos que están iniciando su aprendizaje laparoscópico se puede observar una curiosa postura de hiperextensión cervical que tiene un coeficiente de penosidad de 3. Esta postura intenta compensar, sin conseguirlo, la dificultad que representa la visión monocular, en dos planos del espacio. Esta mala postura se corrige cuando el cirujano adquiere cierta experiencia en esa visión plana. Se encuentran en desarrollo sistemas de video avanzados capaces de proveer de visión tridimensional, pero no han dado los resultados esperados<sup>21</sup>.

Las categorías de la acción preventiva en función del nivel de riesgo de lesión van de 1 a 3 en la colecistectomía, siendo más penosa la cirugía abierta. En CL hay un porcentaje importante de posturas de nivel 2, derivadas de la posición erguida de los hombros y brazos, y del apoyo sobre una pierna, ya descrito anteriormente: ambos deberían corregirse. En la CA, lo más preocupante es la posición de la cabeza, que determina un nivel 3 de riesgo de lesión en casi el 50% de las observaciones. La solución, que debe tomarse inexcusablemente, no pasa por la modificación de la mesa de quirófano ni otro material, sino por el conocimiento por parte de los cirujanos del riesgo que corren y un aprendizaje ergonómico para, conscientemente, modificar cada poco tiempo la postura de flexión cervical mantenida y disminuir así los efectos deletéreos de esta mala postura.

El índice locomotor de comodidad ergonómica que resulta tanto para la CL (187,8) como para la CA (205,3) está bastante alejado del 100, que sería el ideal, con todas las posturas sin ningún riesgo de lesión.

No hemos considerado la carga manipulada, que el método OWAS distribuye en tres niveles (menor de 10 kg, entre 10 y 20 kg y superior a 20 kg) porque en la cirugía biliar de colecistectomía simple el cirujano, salvo circunstancias especiales del paciente o de la intervención, no tiene que manejar cargas superiores a 10 kg. Eso sí, debemos recordar que el manejo de cargas es siempre superior en cirugía abierta que en cirugía laparoscópica<sup>15</sup>.

Hay que tener en cuenta que los elevados porcentajes de malas posturas que arroja nuestro estudio son consecuencia de que el único tiempo que se ha registrado ha sido el operatorio, obviando los demás tiempos de quirófano y, desde luego, el resto de la jornada laboral del cirujano, por lo que no queríamos dar a entender que el trabajo de cirujano es tan penoso como parecería si estos datos se extrapolaran al conjunto de la vida laboral del cirujano general. La jornada completa persiste sin análisis, y los resultados serían muy diferentes de los

ofrecidos en el presente estudio. A pesar de ello creemos que la creación de grupos de trabajo interesados en la ergonomía del quirófano y la aplicación de criterios ergonómicos de tipo industrial a nuestro trabajo habitual contribuirían a mejorar el confort del cirujano al realizar su trabajo, lo cual redundaría en un aumento de la eficacia del acto quirúrgico.

## Bibliografía

1. Posturas forzadas. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. Comisión de Salud Pública. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 2000.
2. Patkin M, Isabel L. Ergonomics, engineering and surgery of endo-surgical dissection. *J R Coll Surg Ed* 1995;40:120-32.
3. Targarona EM, Trías M, Delgado F. Cirugía laparoscópica: expectativas y realidades. *Cir Esp* 2000;68:299-303.
4. Kant IJ, De Jong LC, Van Rijssen-Moll M, Borm PJ. A survey of static and dynamic work postures of operating room staff. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;63:423-8.
5. Kahru O, Kansi P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 1977; 8:199-201.
6. Louhevaara V. Assessment of physical load at worksites: A Finnish-German concept. *Int J Occup Saf Ergon* 1995;1:144-52.
7. Klein B, Jensen R, Sanderson L. Assessment of workers' compensation claims for back strains/sprains. *J Occup Environ Med* 1984; 26:433-48.
8. Goldman RH, Jarrard MR, Kim R, Loomis S, Atkins EH. Prioritizing back injury risk in hospital employees: application and comparison of different injury rates. *J Occup Environ Med* 2000;42:645-52.
9. Engels JA, Landeweerd JA, Kant Y. An OWAS-based analysis of nurses' working postures. *Ergonomics* 1994;37:909-19.
10. Smedley J, Egger P, Cooper C, Coggan D. Prospective cohort study of predictors of incident low back pain in nurses. *BMJ* 1997;314: 1225-8.
11. Levey S, Drucker WR, Czarnecki N. Energy expenditure of surgeons, nurses and anesthesiologist during operative procedures. *Surgery* 1959;46:529-33.
12. Payne PL, Rick JT. Heart rate as indicator of stress in surgeons and anaesthetists. *J Psychosom Res* 1986;30:411-20.
13. Hollmann S, Klimmer F, Schmidt KH, Kylian H. Validation of a questionnaire for assessing physical work load. *Scand J Work Environ Health* 1999;25:105-14.
14. Berguer R, Chen CY, Smith WD. A virtual instrument ergonomics workstation to measure surgeon physical stress. *Stud Health Tecno Inform* 1999;62:49-54.
15. Berguer R, Rab GT, Abu-Ghaida H, Alarcón A, Chung J. A comparison of surgeons posture during laparoscopic and open surgical procedures. *Surg Endosc* 1997;11:139-42.
16. Schurr MO, Buess GF, Wieth F, Saile HJ, Botsch M. Ergonomic surgeon's chair for use during minimally invasive surgery. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 1999;9:244-7.
17. Berguer R, Forkey DL, Smith WD. Ergonomic problems associated with laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 1999;13:466-8.
18. Berguer R. The application of ergonomics to general surgeons' working environment. *Rev Environ Health* 1997;12:99-106.
19. Hemal AK, Srinivas M, Charles AR. Ergonomic problems associated with laparoscopy. *J Endourol* 2001;15:499-503.
20. Berguer R. Surgical technology and the ergonomics of laparoscopic instruments. *Surg Endosc* 1998;12:458-62.
21. Durrani AF, Preminger GM. Three-dimensional video imaging for endoscopic surgery. *Comput Biol Med* 1995;25:237-47.